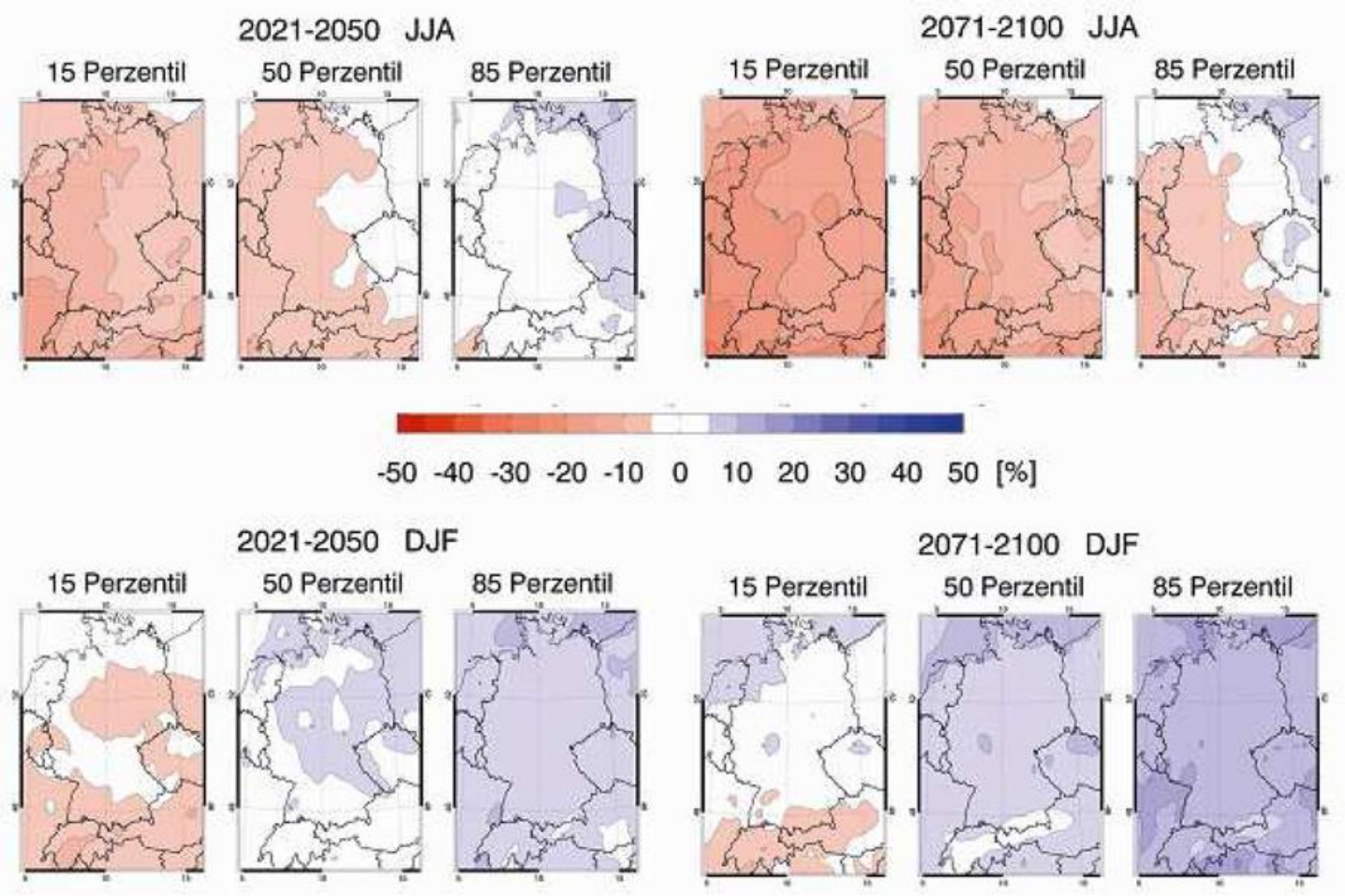
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Klimastatusbericht 2010



Klimaprojektionsensembles und ihre Verwendung im DWD

Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitorings

Auswuchs von Weizen:
Ein Phänomen im Jahr 2010 mit großer Wirkung

Herausgeber und Verlag
Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Gerhard Müller-Westermeier
E-Mail: gerhard.mueller-westermeier@dwd.de

Juliane Breyer
E-Mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:
www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 – 7691
ISSN 1616 – 5063 (Internet)

Urheberrecht
Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst“ gestattet.
Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrückliche Genehmigung ist untersagt.

Zum Titelbild

Projizierte relative prozentuale Änderung des mittleren Sommer- und Winterniederschlages

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

Im Rahmen der Diskussion über vom Menschen verursachte Klimaänderungen sind Szenarienrechnungen von besonderem Interesse. Daher ist der diesjährige Schwerpunkt diesem Thema gewidmet.

Außerdem wird in einem speziellen Artikel die Auswirkung des Witterungsverlaufs mit ihren Besonderheiten auf die landwirtschaftliche Produktion dargestellt.

Die Standardbeiträge der „Gelben Seiten" sind teilweise neu gefasst worden, um einen einfacheren Überblick über den Witterungsverlauf in Deutschland und seine Auswirkungen gewinnen zu können.

Eine Ausgabe des Klimastatusberichts in Papierform gibt es ab diesem Jahr nicht mehr, da bereits in den letzten Jahren der Vertrieb überwiegend über elektronische Medien erfolgte. Sie können daher den Klimastatusbericht sofort auf unseren Internetseiten im Bereich Klima+Umwelt kostenfrei finden.

Falls Sie Probleme mit der Internetversion des Klimastatusberichts haben, senden wir Ihnen den Bericht auch gerne gegen Selbstkostenpreis als CD zu.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen bei der Durchsicht des Berichts.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter der Abteilung Klimaüberwachung

Klimaprojektionsensembles und ihre Verwendung im DWD

Florian Imbery

1. Einleitung

Die nicht mehr zu verhindernden Änderungen des Klimas werden unser Zusammenleben in den kommenden Jahrzehnten weltweit und in Deutschland stark beeinflussen.

Um die Folgen des Klimawandels frühzeitig abschätzen und Anpassungsmaßnahmen entwickeln zu können, hat der Deutsche Wetterdienst es sich zum Ziel gesetzt, wichtige Aspekte der Auswirkungen des Klimawandels zu untersuchen, um die Politik, die Behörden, die Öffentlichkeit und die Wirtschaft bestmöglich bei der Anpassung auf die zu erwartenden Klimaänderungen zu beraten und zu unterstützen.

Für Aussagen über die mögliche Entwicklung unseres Klimas werden u. a. globale Klimamodelle (Global Climate Models, GCM) benötigt, die möglichst alle relevanten Prozesse des Klimasystems berücksichtigen. Diese Klimamodelle beschreiben die Reaktion des Klimasystems auf eine externe Änderung und produzieren somit keine Vorhersage, sondern projizieren jeweils eine mögliche zukünftige Entwicklung. Als Grundlage für diese Modellläufe werden Emissionsszenarien verwendet. Sie projizieren unterschiedliche Emissionstrends von Treibhausgasen in die Zukunft, abhängig von verschiedenen globalen sozio-ökonomischen Entwicklungen.

Die Ergebnisse aus unterschiedlichen Klimamodellrechnungen sind allerdings nach wie vor einzeln nicht vollends belastbar. Dies resultiert aus Unsicherheiten in

- den zugrundeliegenden Emissionsszenarien,
- den Start- und Randbedingungen der Modellläufe,
- der Modellparametrisierung,
- den zugrundeliegenden Beobachtungswerten,
- technischen Grenzen der Rechnerleistung und Speicherkapazität,
- der Kopplung verschiedener Modelle,
- dem Problem, dass es Prozesse und Kopplungen im Klimasystem gibt, die bis heute nicht vollständig verstanden sind bzw. nicht ausreichend gut in Modellen abgebildet werden können.

Globale Klimamodelle sind zurzeit noch nicht in der Lage, regionale Strukturen in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu modellieren. Somit entsteht ein großer Bedarf an der Anwendung dynamischer und statistischer Methoden (Regional Climate Models, RCM), um die Ergebnisse globaler Klimamodelle detailliert in einzelnen Regionen darzustellen.

Die verschiedenen globalen und regionalen Klimamodelle unterscheiden sich systematisch in ihrem Aufbau und in ihren Parametrisierungsansätzen.

Bei regionalen Klimamodellen kann zusätzlich zwischen zwei grundlegend verschiedenen Ansätzen unterschieden werden. Mit *deterministischen* RCM wird versucht, beobachtete Klimazustände und Prozesse physikalisch konsistent zu beschreiben. Gelingt die Reproduktion vergangener Klimazeitreihen zufriedenstellend gut, können mit einem solchen Modell auch zukünftige Klimazustände berechnet werden.

Statistische RCM verwenden Zeitreihen von Beobachtungsdaten, welche auf der Grundlage der Änderungssignale aus globalen Klimamodellen (z. B. der statistischen Änderung der Abfolge von Wetterlagen) neu zusammengesetzt und an den neuen Klimazustand angepasst werden.

Dabei gilt es zu bedenken, dass es kein ‚bestes' Modell und keine ‚beste' Modellkombination gibt. Je nach Modell, Anfangs- und Randbedingungen werden unterschiedliche Trends berechnet. Die daraus resultierenden Bandbreiten an Ergebnissen produzieren Unsicherheiten, welche bei der Interpretation von Klimaprojektionen bedacht werden müssen.

2. Methoden

Aus den in Abschnitt 1 genannten Gründen vertraut der Deutsche Wetterdienst nicht auf die Ergebnisse eines einzelnen Klimamodelllaufs, sondern untersucht mit einer möglichst großen Anzahl von Klimaprojektionen die Spannbreiten möglicher zukünftiger Klimazustände. Aus diesen Spannbreiten werden in einem zweiten Schritt die wahrscheinlichsten Änderungsraten relevanter Parameter abgeleitet.

Es gibt verschiedene konzeptionelle Ansätze, Klimaprojektionsensembles zu erstellen. Im Folgenden werden die derzeit in der Klimaforschung am häufigsten angewandten Verfahren vorgestellt:

1. Unsicherheiten, die aus der modellinternen Variabilität resultieren, können quantifiziert werden, in dem für ein einzelnes Modell systematisch verschiedene Start- und Randbedingungen benutzt werden (z. B. Variationen der Anfangsbedingungen für die Bodenfeuchte, Stabilitätsindices, Konvektion etc.). Werden in dem Klimamodell mehrere physikalische Prozesse und Parameter, die nur unzureichend bekannt sind, ‚gestört' (engl.: *perturbed physics*), können sehr große Klimaprojektionsensemble erstellt werden. Die Spannbreite der Klimaprojektionen hängt dann von der Anzahl der Parameter ab, die variiert werden. Für das aktuelle interministerielle Programm zur Anpassung an den Klimawandel in Großbritannien (UKCP 09, Murphy et al., 2009) wurde mit Hilfe dieses Verfahrens ein Klimaprojektionsensemble mit mehreren Tausend Ensemblemitgliedern erstellt. Mit Hilfe dieses Ensembles wurden daran anschließend für eine Vielzahl klimatologischer Kennzahlen probabilistische Karten erstellt.

2. Bei einem Multimodellansatz (meistens Emissionsszenario → GCM → RCM → Wirkmodell, siehe Abbildung 1) können bestehende Unsicherheiten innerhalb der Modellkette bewertet werden. Es bietet sich an, verschiedene Modelle miteinander zu kombinieren und die aus den verschiedenen Kopplungen entstehenden Bandbreiten zu bestimmen. Dabei ist darauf zu achten, dass ein möglichst breites Spektrum an Kombinationsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Modellen abgedeckt wird, um die aus den verschiedenen Kombinationen resultierende Variabilität vollständig abbilden zu können und zu verhindern, dass mit einer Übergewichtung einzelner Modelle falsche Trends bestimmt werden.

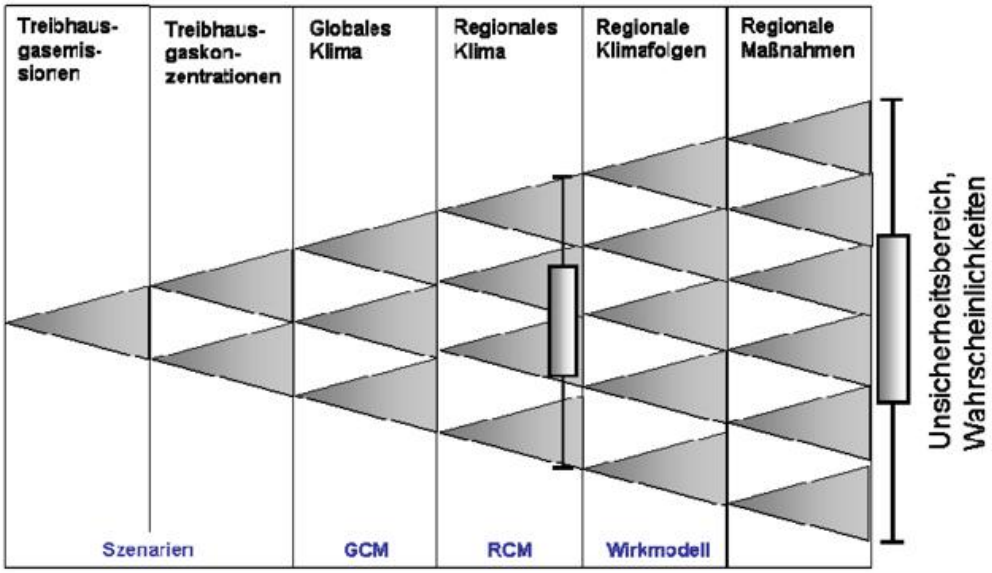


Abbildung 1: Modellkaskade in der Klimafolgenforschung mit schematischer Darstellung zunehmenden Unsicherheiten

2.1 Quantifizierung von Unsicherheiten

Es können prinzipiell zwei verschiedene Ansätze zur Bestimmung von Bandbreiten aus Klimaprojektionsensembles unterschieden werden. Zum einen werden mit Hilfe unterschiedlicher Methoden die einzelnen Ensemblemitglieder gewichtet. Dies kann zum Beispiel in Abhängigkeit von den verwendeten globalen Klimamodellen geschehen. Wenn in einem Klimaprojektionsensemble sehr viele regionale Klimamodelle von einem GCM angetrieben wurden, andere GCM jedoch nur wenige Regionalmodelle angetrieben haben, kann die Gefahr bestehen, dass sich in dem gesamten Ensemble Trends des einen GCM zu stark durchpausen. Des Weiteren kann zum Beispiel mit Hilfe der Bayes'schen Mathematik die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, wie gut ein einzelnes Ensemblemitglied ein zu erwartendes Änderungssignal erreicht. In Abhängigkeit von dieser Wahrscheinlichkeit kann dem Ensemblemitglied dann ebenfalls ein Gewicht zugeordnet werden (Déqué & Somot, 2010; Buser et al. 2010).
Zum anderen wird mit der Annahme, dass die Ensemblemitglieder statistisch unabhängig sind, für jede einzelne Projektion die gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit angenommen (*one model, one vote*). Bei einem ausreichend großen Ensemble ist es unter dieser Annahme dann möglich, statistische Aussagen über zukünftige Klimazustände zu treffen (Rummukainen, 2010). Beim Deutschen Wetterdienst werden z. B. zurzeit durch die Bestimmung von Perzentilen Bandbreiten innerhalb des Ensembles berechnet, innerhalb derer ein bestimmtes Änderungssignal zu erwarten ist. Mit diesen Bandbreiten ist es dann möglich, robuste Aussagen zu Änderungskorridoren abzuleiten.

Allerdings muss auch bei diesem Ansatz bedacht werden, dass es ohne eine kritische Auswahl der Ensemblemitglieder zu einer zu großen Auffächerung der Verteilung der Ergebnisse kommen kann. Daher ist es zumindest erwägenswert, ‚unrealistische' Projektionen auszuschließen (Görgen et al., 2010). Um kritische Grenzen in der Klimafolgenforschung zu detektieren, empfiehlt es sich jedoch, auch Projektionen außerhalb definierter Unsicherheitsbereiche zu betrachten. Eine zu starke Reduktion des Ensembles bedeutet jeweils auch eine Reduktion der zu erwartenden Bandbreite.

Jedenfalls können nie sämtliche Einflüsse und Unsicherheiten innerhalb des Klimasystems berücksichtigt werden, ebenso können angenommene Vorraussetzungen

(wie zum Beispiel Emissionsszenarien) sich als nicht ausreichend haltbar herausstellen. Aus der Analyse von Klimaprojektionsensembles resultierende Bandbreiten klimatischer Änderungen müssen daher immer als Teilmenge der in der Natur möglichen Veränderungen interpretiert werden.

2.2 Daten

Mit den Ergebnissen aus dem EU-FP6-Projekt "ENSEMBLES"[1] liegt der derzeit größte Datensatz an Klimasimulationen auf regionaler Skala für Mitteleuropa vor. Im Rahmen dieses Projektes wurden mehrere Dutzend Klimasimulationen als transiente Läufe für die Zeiträume 1951-2050 bzw. 1951-2100 gerechnet. Weitere, insbesondere das Gebiet von Deutschland abdeckende Projektionen werden unter anderem auf der CERA-Datenbank des Deutschen Klimarechenzentrums (www.dkrz.de/daten/cera) bereitgestellt. In Tabelle 1 sind die derzeit beim Deutschen Wetterdienst verwendeten Klimaprojektionen dargestellt. Die jeweiligen Modellketten lassen sich in dieser Matrix aus den Emissionsszenarien sowie den mit diesen angetriebenen Globalmodellen und Regionalmodellen ableiten. Die regionalen Klimaprojektionen aus deterministischen RCM liegen auf Tagesbasis in einer räumlichen Auflösung von 10·10 bis 25·25km vor. Mit WETTREG und STAR stehen darüber hinaus zwei statistische regionale Klimamodelle zur Verfügung.

				Globale Klimamodelle									
		Institution	Modell	METO-HC HadCM3Q0	METO-HC HadCM3Q3	METO-HC HadCM3Q16	MPI-MET ECHAM5_r1	MPI-MET ECHAM5_r2	MPI-MET ECHAM5_r3	IPSL IPCM4	CCCMA CGCM3	CNRM CNCM3	NERSC BCM2
Regionale Klimamodelle	ENSEMBLES	METO-HC	HadRM3Q0	A1B					A1B				
		METO-HC	HadRM3Q3		A1B				A1B				
		METO-HC	HadRM3Q16			A1B			A1B				
		MPI-MET	REMO 5.7						A1B				
		CNRM	ALADIN RM4.5									A1B	
		CNRM	ALADIN RM5.1									A1B	
		DMI	HIRHAM 5						A1B			A1B	A1B
		ETHZ	CLM 2.4.6	A1B									
		GKSS	CLM 2.4.6							A1B			
		KNMI	RACMO 2.1						A1B				
		ICTP	RegCM 3						A1B				
		SMHI	RCA 3.0		A1B				A1B				A1B
		UCLM	PROMES 2005	A1B									
		C4I	RCA 3			A1B			A2				
		Met.No	HIRHAM 2	A1B									A1B
		VMGO	RRCM	A1B									
		OURANOS	CRCM 4.2.1								A1B		
	CERA	MPI-MET	REMO 2009 (BfG)					A1B					
		MPI-MET	REMO 2005 (UBA)				A1B, B1, A2						
		CEC	WettReg 2005				A1B, B1, A2						
		CEC	WettReg 2010				A1B						
		PIK	STAR				A1B						
		GKSS	CLM 2.4.11				A1B, B1	A1B, B1					

Tabelle 1: Matrix der beim DWD verwendeten Klimaprojektionen. Zeilen: Globale Klimamodelle, Spalten: Regionale Klimamodelle, Matrixeinträge: Emissionsszenarien, grün: Projektionen bis 2050, schwarze: Projektionen bis 2100, orange: angekündigte Projektionen.

Das BMBVS-Ressortforschungsprogramm *kliwas* (Auswirkungen des *Kli*mawandels auf *Wa*sserstrassen und *S*chifffahrt, www.kliwas.de), verfolgt für seine Projektziele konsequent eine Modellkette mit Ensembleansatz. Mit Hilfe des oben beschriebenen Klimaprojektionsensembles quantifiziert der Deutsche Wetterdienst innerhalb dieses Projekts Unsicherheiten insbesondere hydrometeorologisch relevanter Parameter und stellt Wirkmodellierern verschiedener Fachrichtungen aufbereitete Klimaprojektionen zur Verfügung. Dafür wurden unter anderem sämtliche Projektionen auf ein einheitliches Koordinatengitter (ETRS89-LCC) transformiert.

[1] The ENSEMBLES data used in this work was funded by the EU FP6 Integrated Project ENSEMBLES (Contract number 505539) whose support is gratefully acknowledged.

3. Ergebnisse

Für das in den folgenden Beispielen verwendete Projektionsensemble wurden aus den dem DWD zur Verfügung stehenden Klimaläufen diejenigen Klimaprojektionen herangezogen, die zum einen auf der Grundlage des SRES-Emissionsszenarios A1B (gängiges Szenario mit moderaten anthropogenen Emissionswerten für die strahlungsaktiven Spurengase) und zum anderen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts gerechnet wurden (Tab. 2). Es liegt somit ein Ensemble von 19 regionalen Klimaprojektionen vor.

SRES-Szenario	GCM	RCM	Förderung
A1B	HadCM3Q0	CLM	EU-ENSEMBLES
		HadRM3Q0	EU-ENSEMBLES
	HadCM3Q16	HadRM3Q16	EU-ENSEMBLES
		C4IRCA3	EU-ENSEMBLES
	HadCM3Q3	HadRM3Q3	EU-ENSEMBLES
		SMHIRCA	EU-ENSEMBLES
	BCM	SMHIRCA	EU-ENSEMBLES
		HIRHAM5	EU-ENSEMBLES
	ECHAM5-r3	SMHIRCA	EU-ENSEMBLES
		REGCM3	EU-ENSEMBLES
		RACMO2	EU-ENSEMBLES
		REMO	EU-ENSEMBLES
	ECHAM5-r2	REMO	BfG
		CLM	BMBF
	ECHAM5-r1	CLM	BMBF
		REMO	UBA
		HIRHAM5	EU-ENSEMBLES
	ARPEGE	HIRHAM5	EU-ENSEMBLES
		RM5.1	EU-ENSEMBLES

Tab. 2: Für die Ensembleauswertung verwendete Klimaprojektionen. Dargestellt sind die Kombinationen der Globalen und Regionalen Klimamodelle auf der Basis des A1B-Emissionsszenarios.

Wegen der vergleichsweise hohen Datendichte werden zur Darstellung der Spannbreiten der zu erwartenden Änderungen statistische Auswertungen des Gesamtensembles einer expliziten Darstellung einzelner Ensemblemitglieder vorgezogen. Für die Auswertung des definierten Ensembles von Klimaprojektionen wurden die Änderungssignale für eine "nahe" (2021-2050) und eine "ferne" (2071-2100) Zukunft, jeweils relativ zu der Referenzperiode 1961 - 1990, analysiert. Die Modellergebnisse werden pro Gitterzelle mathematisch aufsteigend sortiert. Kleinere Werte werden immer dem kleineren Perzentil zugeordnet, größere Werte immer dem größeren Perzentil.

In den Abbildungen 2 bis 4 sind zur Angabe einer Spannbreite jeweils die Isolinien der Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur, der mittleren Niederschlagssumme im Sommer- und Winter sowie der Kennzahl "Heiße Tage" für das 15., 50. und 85. Perzentil dargestellt. Im Einzelnen sind die Perzentile wie folgt zu interpretieren:

- 15. Perzentil: 85% der Projektionen prognostizieren höhere und 15% die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten.
- 85. Perzentil: 85% des Ensembles prognostizieren die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten und 15% prognostizieren höhere Änderungsraten.
- 50. Perzentil: Median der 19 Klimaprojektionen als ein "mittleres Änderungssignal bzgl. des betrachteten Ensembles".

Der Bereich zwischen den gewählten unteren und oberen Schwellwerten umfasst somit 70% bzgl. des betrachteten Ensembles.

Für die Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur hinsichtlich des Zeitraums 2021 bis 2050 ist für Deutschland von einer Zunahme um mindestens 0,5 K auszugehen (15. Perzentil, Abb. 2). Das 85. Perzentil weist in Süddeutschland Werte etwas über 2 K, in Norddeutschland etwas darunter auf. Während für den Zeitraum 2071 bis 2100 für ganz Deutschland mindestens eine Erhöhung um 1,5 K zu erwarten ist (15. Perzentil), weist die obere Schranke (85. Perzentil) für Norddeutschland einen Wert von 3,5 K und für Süddeutschland etwa 4 K aus.

Die projizierten relativen prozentualen Änderungen des mittleren Sommerniederschlags (Abb. 3) zeigen für beide Zeiträume und die obere Schranke eher keine oder eine nur leichte Abnahme bis maximal 15% (2071 bis 2100). Mit Werten bis –20% weist die untere Schranke (15. Perzentil) hingegen auf die vor allem im späten Zeitraum eher abnehmende Tendenz hin. Für die Änderung des mittleren Winterniederschlags wird demgegenüber eine Zunahme von 5 bis 10% (2021 bis 2050) bzw. auch über 10% (2071 bis 2100) projiziert.

Die Kennzahl "Heiße Tage" stellt mit einer Auszählung der Tage mit Tagesmaxima von mindestens 30℃ eine Maßzahl für ein extremes "Wetter" beziehungsweise hohe Wärmebelastung für den Menschen dar. Für den Zeitraum 2021-2050 projizieren 15% der verwendeten Klimaprojektionen eine Zunahme von unter fünf Heißen Tagen, 85% der Projektionen eine Zunahme um maximal 5 bis 10 Tage in Norddeutschland und 10 bis 15 Tage in Süddeutschland (Abb. 4). Für das Ende des 21. Jahrhunderts projizieren 15% der Klimamodelle für Süddeutschland eine Zunahme um mindestens 5 bis 10 Heiße Tage, 85% der Modelle gehen von einer maximalen Zunahme von 10 bis 15 Tagen (Norddeutschland) bzw. 30 bis 35 Tagen (Südwestdeutschland) aus.

In Tabelle 3 ist die mittlere 70%-Bandbreite der Änderungsraten für das gesamte Gebiet von Deutschland zusammengefasst.

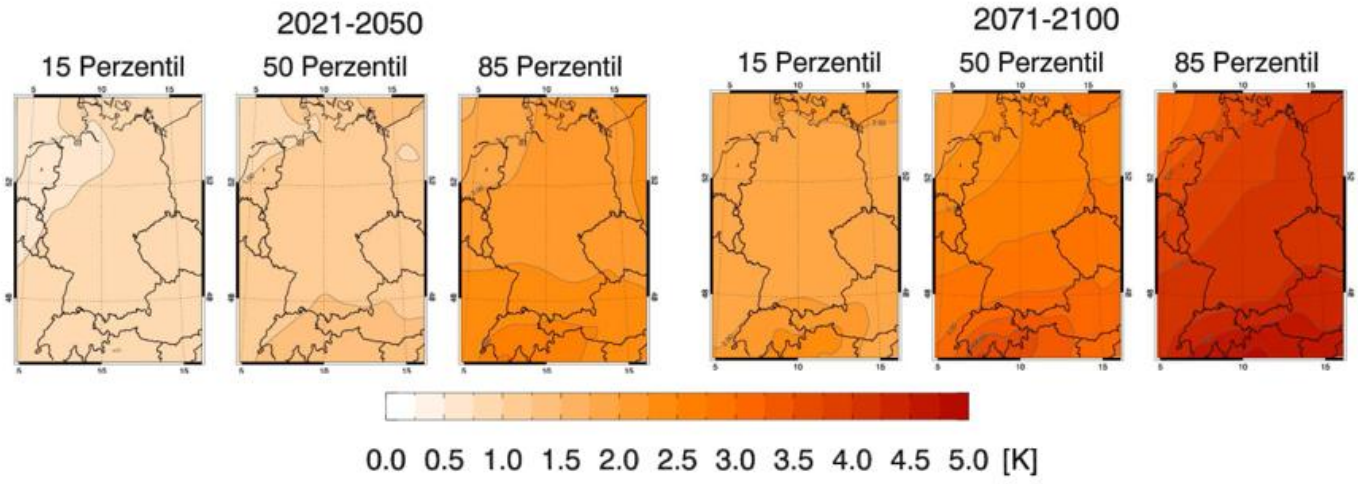


Abb. 2: Projizierte Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur, Mittel über die Projektionszeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts), verwendete Klimaprojektionen s. Tab. 2.

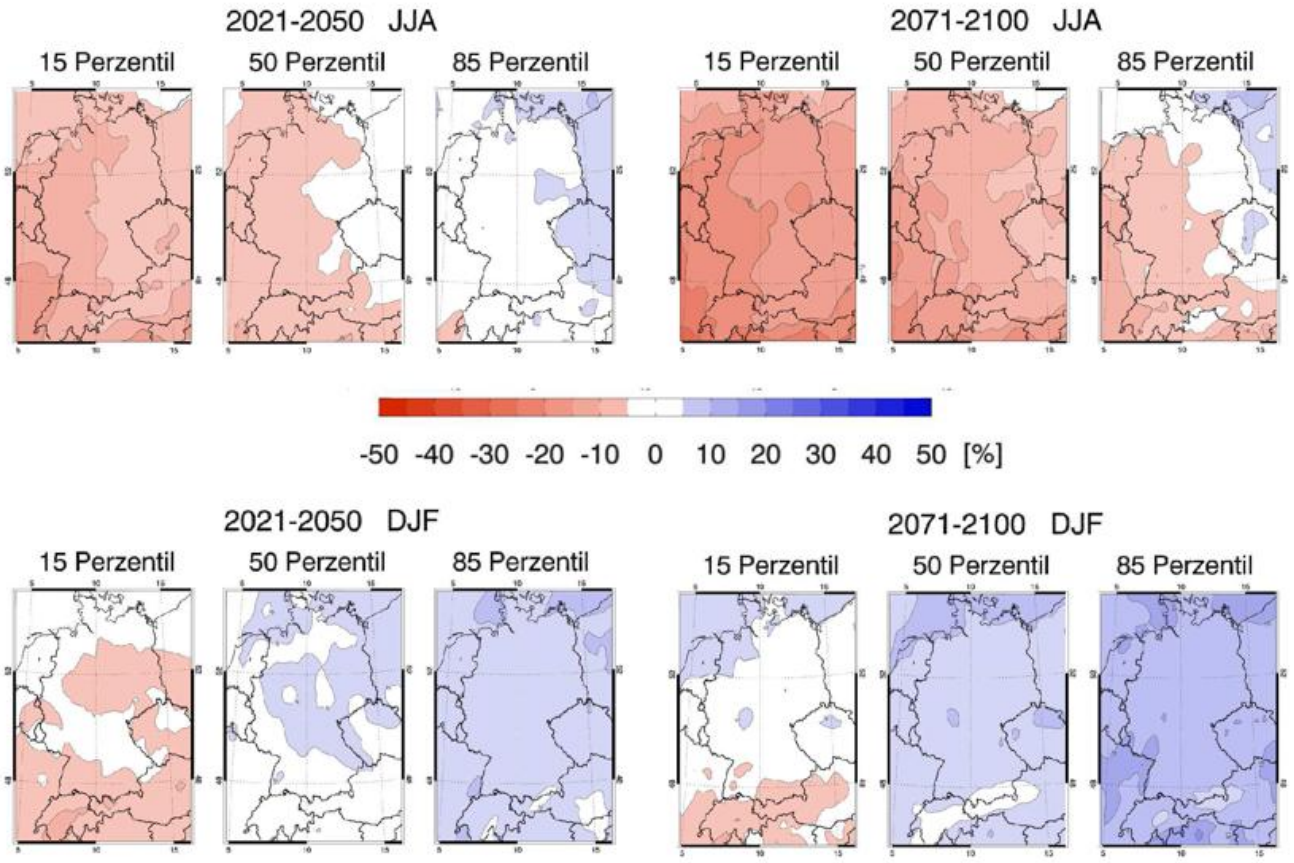


Abb. 3: Projizierte relative prozentuale Änderung des mittleren Sommerniederschlages (JJA, oben) und des Winterniederschlages (DJF, unten), Mittel über die Projektionszeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts), verwendete Klimaprojektionen s. Tab. 2.

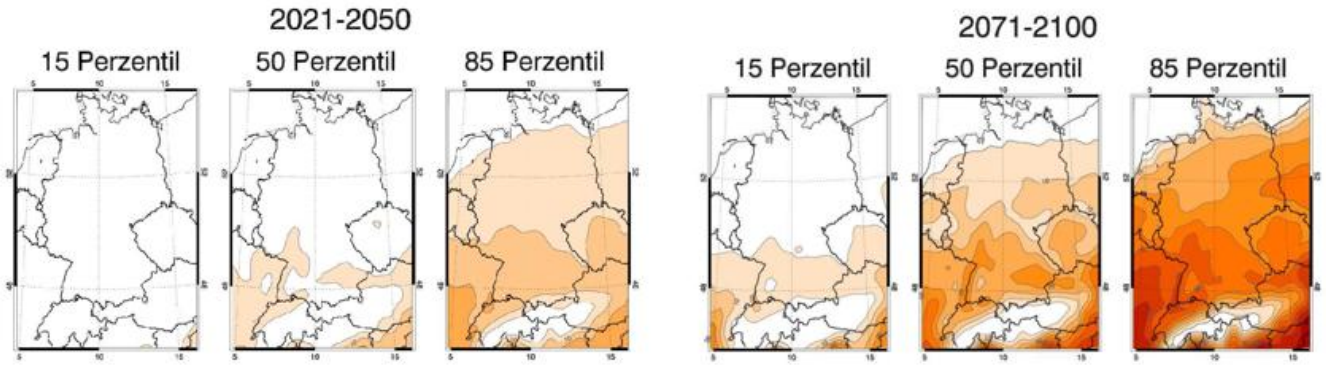


Abb. 4: Projizierte Änderung der Anzahl Heißer Tage (T_{max}≥30°C), Mittel über die Projektionszeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts), verwendete Klimaprojektionen s. Tab. 2.

70 % der betrachteten Modelle:	2021-2050	2071-2100
Lufttemperatur	1℃ < Ta < [2℃ bis 3,5℃]	1,5℃ < Ta < [3,5℃ bis 5℃]
Niederschlag	Winter: +5% < RR < +10% Sommer: -5% < RR < +5%	Winter: 0% < RR < +10% Sommer: -15% < RR < 0%
Heiße Tage	0 < Heiße Tage < 10	0 < Heiße Tage< 30

Tabelle 3: Änderungssignale für Lufttemperatur, Niederschlag und die Kennzahl ‚Heiße Tage' für die Zeiträume 2021-2050 und 2071-2100, Referenzzeitraum: 1961-1990

4. Zusammenfassung und Ausblick

Klimaprojektionen sind mit systematischen Fehlern und Unsicherheiten behaftet. Um für Anpassungsstrategien an den Klimawandel Aussagen aus Klimaprojektionen herleiten zu können, müssen diese Unsicherheiten quantifiziert und dargestellt werden. Die hier beschriebenen Änderungsraten stimmen gut mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen für Mitteleuropa überein (Görgen et al., 2010, Déqué & Somot, 2010). Somit ist mit der vorgestellten Ensembleauswertung ein Werkzeug gegeben, mit dem realistische Spannbreiten der zu erwartenden Klimaänderungen dargestellt werden können.

Schon im 4. Sachstandsbericht des IPCC (Christensen et al., 2007) basierte ein großer Teil der Ergebnisse auf Ensembleauswertungen aus Multimodell-Ensembles. Der für 2014 geplante 5. Sachstandsbericht des IPCC wird konsequent auf probabilistische Auswertungen aus Klimaprojektionsensembles aufgebaut sein (Knutti et al., 2010). Für diesen Report werden die seit dem Jahr 2000 verwendeten SRES-Szenarien durch eine neue Szenarienfamilie (RCP, Representative Concentration Pathways) abgelöst, die an Hand von aktuelleren Erkenntnissen über mögliche sozio-ökonomische Entwicklungen und Treibhausgaskonzentrationen im 21. Jahrhundert entwickelt wurden (Moss et al., 2010). Auf diesen neuen Emissionsszenarien basierende Klimaprojektionen werden ab 2012 zur Verfügung stehen und in das Klimaprojektionsensemble des DWD übernommen. Analog zu den oben beschriebenen Ergebnissen werden diese neuen Projektionen sowie weitere Parameter und Klimaindices ausgewertet.

5. Literatur

Buser, C.M., Künsch, H.R., Schär C. (2010): Bayesian multi-model projections of climate: generalization and application to ENSEMBLES results. Clim Res 44:227–241

Christensen, J. H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, R., Jones, R., Kolli, R. K., Kwon, W. K.,Laprise, R., Magana Rueda, V., Mearns, L., Menendez, C. G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P., Arritt, R., Benestad, R., Beniston, M., Bromwich, D., Caya, D., Comiso, J., de Elia, R., Dethloff, K. et al. (2007): Regional climate projections, Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, University Press, Cambridge, Chapter 11, 847-940.

Déqué, M., Somot, S. (2010): Weighted frequency distributions express modelling uncertainties in the ENSEMBLES regional climate experiments. Clim Res 44:195–209

Görgen, K., Beersma, J., Brahmer, G., Buiteveld, H., Carambia, M., de Keizer, O., Krahe, P., Nilson, E., Lammersen, R., Perrin, C. and Volken, D., 2010: Assessment of Climate Change Impacts on Discharge in the Rhine River Basin: Results of the RheinBlick2050 Project, CHR report, I-23, 229 pp.

Rummukainen, M. (2010): State-of-the-art with regional climate models. Clim Change 1:82–96

Knutti, R., G. Abramowitz, M. Collins, V. Eyring, P.J. Gleckler, B. Hewitson, and L. Mearns, 2010: Good Practice Guidance Paper on Assessing and Combining Multi Model Climate Projections. In: Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Assessing and Combining Multi Model Climate Projections [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern, Switzerland.

Moss R. H., Jae A. Edmonds, Kathy A. Hibbard, Martin R. Manning, Steven K. Rose, Detlef P. van Vuuren, Timothy R. Carter, Seita Emori, Mikiko Kainuma, Tom Kram, 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463: 747-756

Murphy, J.M., Sexton, D.M.H., Jenkins, G.J., Boorman, P.M., Booth, B.B.B., Brown, C.C., Clark, R.T., Collins, M., Harris, G.R., Kendon, E.J., Betts, R.A., Brown, S.J., Howard, T. P., Humphrey, K. A., McCarthy, M. P., McDonald, R. E., Stephens, A., Wallace, C., Warren, R., Wilby, R., Wood, R. A. (2009): UK Climate Projections Science Report: Climate change projections. Met Office Hadley Centre, Exeter.

Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L. P., Jones, C., Meier, H. E. M., Samuelsson, P., Willén, U., 2004: European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving 19 global models and two forcing scenarios. Climate Dynamics, 22: 13-31.

Infokasten:

Aus der Deutschen Klimaanpassungsstrategie (beschlossen vom Bundeskabinett am 17.12.2008):

„Aus Ensembleauswertungen lassen sich einigermaßen robuste Aussagen zu Veränderungskorridoren ableiten. Hieraus wird die Empfehlung abgeleitet, bei künftigen Planungen, bei denen der Bund - aber auch andere Akteure – zu erwartende Chancen und Risiken des Klimawandels bewerten müssen, diese Bewertungen nicht auf einzelne Szenarien oder Modelle abzustützen, sondern die Spannbreite künftiger klimatischer Entwicklungen, die sich aus der Analyse verschiedener Emissionsszenarien und einer Vielzahl von Klimamodellen ergibt, einschließlich deren Unsicherheiten, zu berücksichtigen. Damit wird explizit nicht der vielfach erhobenen Forderung gefolgt, der Bund möge ein Szenario vorgeben, an dem sich die verschiedenen Akteure bei der Entwicklung ihrer jeweiligen Anpassungsstrategien und -maßnahmen orientieren können."

Extremwertkarte 2010



Die Witterung in Deutschland 2010

A. Booß, C. Lefebvre, F.-J. Löpmeier, G. Müller-Westermeier, S. Pietzsch,
W. Riecke, H.-H. Schmitt

Übersicht

Insgesamt war das Jahr 2010 in Deutschland zu ersten Mal seit 1996 wieder etwas kühler als in der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90. Damit ergab sich für Deutschland ein völlig anderes Bild als im globalen Mittel. Denn im weltweiten Durchschnitt gehört das Jahr 2010 zu den drei wärmsten seit 1850.
Es gab im Gebietsmittel von Deutschland mehr Niederschlag als im Bezugszeitraum. Die Sonnenscheindauer entsprach etwa dem langjährigen Mittel.

Die **Mitteltemperatur** für Deutschland berechnet aus einem interpolierten 1-km-Raster betrug 7,8 °C. Das sind 0,4 K unter dem Mittel für den Bezugszeitraum 1961-1990. Damit war das Jahr 2010 das 30.kühlste seit 1901. 6 Monate hatten unterdurchschnittliche Mitteltemperaturen, und in 6 Monate lag die Mitteltemperatur über dem Bezugswert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90. Da die negativen Abweichungen aber etwas größer als die positiven waren, ergab sich eine negative Abweichung vom Referenzwert.

.
Im Bezug auf die **Niederschlagshöhe** hatte das Jahr 6 überdurchschnittliche und 6 unterdurchschnittliche Monate. Da die monatlichen Niederschlagsüberschüsse, darunter insbesondere der extrem nasse August, aber meist größer waren als die Defizite, lag die Jahressumme des Niederschlags über dem Referenzwert. Das Gebietsmittel der Niederschlagshöhe für das Jahr 2010 ergab sich zu 868,5 mm. Das sind 79,5 mm oder 10,1 % mehr als in der Referenzperiode. Das Jahr 2010 war damit das 20.nasseste seit Beginn des 20. Jahrhunderts.

Hinsichtlich der **Sonnenscheindauer** ergaben sich nur 5 überdurchschnittliche Monate und 7 Monate mit Defiziten. Die Sonnenscheinüberschüsse waren aber meist höher als die Defizite. Daher wurde das Jahr insgesamt noch etwas reicher an Sonnenschein als im Bezugszeitraum. Als Gebietsmittel für Deutschland ergab sich eine Sonnenscheindauer von 1538.2 Std.. Das sind 9,8 Std. oder 0,6 % mehr als in der Referenzperiode. Damit wurde das Jahr 2010 das 36.sonnigste seit 1951.

Das Flächenmittel der **Globalstrahlung** weist nun schon im achten Jahr hintereinander über Deutschland eine positive Abweichung zum langjährigen Mittel 1981 – 2000 auf. Die mittlere Jahressumme 2010 betrug 1070 kWh/m2 und lag damit 3,2 % über dem langjährigen Mittel von 1037 KWh/m2. Die Jahressummen umfassten über Deutschland einen Wertebereich von 982 kWh/m2 bis 1191 kWh/m2. Dies entspricht einer mittleren Zunahme von 1,5 % zum 20jährigen Mittel.
Die höchsten jährlichen Globalstrahlungssummen wurden wieder in der Südhälfte Deutschlands beobachtet mit über 1180 kWh/m2 im Oberrheingraben südlich von Frei-burg. Doch auch der Nordwesten entlang der Nordsee und der Osten entlang dem Oderverlauf zeigten sekundäre Maxima. Die größten positiven Abweichungen von über 5 % bis gut 10 % waren großräumig im Westen und Nordwesten sowie im

Südosten Deutschlands festzustellen. Über den südlichen Bayern gab es dagegen Einbußen, meist zwischen – 2 und – 5 %.

Im Jahresgang blieben die Monate Januar und Februar meist knapp unter den langjährigen Monatssummen 1981 – 2000. Die folgenden beiden Monate zeigten sich dann verbreitet deutlich positive Abweichungen. Doch der Mai wartete mit vergleichsweise geringen Einstrahlwerten auf und machte den bis zum April aufgelaufenen Vorsprung vielerorts wieder zunichte. Juni und Juli lagen erneut über den monatlichen Erwartungswerten (Ausnahme Juni südliches Bayern), bevor dann der August wieder in ganz Deutschland darunter blieb. Die Septembersummen entsprachen etwa den Mittelwerten, die Oktoberwerte überschritten sie in der Regel. Der November blieb mit geringen Ausnahmen in Süddeutschland nochmals hinter den Erwartungen zurück, und im Dezember lagen die Globalstrahlungssummen um den Durchschnittswert.

Der Verlauf der Witterung

Der **Witterungsverlauf** des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Das Jahr begann mit einem sehr kalten **Januar**. Im Gebietsmittel von Deutschland war es der kälteste Januar seit 1987.
Es war relativ trocken, aber einige kräftige Schneefälle und die schon aus dem Vormonat vorhandene Schneedecke führten zu einer ungewöhnlich langen Periode mit einer Schneedecke insbesondere in Norddeutschland Am 9. führte das Tief DAISY, das sich vom Mittelmeerraum über die Alpen nordostwärts verlagerte, neben Schneefall zu massiven Schneeverwehungen und an der Küste Schleswig-Holsteins bei kräftigem Ostwind zu einer Sturmflut, die mehrere Deiche und Strandpromenaden beschädigte. An der Ostsee erhöhten sich die Schneedekken bis zum Monatsende bedingt durch das Sturmtief KEZIBAN fast durchweg auf 20 bis 50 cm, wobei Schneeverwehungen durchaus Höhen bis 150 cm erreichten. Die vielerorts geschlossene Schneedecke sorgte für eine absolute Vegetationsruhe. Es gab sehr wenig Sonnenschein, so dass der Monat im Gebietsmittel der dritte in der Reihe besonders sonnenscheinarmer Januarmonate seit 1951 war (hinter 1977 und 1953).

Im **Februar** setzte sich die sonnenscheinarme Witterung mit Kälte und Schnee fort. Gebietsweise ergab sich die geringste Sonnenscheindauer in einem Februar seit Beginn der Sonnenscheinmessung ab 1947.
Mit Ausnahme von Helgoland lag in Norddeutschland auch im Februar fast durchweg eine geschlossene Schneedecke. An der Ostsee wurden vielfach die bisherigen Schneehöhenrekorde, die meist aus dem Winter 1978/1979 stammten, übertroffen. So meldete Barth am 13. eine Schneehöhe vom 67 cm (1979: 65 cm) und Greifswald am 14. von 63 cm (1979: 58 cm). In der letzten Februarwoche trat eine durchgreifende Milderung ein. Diese bewirkte zusammen mit ergiebigen Regenfällen, die das Orkantief XYNTHIA am 28. auslöste, eine rasche Schneeschmelze.
Auch Insgesamt war der Februar recht kalt, wobei die Niederschläge meist etwas unter den Bezugswerten blieben.

Erst Ende des Monats begann mit rund ein- bis zweiwöchiger Verspätung der phänologische Vorfrühling. Die Schneeglöckchenblüte setzte ein und die Hasel begann zu stäuben. Landwirtschaftliche Arbeiten waren aufgrund der Schneedecke oder des wassergesättigten Bodens kaum möglich.

Zusammen mit dem ebenfalls zu kalten Dezember des Vorjahrs ergab sich so ein zweiter mit Ausnahme von Norddeutschland recht kalter **Winter**. Im Gebietsmittel von Deutschland wurde der Winter 2009/10 der der kälteste seit dem Winter 1995/96.
Es gab etwas weniger Niederschlag als im Mittel. Wegen der niedrigen Temperaturen fiel jedoch ein besonders großer Anteil des Niederschlags als Schnee, und die Schneedecken konnten sich meist über viele Tage halten, so dass sich in Nord- und Ostdeutschland ungewöhnlich hohe Schneedecken entwickelten. Örtlich ergaben sicht die größten Schneehöhen seit Beginn der Messreihen. Sonst waren es meist die größten Schneehöhen seit dem Winter 1978/79.
Auch die Andauer der Schneedecken war ungewöhnlich. So lag an den meisten Stationen in Nord- und Ostdeutschland seit dem 30. Dezember 2009 durchgehend eine Schneedecke. Insgesamt ergaben sich für den Winter in den Niederungen Nord- und Ostdeutschlands in diesem Winter bis zu 73 Tage mit einer Schneedecke, während im langjährigen Mittel nur 30 bis 40 Tage üblich sind. Auch für diese Kenngröße war es an den meisten Stationen der extremste Wert seit dem Winter 1978/79. In Süddeutschland waren die Schneedecken hingegen meist nur durchschnittlich.
Da alle Wintermonate Sonnenscheindefizite hatten, wurde der Winter insgesamt sehr sonnenscheinarm. Das Gebietsmittel der Sonnenscheindauer für den Winter betrug 111.2 Std. Das sind 43,3 Std. oder 28,0 % weniger als in der Referenzperiode. Damit wurde der Winter 2009/10 der zweite in der Reihe besonders sonnenscheinarmer Winter seit 1951 (hinter 1969/70 und vor 1952/53).

Der **März** war anfangs teilweise noch winterlich kalt, in der zweiten Hälfte aber sehr mild, so dass sich insgesamt für das Gebietsmittel von Deutschland eine überdurchschnittliche Mitteltemperatur ergab. Die Niederschläge lagen im Landesdurchschnitt unter den Bezugswerten, während es mehr Sonnenschein als im langjährigen Mittel gab.
In der letzten Dekade des Monats setzten mit Verzögerung von rund einer Woche das Grünlandwachstum und die Entwicklung von Winterraps und Wintergetreide ein. Damit einhergehend wurde das erste Auftreten von Rapsschädlingen registriert. Um Schadverdichtungen der feuchten Böden zu vermeiden, konnte vielerorts erst in der letzten Märzwoche mit Feldarbeiten wie Düngeabgabe und Aussaat der Sommerungen begonnen werden.

Der **April** war wie im Vorjahr extrem sonnenscheinreich und trocken, und die Mitteltemperatur lag deutlich über dem Wert für die internationale klimatologische Referenzperiode 1961-90.
Es war der zweittrockenste April in Deutschland seit 1901 (hinter 2007 und vor 1974) und der dritte in der Reihe relativ sonnenscheinreicher Aprilmonate seit 1951 (hinter 2007 und 2009).
Der phänologische Entwicklungsrückstand aus den Vormonaten konnte wieder aufgeholt werden. Die Winterkulturen entwickelten sich zügig und unter meist guten

Bodenbedingungen konnten Kartoffeln gelegt und Mais sowie Zuckerrüben ausgesät werden. Ende des Monats begannen die Obstbäume zu blühen und der Vollfrühling wurde eingeleitet. An einzelnen Standorten kam es zu negativen klimatischen Wasserbilanzen und austrocknenden oberen Bodenschichten.

Der **Mai** war hingegen erheblich kühler als im Mittel des Bezugszeitraums. Die Eisheiligen (11. bis 15. Mai) kamen in diesem Jahr pünktlich. Dabei gingen die Nachttemperaturen in Bodennähe auf Werte um den Gefrierpunkt zurück. Vereinzelt gab es sogar nochmals geringen Luftfrost.
Die Niederschläge lagen meist erheblich über dem langjährigen Durchschnitt. Es gab mehrfach starke Gewitter, die lokale Überflutungen auslösten. Dabei traten am 24. Mai sogar Tornados auf, die in Mühlberg / Elbe und Großenhain (Sachsen) erhebliche Schäden verursachten.
Die Sonnenscheindauer war extrem niedrig. Im Deutschlandmittel war es der sonnenscheinärmste Mai seit Beginn der Gebietsmittelzeitreihe im Jahr 1951.
Die Vegetationsentwicklung wurde stark gebremst und fiel um etwa ein bis zwei Wochen zurück. Mais und Zuckerrüben konnten sich nur zögernd entwickeln. Der Grünlandschnitt wurde durch die häufigen Niederschläge stark behindert und die erste Silageernte musste warten bis sich Ende des Monats um Pfingsten herum einige trokkene Tage einstellten. Die Ausbreitung von Pilzkrankheiten wurde durch die niedrigen Tem-peraturen weitgehend unterbunden.

Da die Mitteltemperatur im Gebietsmittel von Deutschland in den anderen beiden Frühlingsmonaten über dem Referenzwert lag, wurde der **Frühling** insgesamt etwas wärmer als in der Bezugsperiode. Durch den äußerst trockenen April und das leichte Niederschlagsdefizit im März wurde der Frühling noch etwas trockener als im Bezugszeitraum. Infolge der Sonnenscheinüberschüsse im März und insbesondere im April wurde der Frühling trotz des sonnenscheinarmen Mais insgesamt auch noch geringfügig sonnenscheinreicher als im Bezugszeitraum.

Der **Juni** war Im Gebietsmittel von Deutschland insgesamt warm, sonnenscheinreich und sehr trocken. Es gab sehr heiße Perioden vom 6. bis 12. Juni und erneut ab dem 24. Juni. Aber auch die Schafskälte war ausgeprägt, wobei sich vom 19. bis zum 23. Juni Tageshöchsttemperaturen von nur 12 bis 14 °C ergaben.
Der Entwicklungsrückstand der Vegetation konnte nahezu ausgeglichen werden. Zu Beginn des Monats fingen Süßkirschen an ihre Pflückreife zu erlangen und in Weinanbaugebieten setzte verbreitet die Rebenblüte ein. Anfänglich hohe Niederschlagsmengen führten zu gehäuftem Auftreten von Pilzkrankheiten, sodass mit Spritzungen begonnen werden musste. Die Niederschlagsdefizite erforderten einerseits Beregnungsmaßnahmen und schafften andererseits gute Bedingungen für den zweiten Silageschnitt. Der Reifungsprozess des Wintergetreides wurde stark vom jeweiligen Wasserangebot des Bodens bestimmt. In einigen Teilen Deutschlands stieg zum Monatsende die Waldbrandgefahr.

Diese zweite heiße Periode dauerte bis zum 23. **Juli**. Sie war gekennzeichnet durch Hochdruckeinfluss und vor allem eine bis in die höhere Atmosphäre reichende Südwest- bis Südströmung. Am wärmsten war es meist am 11. Juli mit 35 bis 36 °C östlich von Rügen. Vielfach wurden neue Rekordtemperaturen in den Klimareihen ab 1947 verzeichnet. Auch nachts kühlte es teilweise nur wenig ab. So wurden bis zu 6

Tropennächte verz. Die Anzahl der Sommertage mit einem Maximum von mindestens 25 °C und die Zahl der heißen Tage mit einem Maximum von mindestens 30 °C lag erheblich über dem Durchschnitt. Auch nachts kühlte es teilweise nicht so ab, wie man es in unserem Klima gewöhnt ist. So wurden bis zu 6 Tropennächte verzeichnet, in denen die nächtlichen Tiefsttemperaturen nicht unter 20 °C zurückgingen. Der Monat wurde daher insgesamt sehr warm und sonnenscheinreich.
Trotz langer Trockenheit war er durch teils starke Regenfälle zum Monatsende hin insgesamt noch recht niederschlagsreich. Die weitgehend konvektiven Niederschläge brachten auch erneut einige Tornados, die beträchtliche Schäden verursachten (am 12. Juli auf Helgoland und in Loxstedt bei Bremen) sowie am 14. Juli in Goch (Nordrhein-Westfalen).
Die Trockenheit der ersten 3 Wochen führte dazu, dass die Abreife des Wintergetreides stark beschleunigt wurde und die Ernte bereits in der 2. Monatshälfte gestartet wurde (siehe Abb. 1). Teilweise kam es aufgrund schlechter Wasserversorgung zur Notreife. Die damit einhergehende nur kurze Kornfüllungsphase führte zu Ertragseinbußen beim Getreide. Die feuchte Witterung der letzten Dekade kam für Zuckerüben, Mais und Kartoffeln gerade noch rechtzeitig, um Entwicklungsprozesse zu stützen und Totalausfälle zu vermeiden. Ein negativer Effekt zeigte sich allerdings in Form von Lagerbildungen und Pilzinfektionen in einigen Getreidebeständen.

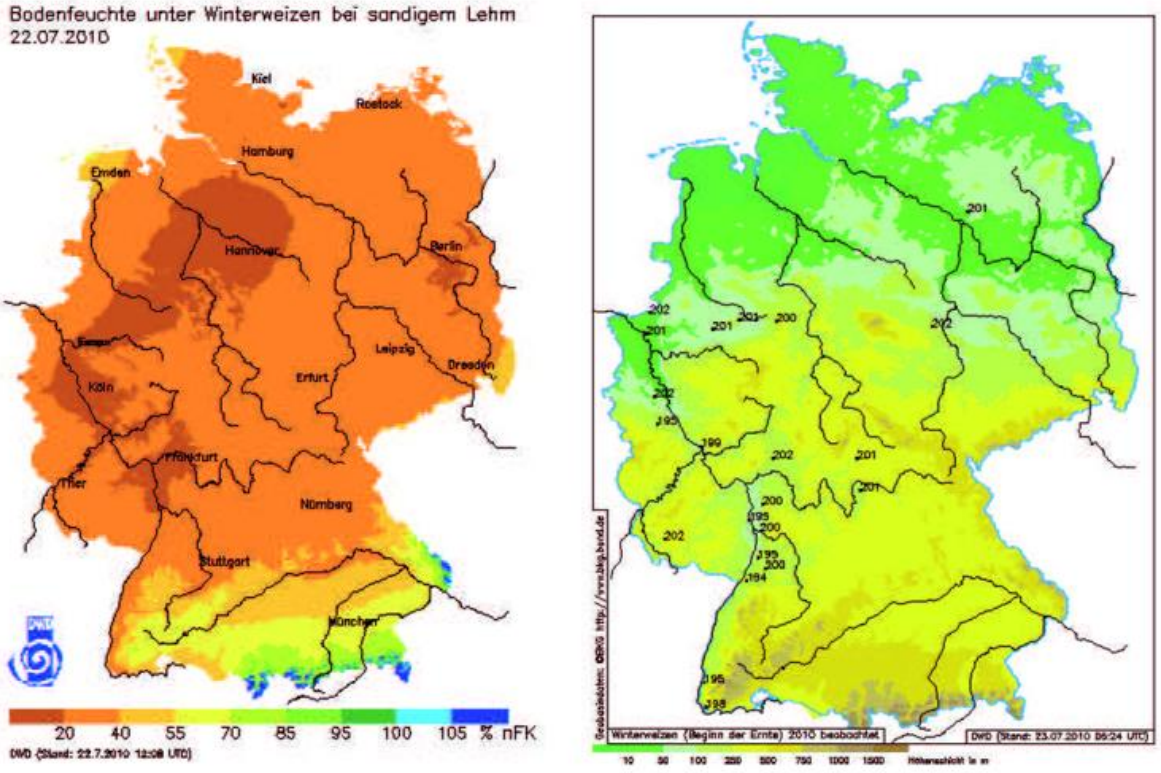


Abb. 1: Zusammenhang zwischen niedriger Bodenfeuchte (links) und frühem Erntebeginn des Winterweizens (rechts) Ende Juli. Erntebeginn angegeben in Jahrestagszahlen. Erste Erntemeldung 2010: 194. Tag (13.07.). Mehrjähriges Mittel: 216. Tag (04.08.).

Der **August** hatte trotz leicht überdurchschnittlicher Temperaturen keine sommerliche Prägung. Der Durchzug von Tiefdruckgebieten brachte viel Niederschlag und wenig Sonne. An den Küsten gab es meist nur noch 3 Sommertage.
Im Gebietsmittel von Deutschland war der Monat extrem regenreich. Er ordnete sich als der bei weitem nasseste August in Deutschland seit 1881 ein (vor 2006, 1960 und 1924). Im Raum Rügen/Greifswalder Bodden ging mit 200-270 mm das 4- bis 5-fache des gewöhnlichen Niederschlags nieder. Insbesondere am 12. August löste ein Tief, das von Westen her über Deutschland Richtung Dänemark zog, vielerorts Tagesniederschläge von mehr als 30 mm aus. Die Niederschläge führten verbreitet zu Hochwasser insbesondere an Oder und Elbe. Gewittrige Niederschläge in der zweiten Monatshälfte waren auch nochmals von einzelnen schweren Tornados begleitet (am 23. August in Reichardshein und Lumda bei Gießen (Hessen) und am 26. August in Nordrhein-Westfalen bei Osnabrück und Bad Salzuflen).
Die starke Bewölkung führte auch dazu, dass der Monat der zweite in der Reihe relativ sonnenscheinarmer Augustmonate seit 1951 (hinter 2006, vor 1977 und 1960) wurde.
Das unbeständige Wetter und die teils mit Wasser übersättigten Böden bedingten zu hohe Kornfeuchten und somit Ernteverzögerungen und Qualitätseinbußen bei Weizen, Roggen und Triticale. Gebietsweise wurde Auswuchs und Schwarzschimmel am Getreide beobachtet. Die nassen Böden schränkten die Befahrbarkeit der Felder ein und führten zu einer Verzögerung der Aussaat von Winterraps. Wo er bereits gesät wurde, lief er jedoch binnen kürzester Zeit auf. Die vereinzelten trockenen Abschnitte im August reichten für einen Heuschnitt nicht aus. Bei den Kartoffeln, die aufgrund des trockenen Julis oft sehr klein waren, wurden zunehmend Krautfäuleinfektionen beobachtet. Mit dem Auftreten erster Früchte des schwarzen Holunders in der 2. Monatshälfte kündigte sich der phänologische Frühherbst an.

Da die Mitteltemperatur im Juni und Juli erheblich über dem langjährigen Durchschnitt, lag, ergab sich ein insgesamt sehr warmer **Sommer**. Im Gebietmittel von Deutschland war es der 9.wämste Sommer seit 1891. Durch die extremen Augustniederschläge ergab sich für den gesamten Sommer auch ein erheblicher Niederschlagsüberschuss. Da in den Vormonaten die Sonnenscheindauer deutlich dem Bezugswert lag, ergab sich für den Sommer trotz des trüben Augusts ein kräftiger Sonnenscheinüberschuss.

Der **September** war im Gebietsmittel von Deutschland kühl und regenreich. Beim Niederschlag gab es allerdings sehr große regionale Unterschiede. An der Nordsee, in Sachsen und Sachsen-Anhalt sowie im südlichen Brandenburg gab besonders viel Regen Teilweise war es in diesem Bereich der nasseste September seit Beginn der Messungen. Besonders intensive Regenfälle gegen Ende des Monats verursachten dort eine weitere Hochwasserwelle. Im Nordosten und im Süden war es hingegen recht trocken. Die Sonnenscheindauer lag etwas unter dem Mittelwert des Referenzzeitraums.
Die Landwirte hatten mit Befahrbarkeitsproblemen und Schmutzbesatz zu kämpfen. Kurze trockene Phasen wie zu Beginn der letzten Monatsdekade konnten zur Saatbettbereitung, Herbstbestellung und Silagegewinnung genutzt werden. Durch die späte Getreideernte hatte sich die Aussaat des Winterrapses stark verzögert und auch die Abreife des Silomaises verlagerte sich zeitlich deutlich nach hinten. Letzte Getreidebestände von oft niedriger Qualität wurden gedroschen und vielerorts wur-

den Wintergerste, -roggen und teilweise schon Winterweizen gesät. Kartoffeln wurden geerntet und zum Ende des Monats lief die Rübenkampagne an.

Auch der **Oktober** war im Gebietsmittel von Deutschland kühl, aber trocken und recht sonnenscheinreich. Beim Niederschlag gab allerdings wieder große regionale Unterschiede. Während es im Osten und im größten Teil Süddeutschlands besonders trocken war, wurden im Nordwesten und in den Alpen die Normalwerte teilweise erheblich überschritten.
Nach einer leichten Unbeständigkeit zu Beginn herrschte bis Mitte des Monats ein goldener Oktober. Die verspätete Winteraussaat, sowie die Mais- Zuckerrüben- und Kartoffelernte konnten fortgesetzt werden. Die zweite Monatshälfte war allerdings wieder von Tiefdruckgebieten geprägt und in höheren Lagen kam es zu ersten Schneefällen. Dies führte zu deutlichen Entwicklungsverzögerungen bei den Wintersaaten, Behinderungen bei der Kartoffelernte, Frostschäden beim Mais und unterdurchschnittlichem Zuckergehalt der Rüben. Insgesamt war der Oktober fast überall zu kalt, zu trocken und mit leicht überdurchschnittlichem Sonnenschein gesegnet.

Der **November** war insgesamt mild und im Gebietsmittel von Deutschland sehr niederschlagsreich. Dabei gab es äußerst wenig Sonnenschein. Am Monatsanfang gab es aber nochmals sehr mildes, trockenes Wetter, wobei örtlich neue Rekordtemperaturen für den November verzeichnet wurden. Ab dem 25. November stellte sich dann schon eine winterliche Witterung ein, wobei sich in großen Teilen Deutschlands eine Schneedecke bildete. Besonders am 30. gab es an einigen Abschnitten der Ostseeküste dichten Schneefall und Schneehöhen um 50 cm sowie starke Schneeverwehungen.
Der November war auch insgesamt ein windreicher Monat, in dem Winde aus nordöstlicher und östlicher Richtung dreimal so häufig auftraten wie im Mittel. Besonders stürmisch war es am 11. und 12. während des Durchzugs von Orkantief CARMEN, das westlich von Schottland einen Kerndruck von 950 hPa erreichte und sich dann unter Abschwächung über die nördliche Nordsee zur mittleren Ostsee verlagerte. In exponieten Lagen entsprachen die Sturmböen Bft 11. Am 29. verursachte stürmischer Nordostwind mit Böen bis Bft 9 an der westlichen Ostseeküste erneut eine Sturmflut.

Die milde Witterung in der ersten Monatshälfte führte dazu, dass sich die Winterungen noch entwickeln konnten, sich aber spätestens in der letzten Dekade in die Vegetationsruhe verabschiedeten. Der rasche Wechsel von milder Witterung zu Winterwetter ließ befürchten, dass den Kulturen teilweise nicht genügend Zeit zum Aufbauen der Wintehärte blieb. Neben der Zuckerrübenernte, die erst durch nasse, schwer befahrbare Böden und dann durch den einsetzenden Frost behindert wurde, standen kaum noch landwirtschaftliche Arbeiten an.

Das Gebietsmittel der Temperatur für den gesamten klimatologischen **Herbst** (September, Oktober, November) lag wegen der relativ kühlen Vormonate etwas unter dem Bezugswert. Die Niederschlagsmenge war etwas größer als in der Referenzperiode. Die Sonnenscheindauer entsprach insgesamt etwa dem Referenzwert.

Im **Dezember** war es in ganz Deutschland deutlich kälter als im Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90. Die Mitteltemperatur für Deutschland betrug -3,7 °C. Das sind 4,5 Grad unter dem Wert für die internationale klimatologische Referenzperiode 1961-90. So wurde der Dezember 2010 im Gebietsmittel der kälteste Dezember seit 1969 sowie der 3. kälteste 1901 und der 4.kälteste seit 1881 (hinter den Dezembermonaten der Jahre 1890, 1969 und 1933).
Besonders kalt war es im Norden. So war es in Schleswig-Holstein der kälteste Dezember seit Beginn der Messreihen. Die weit unterdurchschnittlichen Temperaturen drückten sich vor allem auch in der hohen Anzahl der Frost- und Eistage aus. Während in Norddeutschland im Dezember im Durchschnitt 10 bis 17 Frosttage auftreten (auf Helgoland 6), sanken die nächtlichen Tiefstwerte in diesem Monat fast täglich unter den Gefrierpunkt. Selbst auf Helgoland wurden noch 24 Frosttage registriert. An 18 bis 25 Tagen, auf Helgoland an 9 Tagen (im Mittel sind es maximal 4 Tage) herrschte sogar Dauerfrost. Damit lag die Zahl der Frost- und Eistage im Bereich derjenigen von Dezember 1969. Ursache für die sehr kalte Witterung war die dominierende Kaltluft arktischen Ursprungs. In den Nächten herrschte zeitweise strenger Frost bis -15 °C, örtlich auch bis -19 °C. Am kältesten war es am 28./29. Dezember, als auch am Tage die Temperaturen nicht über -5 bis -10 °C anstiegen.
Überwiegend gab es mehr Niederschläge als im Bezugszeitraum. Diese fielen meist als Schnee, so dass sich vor allem im Norden und in der Mitte Deutschlands besonders dicke Schneedecken bilden konnten, die sich verbreitet den ganzen Monat über hielten. An der Nordsee wurde insbesondere in der letzten Monatsdekade Schneehöhen bis 20 cm verzeichnet, auf den Inseln bis um 10 cm. An der Ostsee lag den ganzen Monat über eine geschlossene Schneedecke, die vor allem in der letzten Dezemberdekade auf rund einen halben Meter anwuchs. Für verschiedene Stationen wurden die höchsten Schneedecken im Dezember seit Beginn der Messungen registriert.
Die Sonnenscheindauer lang erheblich unter dem Mittel der Referenzperiode.
Die mit dem Winterwetter einhergehende Vegetationsruhe setzte sich fort. Vielerorts schützte eine beständige, geschlossene Schneedecke die Winterungen vor Frostschäden, erhöhte allerdings auch die Gefahr des Befalls mit Schneeschimmel. Die lang andauernde Frostperiode, der häufige Schneefall und die eingeschränkte Befahrbarkeit des wassergesättigten Bodens führten zu Problemen bei der Zuckerrübenernte, der Mietenpflege und dem Rübentransport. Des Weiteren konnte die teilweise noch unvollendete Körnermaisernte nicht fortgesetzt werden.

In den Tabellen 1 - 4 sind die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niederschlagshöhe, der Sonnenscheindauer sowie der Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung von Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90 angegeben.

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90	2010	Abw. von 1961-90
Hamburg	-3,3	-3,8	-0,6	-1,7	4,8	0,9	8,8	1,3	10,0	-2,4	15,8	0,1	21,1	4,1	17,1	0,3	13,2	-0,4	9,3	-0,5	4,7	-0,5	-3,6	-5,5	7,9	-0,1	18,0	1,5	9,1	-0,5	-1,0	-2,2	8,1	-0,7
Bremen	-2,7	-3,5	-0,4	-1,8	5,2	1,1	9,1	1,4	10,1	-2,3	16,0	0,4	20,9	4,1	17,0	0,3	13,3	-0,4	9,6	-0,2	4,9	-0,3	-3,3	-5,5	8,1	0,1	18,0	1,6	9,3	-0,3	-0,6	-2,1	8,3	-0,6
Berlin	-4,8	-4,3	-0,1	-0,6	5,1	1,1	9,6	1,2	11,5	-2,2	18,0	1,0	22,8	4,5	18,6	0,8	13,4	-0,7	8,2	-1,4	5,1	0,4	-4,4	-5,6	8,7	0,0	19,8	2,1	8,9	-0,6	-1,6	-2,0	8,6	-0,5
Schleswig-Holstein	-3,3	-3,6	-1,0	-1,7	4,2	1,0	8,1	1,4	9,6	-1,9	14,9	0,0	20,0	3,8	16,7	0,5	13,1	-0,1	9,2	-0,3	4,3	-0,7	-3,8	-5,6	7,3	0,2	17,2	1,4	8,9	-0,4	-1,2	-2,1	7,7	-0,6
Niedersachsen	-3,2	-3,8	-0,4	-1,5	4,9	1,1	9,0	1,5	10,1	-2,2	16,1	0,8	20,7	4,0	16,8	0,3	13,0	-0,5	9,2	-0,4	4,8	-0,1	-3,6	-5,5	8,0	0,1	17,9	1,7	9,0	-0,3	-0,9	-2,1	8,1	-0,5
Nordrhein-Westfalen	-2,0	-3,2	0,7	-1,1	5,1	0,6	9,3	1,4	10,2	-2,2	16,6	1,2	20,5	3,5	16,5	-0,1	12,8	-0,9	9,2	-0,6	5,4	0,3	-2,9	-5,2	8,2	-0,1	17,9	1,5	9,1	-0,4	0,0	-1,7	8,4	-0,5
Rheinland-Pfalz	-2,5	-2,7	0,7	-0,4	4,8	0,6	9,5	1,7	10,6	-1,6	17,0	1,6	20,2	3,1	16,6	0,0	12,5	-0,9	8,5	-0,7	5,4	1,2	-2,6	-3,9	8,3	0,2	17,9	1,5	8,8	-0,1	-0,2	-1,1	8,4	-0,2
Saarland	-2,0	-2,5	1,3	-0,3	5,0	0,5	9,9	1,7	11,0	-1,5	17,3	1,7	20,3	2,8	16,8	-0,1	12,7	-1,0	8,7	-0,8	5,6	1,3	-2,1	-3,6	8,6	0,2	18,1	1,4	9,0	-0,2	0,3	-0,9	8,7	-0,1
Baden-Württemberg	-2,8	-2,1	0,2	-0,3	3,8	0,2	8,8	1,4	10,6	-1,2	16,4	1,3	19,6	2,5	16,3	-0,1	12,0	-1,3	7,7	-1,0	4,8	1,3	-2,3	-2,7	7,7	0,1	17,4	1,3	8,2	-0,3	-0,7	-0,7	7,9	-0,2
Hessen	-3,4	-3,0	-0,2	-0,7	4,4	0,6	9,0	1,5	10,3	-1,8	16,6	1,3	20,1	3,2	16,3	-0,1	12,1	-1,1	8,1	-0,8	5,1	1,3	-3,5	-4,3	7,9	0,1	17,6	1,5	8,4	-0,2	-1,0	-1,4	7,9	-0,3
Bayern	-3,8	-1,9	-1,1	-0,5	3,3	0,4	8,2	1,2	10,7	-1,0	16,2	1,3	19,4	2,8	16,0	0,0	11,4	-1,4	7,1	-1,0	4,4	1,5	-3,7	-3,1	7,4	0,2	17,2	1,4	7,6	-0,3	-1,8	-0,7	7,3	-0,1
Mecklenburg-Vorpommern	-4,6	-4,1	-1,0	-1,1	3,9	1,1	8,0	1,3	10,0	-1,9	15,5	0,1	21,1	4,3	17,6	0,9	13,1	-0,3	8,3	-0,9	4,7	0,2	-4,3	-5,4	7,3	0,1	18,1	1,8	8,7	-0,3	-1,9	-2,1	7,7	-0,5
Brandenburg	-5,1	-4,4	-0,6	-0,8	4,6	1,0	8,9	1,1	11,1	-2,0	17,1	0,6	21,9	4,0	18,0	0,6	13,0	-0,8	7,9	-1,5	4,9	0,5	-4,7	-5,6	8,2	0,1	19,0	1,8	8,6	-0,6	-2,0	-2,1	8,1	-0,6
Sachsen-Anhalt	-4,8	-4,5	-0,8	-1,2	4,6	0,9	9,0	1,2	10,7	-2,2	16,8	0,7	21,3	4,1	17,4	0,3	12,9	-0,8	8,3	-1,1	4,8	0,3	-4,4	-5,6	8,1	0,0	18,5	1,6	8,7	-0,5	-1,8	-2,3	8,0	-0,7
Sachsen	-5,1	-3,9	-1,0	-0,7	3,7	0,6	8,3	1,0	10,6	-1,7	16,3	0,7	20,5	3,3	16,9	0,1	11,9	-1,5	7,3	-1,7	4,6	0,8	-4,8	-5,1	7,6	0,0	17,9	1,4	8,0	-0,8	-2,2	-1,8	7,4	-0,7
Thüringen	-4,9	-3,6	-1,3	-0,9	3,6	0,8	8,2	1,3	9,9	-1,7	16,1	1,2	20,0	3,5	16,1	0,0	11,8	-1,0	7,4	-1,1	4,2	0,9	-4,8	-4,8	7,2	0,2	17,4	1,6	7,8	-0,4	-2,2	-1,6	7,2	-0,4
Deutschland	-3,6	-3,2	-0,5	-0,9	4,2	0,7	8,7	1,3	10,4	-1,7	16,3	1,0	20,3	3,4	16,7	0,2	12,4	-0,9	8,1	-0,9	4,8	0,7	-3,7	-4,5	7,8	0,1	17,8	1,5	8,4	-0,4	-1,3	-1,5	7,8	-0,4

Tab. 1: Gebietsmittel der Temperatur

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90	2010 (mm)	Proz. von 1961-90
Hamburg	32,8	53,5	50,7	121,6	93,3	169,4	17,7	35,6	82,6	141,5	35,5	50,5	31,9	41,4	139,5	197,6	108,1	158,8	44,5	74,3	90,3	134,1	47,9	68,1	193,5	118,7	206,8	94,9	242,9	124,3	158,5	90,9	772,9	103,1
Bremen	28,0	47,1	48,2	120,1	67,3	132,4	22,9	47,7	48,3	80,7	21,7	29,6	51,1	67,9	109,9	155,4	93,1	151,7	55,5	95,1	69,6	105,9	45,1	70,5	138,5	87,3	182,6	83,4	218,2	117,7	139,6	84,8	654,8	90,1
Berlin	23,4	55,3	25,3	72,0	39,2	106,4	13,5	33,5	83,0	152,5	3,6	5,2	53,7	100,9	121,7	206,2	88,9	195,1	21,4	61,1	94,7	198,0	59,2	110,9	135,6	103,1	179,1	98,3	205,0	159,7	112,9	86,5	626,8	109,4
Schleswig-Holstein	36,0	55,9	57,2	137,7	56,8	108,0	26,6	54,2	75,3	140,9	45,3	65,7	43,8	54,7	144,3	197,4	121,4	161,1	64,9	88,6	127,8	153,1	47,5	64,8	158,7	102,3	233,5	105,1	314,1	135,4	165,9	92,2	846,4	107,4
Niedersachsen	34,9	56,3	48,7	110,1	61,1	111,5	22,0	42,4	69,3	113,1	27,3	35,8	52,5	72,2	147,1	209,1	97,8	163,0	42,3	76,0	89,5	135,0	58,0	82,9	152,4	90,7	226,9	103,4	229,6	126,2	163,3	92,1	751,9	100,8
Nordrhein-Westfalen	48,5	63,2	61,3	106,5	63,8	89,6	14,5	23,4	74,9	104,1	28,0	33,2	67,2	81,6	183,4	251,8	76,0	113,3	41,9	67,1	111,6	142,7	77,6	88,0	153,2	74,7	278,6	116,3	229,4	110,5	205,2	92,1	848,9	97,1
Rheinland-Pfalz	49,0	73,4	63,6	111,1	50,5	79,5	17,4	30,4	99,2	141,3	47,9	62,9	73,1	101,6	131,6	188,6	70,2	117,2	31,3	49,4	79,1	105,1	103,2	135,6	167,1	87,5	252,7	115,9	180,6	91,0	206,6	103,5	820,2	101,6
Saarland	63,8	74,2	97,7	136,3	64,0	80,9	16,6	26,1	114,5	145,1	43,1	53,6	78,8	109,3	115,7	158,3	80,2	115,5	40,1	52,3	106,0	111,5	125,2	127,2	195,1	88,0	237,6	105,3	226,3	93,8	291,6	114,3	950,8	100,7
Baden-Württemberg	52,8	70,4	56,3	83,1	47,8	68,0	24,4	31,5	129,7	135,6	76,4	71,5	114,2	125,9	146,5	155,2	63,4	90,8	41,5	61,2	93,7	114,3	140,4	170,8	201,8	82,9	337,1	115,5	198,6	90,5	219,2	97,8	984,0	100,4
Hessen	45,3	71,8	52,5	100,8	52,2	84,7	17,1	29,0	97,4	138,1	55,7	69,7	62,5	85,9	144,5	207,7	61,9	107,8	29,2	49,4	83,7	117,4	88,3	114,4	166,6	87,3	262,8	118,2	174,7	93,1	191,4	99,2	793,6	100,0
Bayern	46,1	69,4	42,5	73,3	45,8	73,4	26,3	37,6	126,1	139,6	96,1	85,9	131,2	129,5	180,8	178,6	54,4	75,3	35,7	58,1	77,7	111,2	103,5	137,1	198,2	89,0	408,0	129,8	167,8	82,4	180,0	90,1	962,4	102,3
Mecklenburg-Vorpommern	37,6	83,1	33,0	104,9	41,3	100,5	16,0	38,3	97,2	189,5	34,4	54,9	29,4	44,8	153,0	260,6	73,1	143,7	35,0	83,3	105,0	201,6	52,4	100,6	154,5	115,1	216,7	116,0	213,1	147,0	110,3	84,8	716,5	120,5
Brandenburg	28,1	69,8	26,2	80,4	41,2	113,3	14,4	35,3	97,7	181,8	14,1	21,9	60,2	112,0	151,9	258,9	98,6	220,6	20,0	54,4	98,1	218,1	60,6	121,6	153,3	117,0	226,2	127,9	216,7	171,3	111,8	90,8	708,7	127,2
Sachsen-Anhalt	31,5	81,3	29,4	88,6	39,9	100,4	14,9	34,3	116,8	225,0	20,3	32,3	47,8	69,5	129,4	219,4	114,4	275,3	19,2	54,0	99,0	232,6	61,8	132,4	171,6	127,1	197,5	113,5	232,7	194,3	136,3	114,3	723,8	132,3
Sachsen	38,9	79,7	24,5	57,6	50,2	107,4	26,8	46,7	105,6	158,1	36,2	47,4	124,3	180,4	204,1	264,8	130,7	237,1	15,7	33,3	112,9	216,1	89,5	148,7	182,6	106,9	364,6	164,0	259,3	167,8	141,2	92,9	957,5	136,9
Thüringen	39,4	77,3	37,6	84,8	43,1	83,1	20,8	35,6	109,0	165,6	22,7	29,0	95,5	152,7	164,8	238,0	72,7	142,6	24,7	51,7	109,3	194,5	86,1	135,7	172,9	98,2	283,1	134,6	206,7	133,4	174,5	109,5	820,4	117,2
Deutschland	41,7	68,5	45,4	91,9	50,2	88,7	20,7	35,6	101,7	143,1	48,8	57,7	81,7	105,3	159,2	206,2	80,9	132,3	34,6	62,0	94,9	143,0	84,5	120,3	172,6	92,9	289,7	121,0	210,4	114,8	171,3	94,8	844,3	107,0

Tab. 1: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90	2010 (Std.)	Proz. von 1961-90
Hamburg	25,8	66,6	34,1	53,3	126,2	125,3	223,6	142,9	139,6	65,5	260,7	128,9	280,9	139,5	129,3	64,4	122,8	88,5	117,7	121,9	31,9	64,9	35,1	112,0	489,4	104,0	670,9	108,5	272,5	95,8	96,7	72,3	1527,9	101,4
Bremen	17,5	44,7	40,7	60,2	132,9	130,9	230,7	149,1	157,3	76,6	275,3	141,9	289,0	150,4	144,7	74,9	124,3	91,7	110,7	113,6	30,6	60,4	38,7	115,8	520,9	112,8	708,9	120,4	265,6	93,6	98,3	70,3	1592,3	108,0
Berlin	26,5	62,4	49,5	70,3	112,7	93,5	211,6	131,3	95,3	42,3	290,7	136,1	305,0	136,4	153,9	71,8	136,0	87,2	129,6	118,6	21,8	43,6	14,3	41,0	419,6	82,8	749,6	112,9	287,4	91,1	107,1	72,7	1546,9	94,6
Schleswig-Holstein	31,3	79,5	34,0	52,4	124,1	118,7	222,2	135,1	156,1	70,0	262,5	124,8	275,2	131,2	135,5	64,4	130,9	91,4	125,0	127,6	41,9	83,1	40,3	116,4	502,4	102,2	673,2	104,3	297,8	102,1	106,8	77,3	1578,8	100,7
Niedersachsen	20,7	54,1	38,4	58,3	127,9	125,2	219,2	144,8	136,4	67,7	273,1	143,2	280,5	146,5	133,1	69,4	120,9	89,6	110,2	111,8	26,0	53,4	27,0	85,8	483,5	106,3	686,7	117,8	257,0	91,1	100,1	74,0	1513,4	103,9
Nordrhein-Westfalen	28,1	67,5	31,3	43,3	120,7	117,0	212,0	143,4	129,9	68,4	263,3	146,4	267,1	142,6	135,1	74,0	122,2	90,4	112,4	105,3	25,2	47,9	21,5	58,0	462,6	104,9	665,6	120,2	259,8	88,2	100,3	66,5	1468,9	102,0
Rheinland-Pfalz	22,8	56,3	38,4	52,6	135,2	122,5	227,9	150,7	119,9	62,7	260,1	137,5	273,4	130,5	152,1	78,6	149,6	99,2	128,0	122,2	26,4	50,1	20,0	52,4	483,0	106,7	685,6	115,3	304,0	98,7	97,4	64,2	1553,8	103,1
Saarland	21,7	55,1	37,1	49,0	137,9	121,2	238,1	153,6	126,3	63,5	257,8	128,6	286,7	126,9	156,6	77,6	160,6	101,7	128,9	121,3	22,2	41,6	19,0	48,0	502,2	107,4	701,1	111,1	311,7	98,2	93,1	60,1	1592,9	101,4
Baden-Württemberg	34,5	70,8	57,9	76,0	146,9	125,5	220,2	146,0	101,8	53,8	212,4	107,7	269,5	117,8	159,9	77,6	169,3	101,9	126,9	108,7	52,2	84,9	30,1	67,7	468,9	102,6	641,8	100,9	348,5	101,2	138,5	81,8	1581,7	98,4
Hessen	21,1	59,1	35,8	51,8	133,0	124,6	222,5	146,7	112,8	58,2	272,8	145,9	271,0	132,7	136,6	72,0	127,0	89,3	126,9	127,6	21,3	49,3	16,1	50,9	468,3	103,6	680,4	116,2	275,2	96,6	87,9	64,4	1497,0	102,6
Bayern	27,7	55,8	58,0	74,6	143,8	120,8	220,2	143,4	100,9	52,1	213,2	110,5	276,6	125,1	147,2	72,8	150,8	94,0	124,9	105,9	49,7	87,3	30,5	69,8	464,9	99,7	636,9	102,2	325,3	97,0	124,6	72,9	1543,4	96,7
Mecklenburg-Vorpommern	29,7	72,6	36,9	54,8	121,3	106,9	219,9	131,5	120,6	51,2	288,0	132,0	307,6	138,2	135,9	62,6	138,6	89,8	131,4	125,4	23,7	45,3	23,6	64,5	461,9	89,5	731,5	108,2	293,7	94,3	99,2	68,9	1577,2	95,7
Brandenburg	27,2	62,2	49,7	70,7	117,4	97,9	216,3	133,0	102,8	45,8	286,7	135,6	302,5	135,4	149,9	70,3	142,4	91,5	134,2	122,6	25,6	50,7	20,2	55,8	436,5	86,1	739,0	111,7	302,2	95,8	111,5	74,4	1574,8	96,4
Sachsen-Anhalt	23,4	55,0	50,3	74,3	127,1	116,2	207,8	136,7	108,0	52,4	284,5	144,9	284,3	137,4	126,8	64,0	138,6	96,4	133,8	128,3	26,9	53,2	23,1	65,0	442,9	94,7	695,6	114,0	299,3	100,2	111,5	76,7	1534,5	100,8
Sachsen	31,5	63,5	54,5	77,5	130,5	118,9	206,4	138,1	92,5	46,0	261,0	137,2	278,9	133,0	144,4	72,6	140,8	95,3	144,6	122,6	39,6	73,9	34,8	84,8	429,5	93,3	684,3	112,3	325,0	101,8	128,8	80,1	1559,5	100,7
Thüringen	22,0	51,6	42,8	62,0	130,5	123,6	209,3	142,0	99,1	50,8	265,3	145,1	271,4	132,3	127,3	66,2	124,7	87,1	130,2	121,6	28,5	58,6	26,4	73,0	438,9	97,9	664,1	112,3	283,4	94,8	98,0	66,3	1477,5	99,4
Deutschland	26,7	61,3	45,8	63,1	131,8	119,1	217,8	143,0	114,3	58,4	254,7	132,8	279,5	133,9	141,9	72,1	139,7	93,5	125,2	115,4	34,4	64,3	26,3	68,4	463,9	101,2	676,1	112,0	299,3	96,1	111,2	72,0	1538,2	100,6

Tab. 1: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer

Land	Eistage (Maximum unter 0 °C)		Frosttage (Minimum unter 0 °C)		Sommertage (Maximum mind. 25 °C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30 °C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit Hagel (Mai-September)		Tage mit einer Schneedecke	
	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90	2010 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	56,1	274,2	108,1	153,3	29,8	140,3	10,3	335,2	22,0	120,6	4,7	149,3	0,9	138,0	0,4	65,6	93,0	302,4
Bremen	49,2	272,7	102,3	148,1	27,3	133,4	9,5	337,2	18,6	111,7	2,4	82,4	0,3	41,3	0,3	50,9	75,6	280,7
Berlin	58,8	242,2	111,2	137,4	45,6	126,7	15,9	225,9	16,6	140,4	3,0	127,8	0,8	124,9	1,0	94,3	89,1	237,8
Schleswig-Holstein	58,7	277,4	111,7	146,9	20,5	136,2	6,4	408,3	24,1	117,1	5,4	148,4	1,5	195,7	0,4	75,2	93,3	278,7
Niedersachsen	54,4	265,0	105,6	140,5	31,3	140,3	10,4	319,1	19,7	109,3	3,9	116,7	1,2	155,2	0,5	71,0	83,6	260,8
Nordrhein-Westfalen	47,4	276,4	99,9	141,8	34,7	138,8	11,1	275,9	23,7	99,6	5,1	100,9	1,7	130,4	0,9	106,8	75,6	243,6
Rheinland-Pfalz	47,6	220,1	104,6	123,9	37,8	130,4	11,4	228,2	22,7	102,1	4,1	85,7	1,0	71,9	1,0	140,6	79,1	211,3
Saarland	42,4	222,6	97,4	121,3	39,5	132,4	10,3	214,6	30,8	107,2	5,5	78,8	0,9	43,5	0,9	119,9	66,7	222,3
Baden-Württemberg	48,9	182,3	116,2	114,4	37,2	119,8	11,2	236,7	29,3	97,4	7,3	90,1	2,3	84,9	1,2	107,9	91,1	155,4
Hessen	56,1	218,8	112,3	125,0	36,6	132,1	10,9	246,3	21,7	101,8	4,2	90,9	1,0	81,8	0,8	104,9	87,4	198,5
Bayern	60,8	176,3	123,7	108,7	35,8	121,4	10,0	257,5	27,9	98,9	7,3	96,4	2,6	104,3	1,2	110,8	101,5	143,0
Mecklenburg-Vorpommern	61,5	233,5	114,9	139,8	30,3	153,8	9,0	345,4	19,9	156,2	4,3	187,4	1,2	218,8	0,9	125,0	91,2	226,4
Brandenburg	61,4	236,4	118,4	136,2	44,0	127,1	13,9	215,7	20,9	178,7	5,3	231,5	2,2	336,7	1,1	137,2	91,5	234,4
Sachsen-Anhalt	60,6	244,1	112,8	133,5	40,6	127,4	11,9	205,8	20,6	172,6	5,5	217,3	2,0	280,1	0,9	135,4	92,3	243,9
Sachsen	63,7	200,8	120,2	127,2	35,7	114,3	10,3	188,4	27,5	159,4	8,7	222,4	4,1	336,2	1,1	123,6	101,6	183,9
Thüringen	66,3	195,3	120,0	117,7	32,5	127,2	9,3	243,3	23,6	131,3	5,0	133,1	1,7	157,9	0,8	102,9	101,1	175,1
Deutschland	56,7	216,0	113,8	125,5	35,2	128,8	10,6	251,6	24,0	113,4	5,7	116,5	1,9	133,5	0,9	110,2	90,8	192,3

Tab. 4: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatischen Besonderheiten

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich einige Charakteristika des Jahres wieder. So ist aufgrund der Wärme des Jahres die Zahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0 °C) in ganz Deutschland und die Zahl der Eistage (Temperaturmaximum unter 0 °C) in den meisten Bundesländern geringer als in der Bezugsperiode 1961-90, während die Anzahl der Sommertage (Temperaturmaximum mindestens 25 °C) überall stark erhöht ist. Da der Sommer aber relativ viele wolkenreiche Tage hatte und größere Hitzeperioden fehlten, lag die Zahl der heißen Tage (Temperaturmaximum mindestens 30 °C), nur wenig über dem langjährigen Mittel.

Die Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag (mindestens 10 mm) entsprach wie die gesamte Niederschlagshöhe weitgehend dem langjährigen Mittel. Gleiches gilt im Gebietsmittel von Deutschland auch für die sommerlichen Hagelereignisse. Hier gab es jedoch große regionale Unterschiede. In Baden-Württemberg sowie in den Stadtstaaten Hamburg und Berlin gab es erheblich mehr Hagelfälle, während in Rheinland-Pfalz und im Saarland, in Schleswig-Holstein sowie in Thüringen und Sachsen Hagel deutlich seltener als im Bezugszeitraum war.

Klimatische Bedingungen der Küstengewässer

Wie die Lufttemperatur, so verzeichnete auch die Wasseroberflächentemperatur einen ausgeprägten Jahresgang (vgl. Abb. 2). Während sich die Monatsmittel der Wassertemperaturen im Januar, Februar und Dezember um 3 bis 5 K unter den vieljährigen Mittelwerten bewegten, überschritten sie diese im Juli um bis zu 3 K. In den frostigen Wintermonaten zu Jahresbeginn und –ende bildete sich auf den küstennahen Gewässern eine Eisschicht.

Zu Jahresbeginn waren nur die Boddengewässer der Ostsee mit Eis bedeckt. Kurz darauf setzte auch die Eisbildung in den Ostseehäfen und an der Nordfriesischen Küste ein. Mit der Frostverschärfung im letzten Januardrittel wuchs die Eisdicke in den geschützten Häfen, Buchten und Boddengewässern auf bis zu 30 cm an, im nordfriesischen Wattenmeer und in den niedersächsischen Häfen bis auf 5-10 cm Dicke. Am geringsten war die Eisdeckung im ostfriesischen Wattenmeer. Nach einer kurzzeitigen Abnahme des Eises, kam es in der zweiten Februardekade wieder zu Neueisbildung und einer Zunahme der Eisdicke, die bis zum 19. im inneren Greifswalder Bodden eine Dicke von meist 30 bis 50 cm erreichte. Dann setzte eine Tauphase ein. Während die Küstengewässer der Nordsee Anfang März schon weitgehend eisfrei waren, wurde auf der Ostsee noch bis zu 30 cm dickes Festeis beobachtet. Erst nach Monatsmitte beschleunigte sich hier die Eisabnahme und bis zum Monatsende war dann das Eis abgeschmolzen.

Die Wassertemperaturen stiegen im März von 0 °C auf 4 °C in der westlichen Ostsee und bis auf 6-7 °C in den küstennahen Gebieten der Nordsee. Die Monatsmittel lagen damit um 2 K unter dem vieljährigen Mittel. Während sich im April eine rasche Erwärmung auf 9 °C in den tieferen Nordseegewässern um Helgoland und in der westlichen Ostsee sowie auf 10-13 °C an den flachen Nordseeküsten vollzog, bewirkte die sonnenscheinarme und kühle Witterung im Mai und zunächst auch im Juni nur eine geringe Temperaturerhöhung.

Ein kräftiger Temperaturanstieg setzte Ende Juni bei strahlungsreicher, hochsommerlicher Witterung ein. Die küstennahen Gewässer erwärmten sich auf Werte von maximal rund 21 bis 23 °C im Tagesmittel. Die Monatsmittel lagen hier mit 21 °C um rund 2,5 K über dem Durchschnitt. Nur die tieferen Nordseegewässer bei Helgoland waren mit einem Monatsmittel von rund 17 °C kühler.

Im wenig sommerlichen August kehrten die Wasseroberflächentemperaturen mit 18 bis 20 °C im Monatsmittel wieder in den Bereich der Mittelwerte und im kühlen September gingen sie mit 15 bis 16 °C um rund 1 K unter diese zurück. Im Oktober und November verzögerte sich die saisonale Abkühlung wieder, so dass die Monatsmittelwerte mit rund 12 °C im Oktober und 7 bis 9 °C im November wieder in den Bereich der vieljährigen Mittelwerte gerieten.

Im Dezember wurde die Abkühlung der küstennahen Gewässer durch die frostige Witterung dann deutlich beschleunigt. Zum Monatsende gerieten die Wassertemperaturen in den küstennahen Zonen in den Bereich um den Gefrierpunkt. Die Monatsmittel der Wassertemperaturen lagen mit 0 bis 4 °C um 3 bis 5 K unter dem Durchschnitt. Schon Anfang Dezember begann in einigen flachen und geschützt liegenden Gewässern die Bildung von Neueis. Mit Frostverschärfung weitete sich die Eisfläche aus und erreichte maximale Dicken bis 50 cm in den Häfen an der nordfriesischen Küste und bis 30 cm im Ostteil der deutschen Ostseeküste. In der zweiten Monatshälfte waren südlicher Peenestrom und Kleines Haff durchweg mit 5 bis 25 cm dikkem Festeis bedeckt, was zur Einstellung der Schifffahrt führte. Im letzten Dezemberdrittel bildete sich dann im Nordfriesischen Wattenmeer Eis.

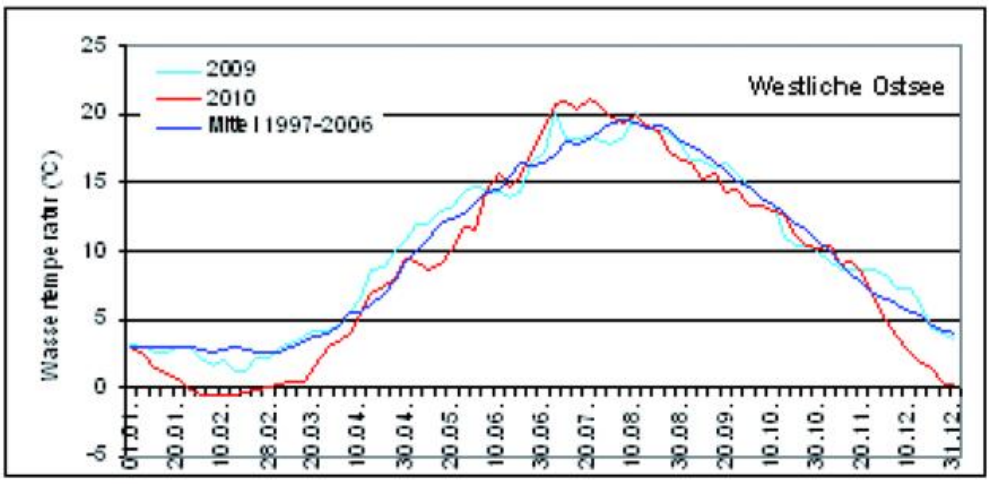


Abb. 2: Jahresgang der Wassertemperatur

Das Jahr 2010 war im deutschen Küstenraum ungewöhnlich windschwach. Wie Abb. 3 zeigt, war das Jahresmittel des geostrophischen Windes* über der Deutschen Bucht mit 9,8 m/s das niedrigste seit Beginn der Zeitreihe vor mehr als 100 Jahren.

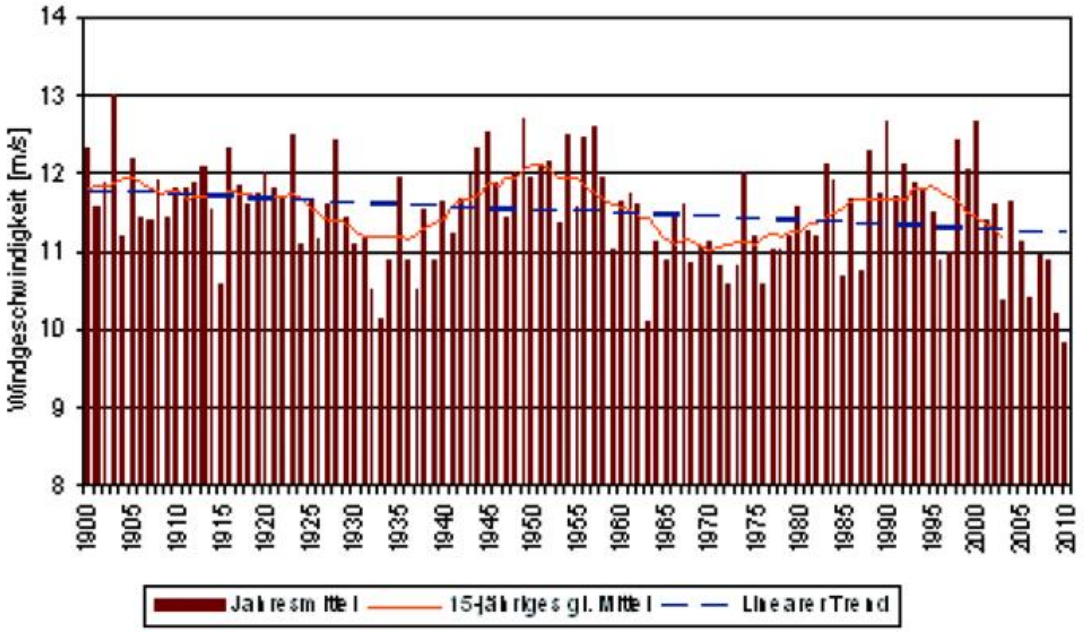


Abb. 3: Jahresmittel des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

Die Verteilung der Wetterlagen

Im Folgenden wird die Häufigkeit der 2010 aufgetretenen Wetterlagen beschrieben:

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z_{950} z_{500} f mit:

aa =:	**Anströmrichtung:**	**XX = keine vorherrschende Richtung, NO = Nordost, SO = Südost, SW = Südwest, NW = Nordwest;**
z_{950} z_{500} =:	**Zyklonalität in 950 bzw. 500 hPa:**	**Z = zyklonal, A = antizyklonal;**
f =:	**Feuchte**	**F = feucht, T = trocken.**

Beispiel:
NOAZT = Nordost, antizyklonal in 950 hPa, zyklonal in 500 hPa, trocken.

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2010

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2010 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	SWAAF	37	10.14
2	NWAZT	33	9.04
3	NWAAT	31	8.49
4	SWZAF	30	8.22
5	XXAAT	25	6.85
6	NWAAF	21	5.75
7	SWAAT	20	5.48
8	SWZZF	18	4.93
9	SWAZT	16	4.38
10	XXAZT	14	3.84
11	NOAZT	14	3.84
12	SWAZF	11	3.01
13	NOAAT	10	2.74
14	XXAAF	8	2.19
15	NWZZT	8	2.19
16	XXZAF	6	1.64
17	SOZAF	6	1.64
18	XXZZT	6	1.64

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
19	SWZZT	6	1.64
20	SOZAT	5	1.37
21	SWZAT	5	1.37
22	XXZZF	5	1.37
23	XXZAT	4	1.10
24	XXAZF	3	0.82
25	NWAZF	3	0.82
26	SOZZF	3	0.82
27	SOAAT	2	0.55
28	NOAAF	2	0.55
29	SOAZT	2	0.55
30	NWZAT	2	0.55
31	NWZAF	2	0.55
32	NOZZT	2	0.55
33	NWZZF	2	0.27
34	SOAAF	1	0.27
35	NOZAF	1	0.27
36	NOZZF	1	0.27

Die Wetterlagenklassen NOAZF, SOAZF, NOZAT und SOZZT sind im Jahr 2010 nicht vorgekommen.
Besonders häufig trat in diesem Jahr wieder die hochreichend antizyklonale, feuchte Südwestlage SWAAF auf. Auch die Nordostlage NOAZT sowie die Lagen ohne eindeutig vorherrschende Strömungsrichtung XXAAT und XXAZT waren häufiger vertreten als im langjährigen Mittel. Demgegenüber wurde die hochreichend antizyklonale, trockene Nordwestlage NWAAT wie im Vorjahr deutlich weniger häufig beobachtet als im Mittel. Die 7 Lagen, SWAAF, NWAZT, NWAAT, SWZAF, XXAAT, NWAAF und SWAAT stellten zusammen 54 % aller Lagen dar.

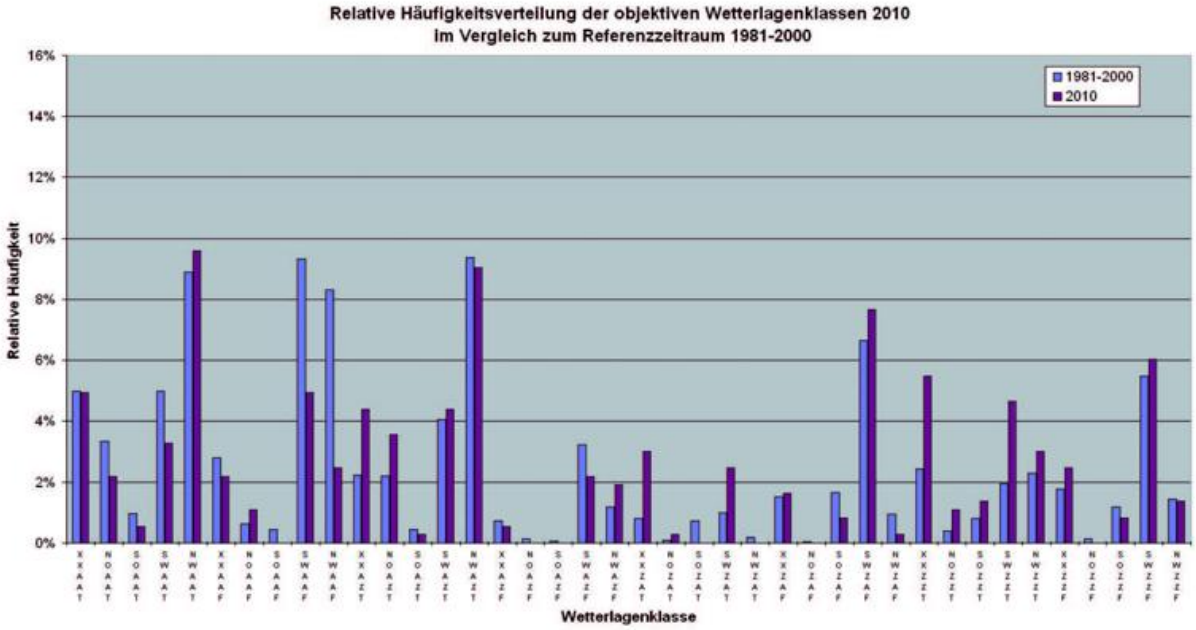


Abb. 4: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2010 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2010

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 5 und 6) ist festzustellen, dass die Nordwestlagen zugunsten der Südwestlagen sowie der Lagen ohne eindeutig vorherrschende Windrichtung schwächer vertreten waren als im Referenzzeitraum 1981-2000. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente entsprach weitgehend dem langjährigen Mittel.
Auch die Häufigkeit zyklonaler und antizyklonalen Lagen in Bodennähe und in der freien Atmosphäre wich kaum von Referenzwert ab. Die feuchten Lagen traten wieder etwas seltener auf als im Bezugszeitraum.

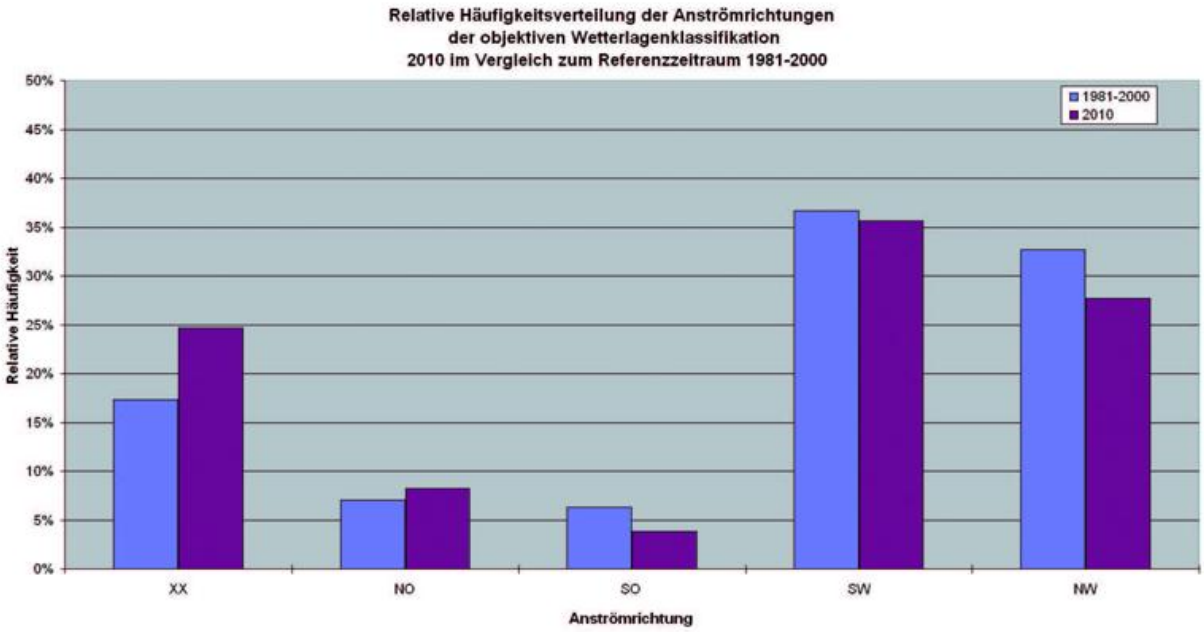


Abb. 5: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2010 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000.

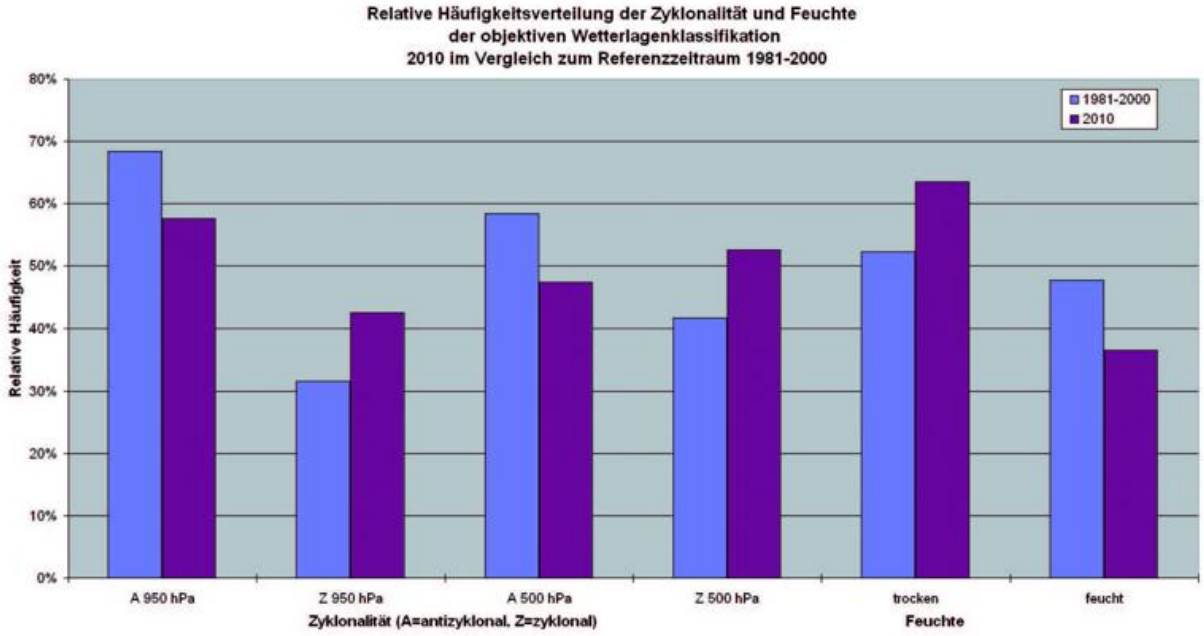


Abb. 6: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2010 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000.

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	11	1	4	8	4	4	4	6	13	5	4	7	71
NO	3	4	3	1	3	6	0	1	2	2	0	5	30
SO	1	1	1	11	0	1	0	0	2	1	1	0	19
SW	11	7	6	10	15	9	20	13	4	9	24	15	143
NW	5	15	17	0	9	10	7	11	9	14	1	4	102
A 950 hPa	25	17	21	14	22	20	27	23	22	25	20	17	253
Z 950 hPa	6	11	10	16	9	10	4	8	8	6	10	14	112
A 500 hPa	22	14	18	24	23	13	19	24	22	18	13	8	218
Z 500 hPa	9	14	13	6	8	17	12	7	8	13	17	23	147
trocken	24	15	22	16	17	17	15	15	15	20	11	18	205
feucht	7	13	9	14	14	13	16	16	15	11	19	13	160
Temperatur	-1.7	0.1	0.8	4.5	1.5	-0.6	1.1	2.1	1.4	-0.9	3.3	-0.5	0.9
Niederschlag	62	116	132	52	106	96	133	53	67	138	138	116	100

Tab. 5: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trokken) im Jahr 2010. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatlichen Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen traten im Mai und Juli sowie im November und Dezember besonders häufig auf, während sie im Februar und März sowie im September selten waren. Nordwestlagen waren im Februar und März sowie im Oktober relativ häufig, während sie in den extrem milden Monaten April und November gar nicht bzw. nur an einem Tag auftraten. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war im April ungewöhnlich hoch, während sie im Juli uns August sowie im Oktober gar nicht oder kaum auftraten. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung waren im Januar und September ungewöhnlich häufig.

- Zyklonalität

In 950 hPa waren antizyklonale Lagen in allen Monaten mit Ausnahme des Aprils häufiger als die zyklonalen Lagen. Besonders deutlich dominierten sie im Januar sowie von Juli bis Oktober. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen Januar, von März bis April und von Juli bis Oktober vorherrschend. Zyklonale Lagen dominierten im Juni sowie im November und Dezember.

- Feuchte

Von Januar bis Juni, sowie im Oktober und Dezember herrschten trockene Lagen vor, während im Juli und August sowie im November überwiegend feuchte Lagen auftraten. Dies spiegelt wieder hauptsächlich die Temperaturverhältnisse wider, da kalte Luft einen niedrigeren Sättigungsdampfdruck besitzt als eine warme Luftmasse. So waren die 3 Monate mit überwiegend trockenen Luftmassen alle kräftige positive Temperaturabweichungen, während auch in den niederschlagsreichen Monaten oft relativ trockene Luftmassen vorherrschten.

Langzeittrends 1980-2010

Bei der Anströmrichtung (Abb. 7) wurden die Trends zu einer Abnahme der Nordwestlagen und zu einer langfristigen Zunahme der Nordostlagen gestärkt.
Bei den Feuchteklassen (Abb. 8) ist die langfristige Zunahme der feuchten Lagen weiterhin vorhanden, wurde aber erneut nicht bestätigt.
Bei der Zyklonalität (Abb. 9 und 10) ist weiterhin nur in 500 hPa ein schwacher Trend zu einer Zunahme antizyklonaler Lagen erkennbar, während in 950 hPa keine langfristigen Tendenzen feststellbar sind.

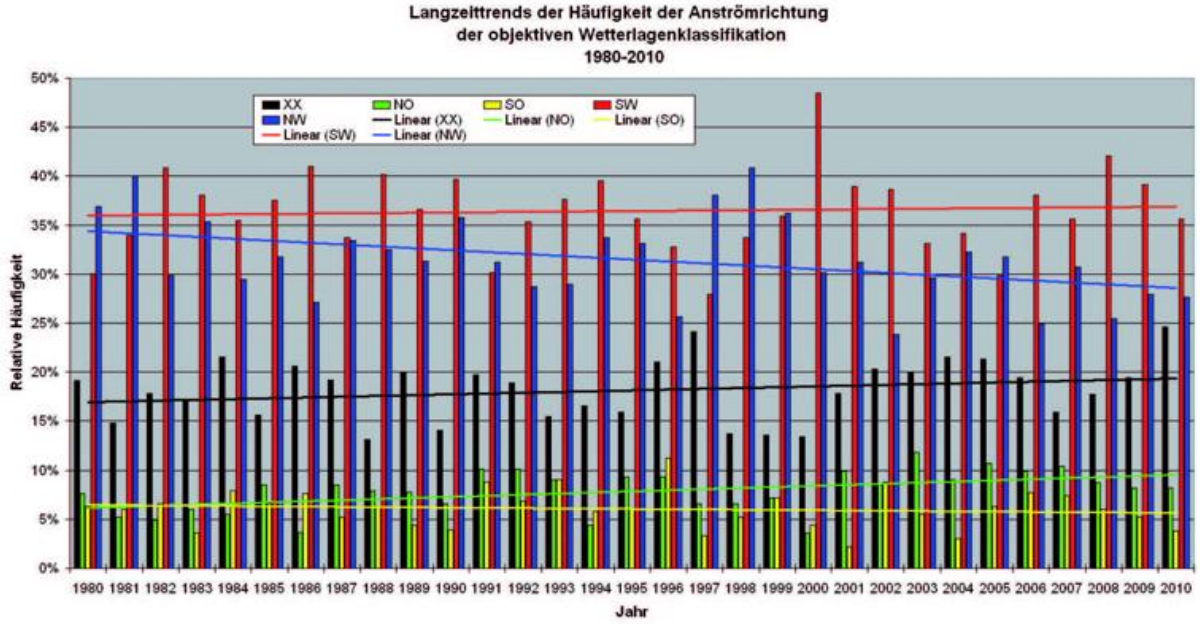


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

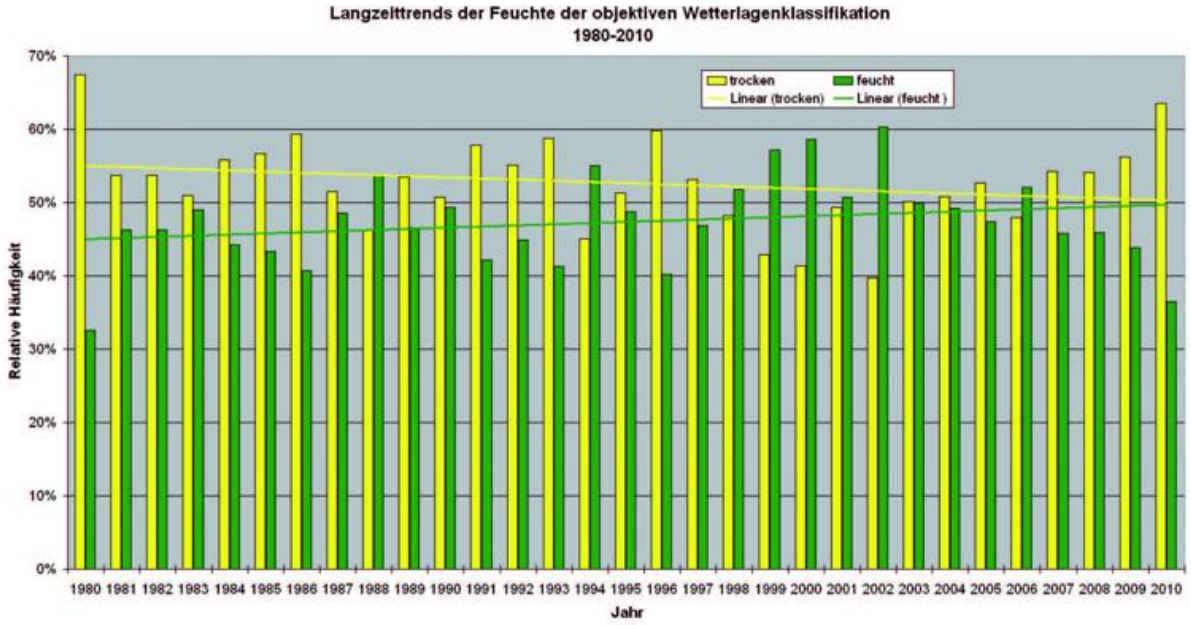


Abb. 8: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

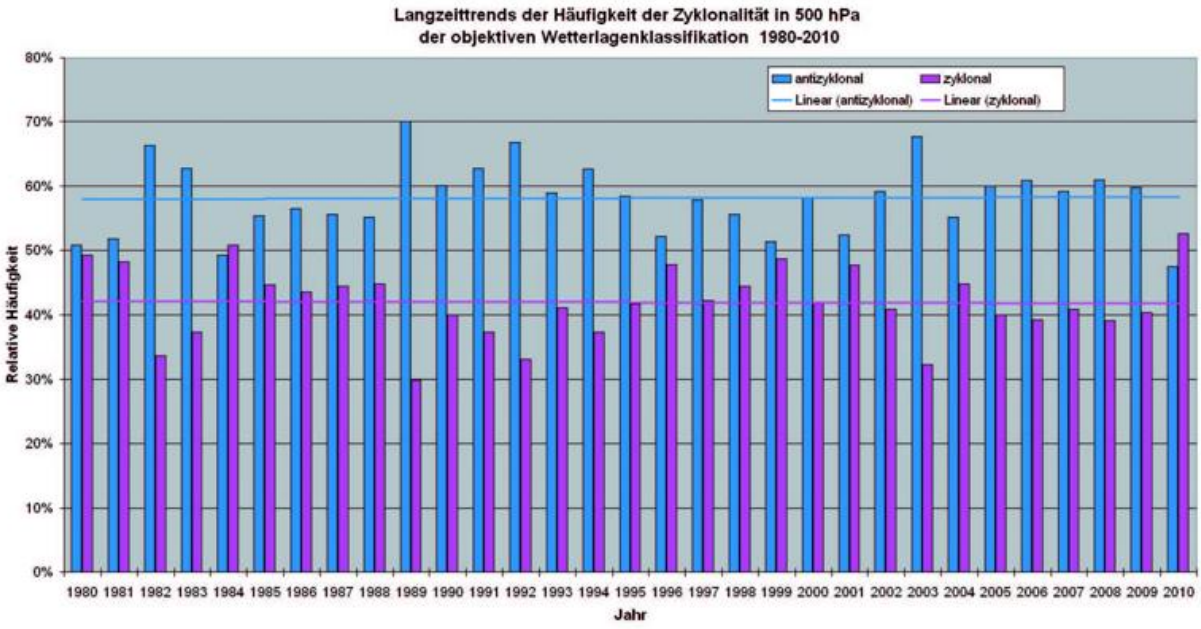


Abb. 9: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

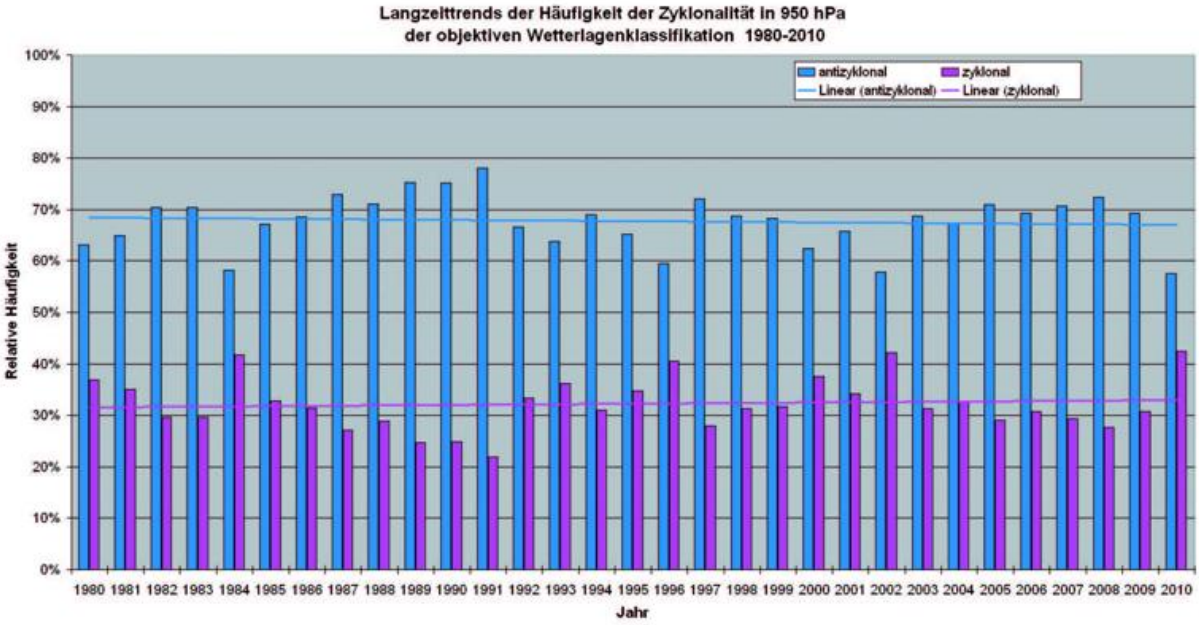


Abb. 10: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

Bodenfeuchte und Mikroklima

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2010

Das Jahr 2010 war bestimmt durch einen ständigen Wechsel zwischen deutlich zu geringen und wiederum überdurchschnittlichen Bodenfeuchten. Der zu trockene und zu warme April führte, wie im Vorjahr 2009, zu Wachstumseinschränkungen bei den landwirtschaftlichen Kulturen. Ein Ausgleich für das Wasserdefizit erfolgte jedoch schon im Mai, gefolgt von einem auf Pflanzen Stressreaktion auslösenden zu warmen Juli mit einem deutlichen Bodenfeuchtedefizit. Mit der Ausnahme von Schleswig-Holstein drehte der August diese zu trockenen Bedingungen wiederum in eine deutlich positive Abweichung der Bodenfeuchte, die im gesamten Herbst erhalten blieb. Die Niederschlagsüberschüsse sorgten für Erntebehinderungen bei nahezu allen Hackfrüchten und teilweise bei Getreide.

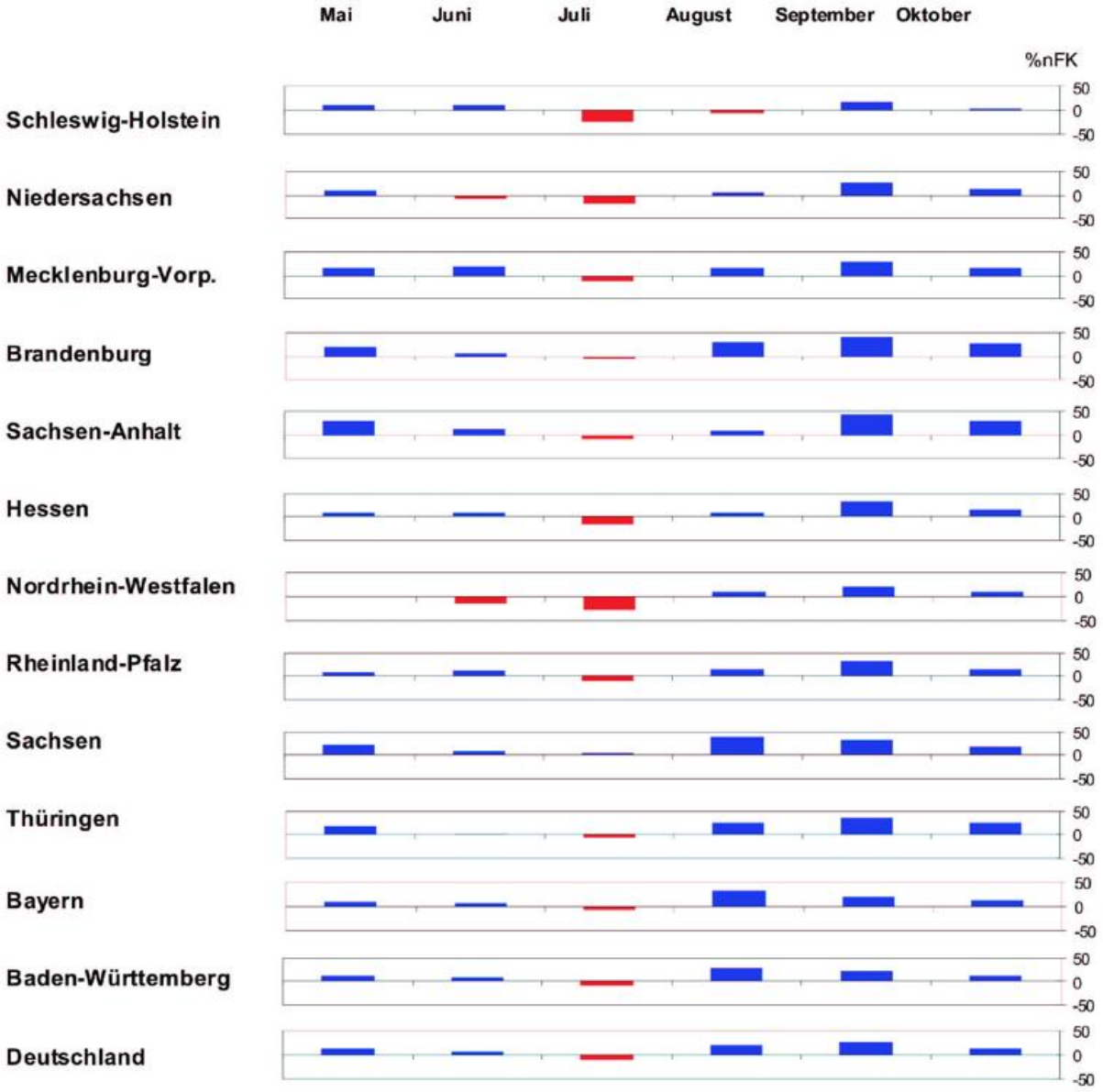


Abb. 15: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (% NFK) im Jahr 2010 vom langjährigen Mittelwert 1962 – 2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht).

Tab. 6: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2010. Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2010 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman–Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2010

	Januar		Februar		März			April			Mai			Juni		
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	-1,9	-4,9	-1,8	-4,5	0,9	-0,1	105,6	1,4	0,8	119,8	-2,4	-1,3	77,6	93,8	0,8	-0,7	108,5	86,8
Niedersachsen	-1,9	-4,7	-2,5	-3,2	0,8	-0,2	107,3	1,3	0,2	122,8	69,4	-2,6	-1,4	73,2	100,4	1,2	-0,7	118,6	73,4
Mecklenburg-Vorp.	-1,6	-5,3	-1,4	-4,8	0,7	0,5	98,6	0,9	0,3	111,6	68,3	-2,7	-1,1	63,1	114,8	0,5	-0,7	105,4	87,4
Brandenburg	-0,7	-6,3	-1,2	-3,5	0,7	0,5	94,6	1,7	0,9	0,0	113,2	61,5	-2,6	-0,6	57,2	129,5	0,9	-0,4	108,5	57,0
Sachsen-Anhalt	-0,8	-7,2	-1,4	-4,1	0,9	-0,6	99,7	1,8	1,1	0,1	110,3	45,8	-2,8	-0,7	56,9	134,2	1,0	-0,5	112,1	62,9
Hessen	-1,7	-4,2	-1,9	-4,0	0,3	-0,2	109,5	,3	0,9	-0,2	117,8	62,8	-2,7	-1,0	67,4	122,3	0,8	-0,3	114,7	60,2
Nordrhein-Westfalen	-1,8	-4,4	-1,9	-1,9	0,3	-0,2	102,2	1,7	1,3	-0,5	121,2	54,8	-2,5	-2,1	74,2	103,8	1,5	-0,3	118,4	54,8
Rheinland-Pfalz	-1,7	-2,8	-1,3	0,5	0,4	0	120,2	-3,1	1,7	0,5	129,6	44,4	-2,1	-1,0	70,5	126,8	1,8	0,9	118,4	55,5
Sachsen	-0,6	-6,0	-1,3	-3,5	0,9	-0,3	110,8	-1,8	1,2	0,1	113,8	67,6	-2,1	-0,2	57,5	149,5	1,4	0,1	112,0	64,9
Thüringen	-0,8	-5,6	-1,4	-2,9	0,9	0,3	115,0	-4,2	1,2	0,3	115,4	64,5	-2,5	-0,6	61,0	138,0	1,2	-0,2	115,0	55,8
Bayern	-1,0	-2,0	-1,4	-0,6	0,3	-0,5	116,9	-1,8	1,0	-0,7	120,2	63,0	-2,1	0,2	65,0	128,1	0,6	0,8	102,3	81,1
Baden-Württemberg	-1,3	-1,8	-1,3	0,6	0	-0,8	115,9	-2,9	1,3	-0,4	120,4	65,5	-2,2	-0,5	66,8	137,2	0,7	0,5	99,3	77,2
Gesamt BRD	-1,4	-4,0	-1,6	-2,2	0,5	-0,2	109,0	,2	1,2	0,0	119,0	63,0	-2,4	-0,8	66,8	121,8	1,0	0,0	109,4	71,3

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	3,7	1,8	130,3	-5,0	-0,1	0,3	80,9	4,2	-0,4	-0,2	92,0	13,2	0,0	-0,3	105,6	-1,4	0,1	-0,6	-2,7	-7,6
Niedersachsen	4,0	1,7	135,5	-5,0	-0,2	0,5	82,1	4,0	-0,8	-0,3	86,2	14,9	-0,4	-0,4	93,9	0,1	0,4	0,3	-2,8	-7,8
Mecklenburg-Vorp.	4,0	2,2	130,2	-5,4	0,1	1,1	81,0	5,1	-0,4	-0,1	90,4	16,4	-0,5	-0,9	106,4	-0,2	0,7	0,6	-2,3	-6,8
Brandenburg	4,0	2,4	122,6	-4,8	0,1	1,3	78,5	6,1	-0,8	-0,4	81,8	21,6	-1,2	-1,5	95,5	3,5	1,0	1,0	-1,7	-7,7
Sachsen-Anhalt	4,1	2,0	122,2	-4,9	-0,2	1,4	77,0	6,3	-0,4	-0,2	88,7	24,3	-0,5	-0,9	99,2	3,7	1,1	1,0	-1,9	-8,6
Hessen	2,6	1,2	115,0	-2,5	-1,1	0,0	76,9	5,2	-1,2	-1,0	86,0	14,2	-1,0	-1,3	105,9	0,3	1,5	1,8	-2,2	-6,8
Nordrhein-Westfalen	3,6	1,7	129,8	-3,9	-0,6	-0,1	79,6	5,1	-0,9	-0,9	85,7	10,5	-0,7	-0,8	92,0	1,0	0,5	0,7	-2,8	-8,1
Rheinland-Pfalz	3,0	1,5	118,4	-2,1	-0,7	-0,2	84,7	3,1	-0,8	-0,9	93,6	13,4	-0,8	-1,1	109,3	-0,1	1,4	1,8	-1,7	-5,1
Sachsen	3,7	2,1	118,4	-2,8	-0,5	0,7	76,3	6,0	-1,1	-0,9	82,5	14,3	-1,1	-2,0	99,3	0,7	1,5	0,8	-0,8	-7,2
Thüringen	3,2	2,1	117,3	-1,7	-1,0	0,6	75,2	5,8	-1,2	-0,4	83,6	18,1	-1,0	-1,2	98,5	5,4	1,2	0,8	-1,0	-7,5
Bayern	2,6	1,4	115,5	-1,4	-1,2	0,1	76,8	5,4	-1,4	-1,5	88,7	7,2	-1,2	-1,4	95,6	1,7	1,6	1,6	-0,6	-5,7
Baden-Württemberg	2,5	1,1	109,1	-0,5	-1,1	-0,4	81,1	4,6	-1,1	-1,7	92,1	8,0	-1,2	-2,0	91,7	2,7	1,4	1,3	-1,3	-4,4
Gesamt BRD	3,3	1,7	121,6	-3,1	-0,6	0,3	79,6	4,9	-0,9	-0,8	88,3	13,1	-0,8	-1,2	98,3	1,3	1,0	1,0	-1,8	-6,6

Legende:

A = Bodentemperatur unbewachsener Boden 5 cm (rot= zu warm, blau = zu kalt)
B = Minimumtemperatur in Bodennähe für unbewachsenen Boden (rot= zu warm, blau = zu kalt)
C = Penman - Verdunstung, Abw.in % (rot= zu hohe Verdunstung, blau= zu geringe Verdunstung)
D = Benetzungszeiten, Abw. in % (rot= relativ geringe Benetzungszeiten, blau= relativ hohe Benetzungszeiten)
E = Krumenbodenfeuchte, %nFK (rot = relativ trocken, blau = relativ feucht)
F = Kornfeuchte, (%, 19 Uhr) (rot = relativ gering, blau = relativ hoch)

Mikroklima 2010

Die Monate Januar und Februar zeigten bei den Temperaturen im Boden und in Bodennähe deutlich negative Abweichungen. Insbesondere die Temperaturen im Januar in Bodennähe wiesen mit Abweichungen von mehr als -7 K sehr geringe Werte aufgrund einer länger anhaltenden und relativ dicken Schneedecke auf. Insgesamt waren die Bedingungen im Januar 2010 mit den Jahren 2009 und 2006 vergleichbar. Nach einem durchschnittlichen März folgte ein im Mikroklimabereich zwar deutlich zu warmer April mit einer positiven Abweichung bei der Verdunstung, jedoch wurden bei weitem nicht die extremen Bedingungen des Vorjahres 2009 im April erreicht, wo z.B. die Bodentemperaturen als Deutschlandmittelwert mehr als 4 K vom langjährigen Mittelwert aufwiesen, während sie 2010 nur bei etwas mehr als 1 K lagen.
Genau gegenteilig war der Mai 2010 mit deutlichen negativen Temperaturabweichungen. Damit war der Mai in den letzten 10 Jahren erstmalig im Mikroklimabereich deutlich zu kalt (nur der Mai 2004 war auch zu kalt, aber mit wesentlich geringeren Abweichungen). Nach einem nicht besonders auffälligen Juni folgte wiederum ein extremer Juli mit Abweichungen bei den Bodentemperaturen von ca. +3 K und im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten deutlich geringeren Kornfeuchten und längeren Zeiten mit optimalen Mähdruschbedingungen, die jedoch aufgrund eines großen Anteils noch nicht vollständig abgereifter Bestände nicht immer genutzt werden konnten. Die Bedingungen im Juli 2010 entsprachen damit etwa denen im Jahre 2006.
Der August erwies sich mit Kornfeuchten, die ca. 5 % über dem langjährigen Mittel lagen und Verdunstungswerten von ca. 75 % des langjährigen Mittelwertes als das genaue Gegenteil des Vormonats. Dadurch wurde der Mähdrusch z.T. stark behindert oder ganz unmöglich. Da der September ebenfalls die gleichen Tendenzen aufwies, ergab es sich, dass manche Bestände nicht gemäht werden konnten und zum Totalausfall erklärt werden mussten.
Auch der Oktober und der Dezember stellten sich im bodennahen Bereich als zu überwiegend kalt heraus. Nur der November unterbrach kurz die zu kalte Serie.

Besondere Situation 2010 - Hohe Bodenfeuchten im Herbst

Markant waren 2010 die hohen Bodenfeuchten im Herbst. Die Abbildung 16 zeigt die berechneten Bodenfeuchten beispielhaft für einen schweren Boden nach Zuckerrüben, Ende September für den Zeitraum 1962 – 2010. Rot gekennzeichnet sind die 5 höchsten Werte des Zeitraums. Es wird deutlich, dass in den meisten Bundesländern 2010 zu den fünf feuchtesten Jahren bezüglich der Bodenfeuchte zu zählen ist. Ähn-liche Verhältnisse traten jedoch auch vielerorts schon 2007 auf. 2007 und auch 2010 kam es damit durch Probleme bei der Befahrbarkeit zu massiven Behinderungen bei der Mais- und insbesondere bei der Zuckerrübenernte. Aufgrund des Auftretens von frühen Bodenfrostbedingungen führte das dazu, dass zum Teil die Ernte der Rüben im Jahr 2010 nicht mehr erfolgen konnte bzw. Totalverluste abgeschrieben werden mussten.

Positiv muss jedoch die deutliche Grundwasserneubildung im Herbst 2010 gesehen werden. Unter leichten Böden nach Wintergetreide und selbst auf schweren Böden nach Zuckerrüben kam es in den Monaten September und Oktober in manchen Regionen schon zu Sickerwassermengen im Flächenmittel von bis zu 50 mm.

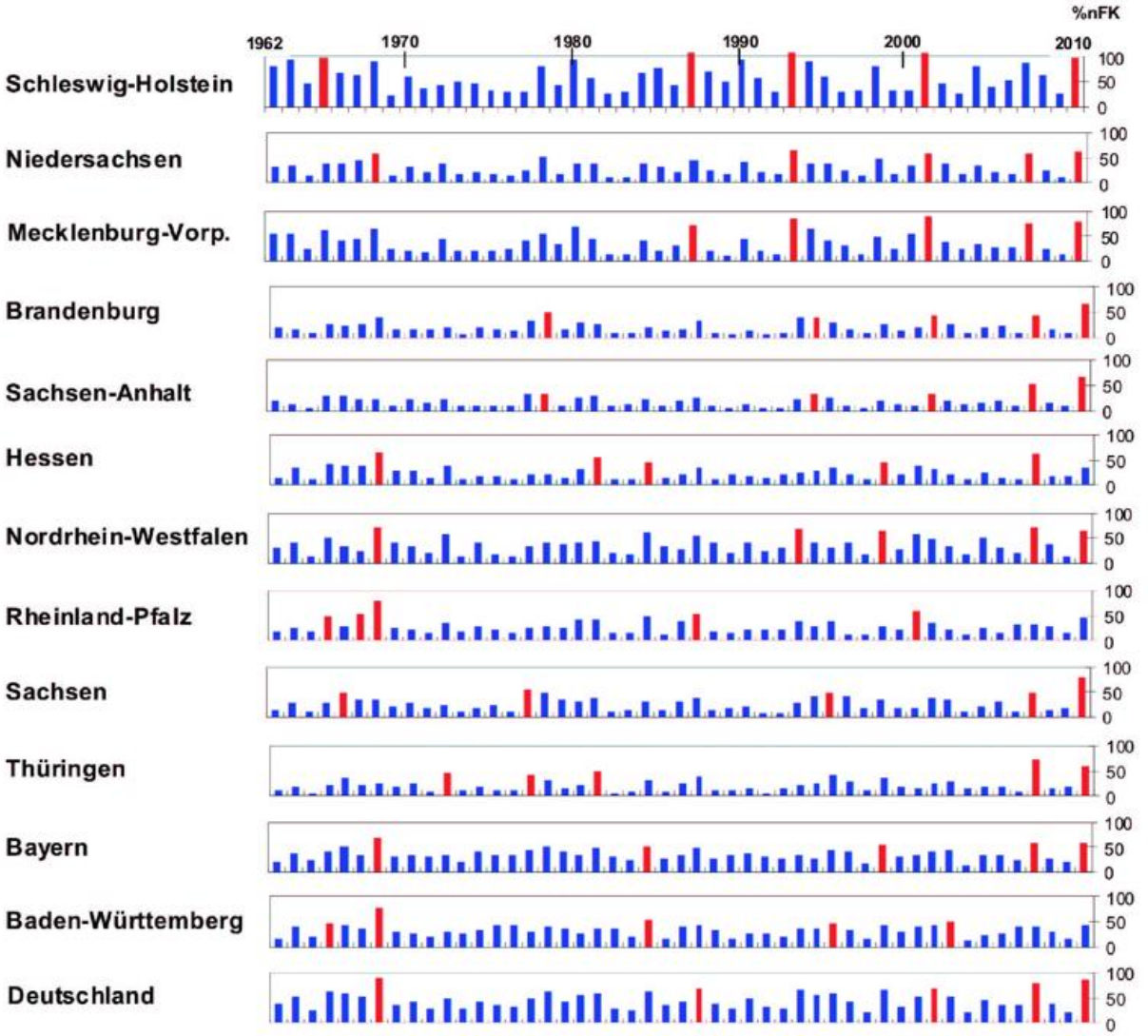


Abb. 16: Bodenfeuchtezustand (% nFK) jeweils Ende September, 1962 – 2010, für schwere Böden, Zuckerrüben, rot = fünf höchsten Bodenfeuchten seit 1962

Das Weinjahr 2010 im Rheingau

Nach vielen Jahren mit nahezu optimalen Wetterbedingungen brachte das Jahr 2010 einen Rückfall in längst vergessene Zeiten. Hohe Säurewerte und niedrige Erträge waren das Ergebnis eines schwierigen Jahres mit großen Temperaturgegensätzen und viel (zu viel) Regen.

Einige wollten es schon zum Jahresanfang gewusst haben: die runden Jahre brachten in den letzten 50 Jahren nie besonders gute Weinjahrgänge: 1960 war ein Jahr, in dem für damalige Zeiten rekordverdächtige Mengen geerntet wurden. Im Rheingau lag die durchschnittliche Erntemenge bei 95 hl/ha, nach einem sehr nassen August gab es viel Fäulnis. 1970 gab es relativ große Mengen von 106 hl/ha, aber vergleichsweise geringe Qualitäten. 1980 war der gesamte Sommer nass, aber gravierender war das extrem kühle Blütewetter, sodass es infolge schlechter Befruchtung nur einen geringen Ertrag (32 hl/ha, niedrigster seit 1956) und auch nur eine geringe Qualität gab. Der 2000er ging nach gutem Start bei rekordverdächtigen Regenmengen im Juli förmlich baden, brachte aber immer noch "gute bis mittlere" Qualitäten beim Riesling, das Ganze bei einer leicht überdurchschnittlichen Erntemenge von 88 hl/ha. Dass auf die "runde Reihe" nicht immer Verlass ist, mag das Jahr 1990 zeigen: Es brachte – zum Beginn der von der Klimawende begünstigten 90ern – "sehr gute bis gute" Qualitäten bei einem moderaten Ertrag von 67,5 hl/ha.
(Quelle: Die Wein-jahrgänge im Rheingau. Herausgeber: Bund Rheingauer Weinbau-Fachschulabsolventen e.V., Redaktion Dr. Andreas Booß, Weinbauamt Eltville).

2010: Breite Spanne bei der Qualität

Im laufenden Jahr wurden nur 55 hl/ha geerntet - und damit deutlich weniger als der langjährige Durchschnittsertrag von 80 hl/ha. Bei der Qualität geht die Spanne weit auseinander. Während viele Trauben wegen drohender Verluste durch Fäulnis zwar mit zufrieden stellenden Mostgewichten, aber sehr hohen Säurewerten gelesen werden mussten, gab es auch Winzer, die am Ende dank des "Goldenen Oktobers" noch ein versöhnliches Ende verbuchen konnten. Diese Betriebe hatten beim Pflanzenschutz das "richtige Händchen" und hatten damit gesündere oder länger gesunde Trauben, die bis Mitte Oktober bei trockenem und sonnigem Wetter noch einen deutlichen Qualitätssprung machten. Insgesamt bot der Jahrgang 2010 eine Chance, sich zu profilieren. "In einem guten Jahr kann jeder einen guten Wein machen, in einem schwierigen wie 2010 trennt sich die Spreu vom Weizen" – selten war diese Aussage so richtig.

Schwieriger Start

Wie kam es nun zu diesem schwierigen Jahr, das schon mit einem ungewöhnlich kalten und schneereichen Winter begann? Nach dem kalten Frühjahr wurde der Austrieb erst am 26. April registriert. Dieser Termin lag fünf Tage hinter dem zehnjährigen, aber immer noch einen Tag vor dem langjährigen Mittelwert des Zeitraums

1955-2010. *(Alle phänologischen Angaben beziehen sich auf den Referenzweinberg des Weinbauamts Eltville im Eltviller Sonnenberg).*
Im kühlen, nassen und trüben Mai ging die Rebentwicklung nur langsam voran. Eine Wende brachte erst der Juni, der sehr sonnig und überdurchschnittlich warm war. Die Rebentwicklung nahm Fahrt auf; die Blüte begann am 16. Juni (mittlerer Termin ist der 17. Juni). Kurz nach dem Blühbeginn folgte aber zur Monatsmitte ein deutlicher Dämpfer. Kühles Wetter mit Höchstwerten unter 20 °C und Tiefstwerten unter 10 °C ließ die in guten und mittleren Lagen gerade begonnene Rebblüte weitgehend zum Stillstand kommen. Folge war ein geringer Fruchtansatz - ausgerechnet in den besten Lagen. Demgegenüber hatten spätere Lagen optimales Blütewetter, als die Temperaturen Ende Juni wieder deutlich anstiegen.

Lange Blüte

Infolge der Temperaturschwankungen erstreckte sich die Blüte über einen langen Zeitraum, was – insbesondere nach den hohen Niederschlägen im Mai und Anfang Juni – die richtige Terminierung der Pflanzenschutzmaßnahmen zu einem schwierigen Unterfangen machte. War es zunächst "nur" der "Falsche Mehltau" (Peronospora), der Probleme bereitete, folgte in der Hitzeperiode Ende Juni/Anfang Juli auch der "Echte Mehltau" (Oidium), bei dem „Alarmstufe Rot“ herrschte. Wenigstens stoppten die hohen Temperaturen die aufkommende Peronospora. In dieser Phase trat plötzlich auch wieder die wärmeliebende Zikade als Schädling auf.
Der so lange gewünschte Temperaturanstieg führte dazu, dass der durch die Kältephase verursachte Vegetationsrückstand rasch wieder aufgeholt wurde. In dieser Trockenphase profitierten die Reben von dem Regenüberschuss im Mai.

Niedrige Erntemengen

Aufgrund der anfangs warmen Witterung nahm auch das Dickenwachstum der Beeren rasant zu; erst die nächste - und viel zu lang andauernde - kühle Periode ab Ende Juli bremste die Entwicklung wieder etwas. Reifebeginn beim Riesling war der 21. August. Gegenüber dem Durchschnittswert des Zeitraums von 1995-2010 (23. August) lag die Entwicklung zwar noch gut in der Zeit, im Vergleich der letzten zehn Jahre war der Reifebeginn aber relativ spät. Der verzögerte Reifebeginn und die meist kühlen Nächte hielten die Säurewerte relativ hoch. Im Vorteil waren in diesem Jahr die strahlungsklimatisch begünstigten Steillagen.
Durch die häufigen Niederschläge im August (mehr als 250 % vom Sollwert) in Verbindung mit einer hohen Luftfeuchte etablierten sich schon früh Fäulnisnester in den Trauben. Dies betraf vor allem die früh und mittelfrüh reifenden Rebsorten, bei denen die Lese ab 20. September schlagartig einsetzte. Die geernteten Mengen waren meist gering.
Beim Roten Spätburgunder und beim Weißen Riesling begann die Lese am 2. bzw. 6. Oktober. Ab dem 3. Oktober beruhigte sich die Wetterlage und es hielt – zumindest zeitweise – der sehnlichst erwartete "Goldene Oktober" Einzug. Der danach einsetzende starke Mostgewichtsanstieg war auch eine Folge der Konzentration

durch Wasserverlust, was aber auch die Säurewerte hoch hielt. Trotzdem schritt die in den meisten Weinbergen anzutreffende Fäulnis weiter voran. Demzufolge gingen die schon zu Beginn der Lese niedrigen Erträge weiter zurück. Das Ertragsniveau von 55 hl/ha wurde schließlich die mengenmäßig niedrigste Ernte seit 1995.
Auch ansonsten brachte das Jahr einen Rückfall in längst vergessene Zeiten: Säurewerte wie in diesem Jahr weist die Moststatistik zuletzt annähernd 1996 sowie extrem 1984 aus.

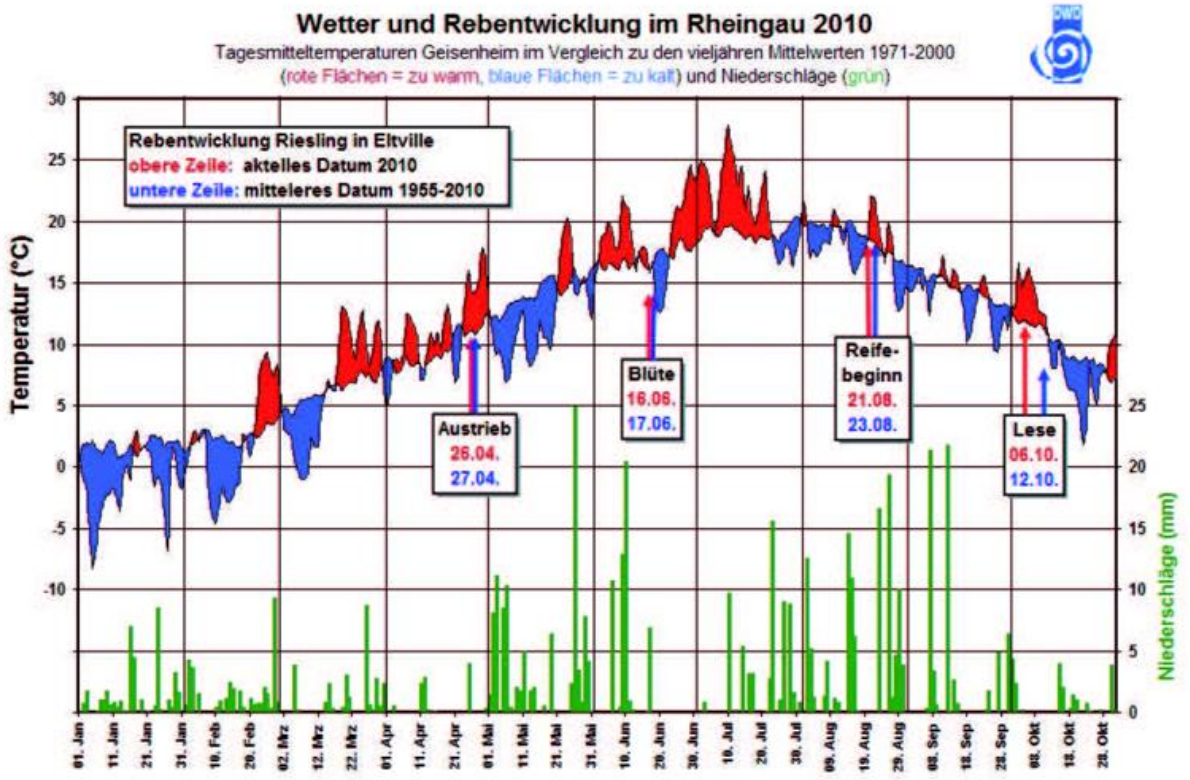


Abb. 17: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2010

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann, H. Nitsche

Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen und Windpilotierungen an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde. Es handelt sich um TEMP- bzw. PILOT-Meldungen, die über GTS empfangen wurden.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abbildung 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2010 dargestellt.

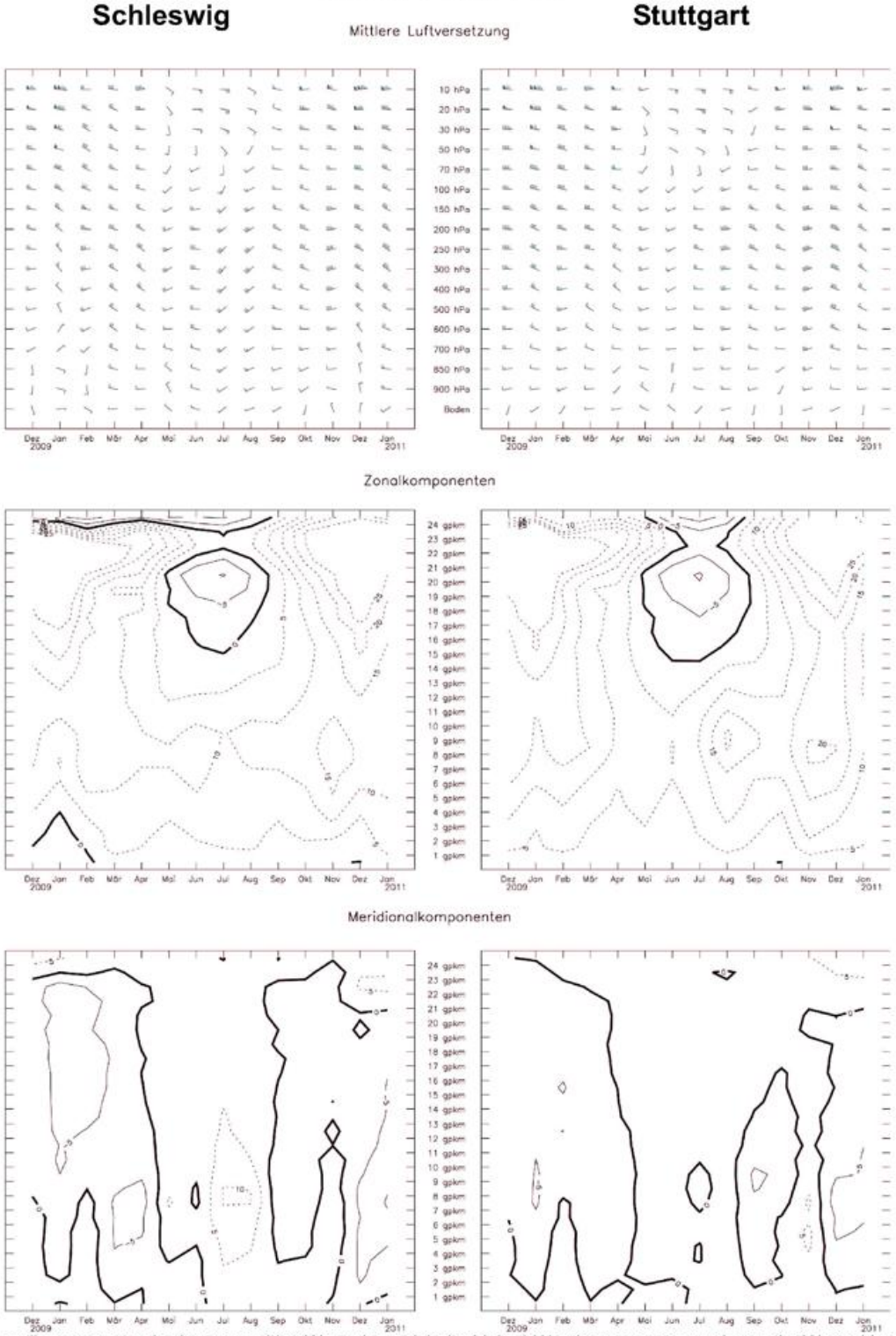
Die Strömungsmuster von Schleswig und Stuttgart weisen insbesondere in der mittleren und höheren Troposphäre eine große Ähnlichkeit auf. Bestimmend für die Strömungsverhältnisse der Nordhemisphäre war 2010 der negative Index der nordatlantischen Oszillation NAO. Dieser Index greift die Luftdruckdifferenz zwischen zwei festen Punkten (Island und Azoren bzw. Lissabon) ab (Promet Jahrgang 34, Heft 3/4). Ist der NAO-Index negativ, so bedeutet dies, dass die Luftdruckgegensätze zwischen Islandtief und Azorenhoch sehr gering sind, was zu einer Schwächung und ggf. zum Zusammenbruch der Westdrift führt. 2010 blieb der NAO-Index das ganze Jahr negativ (Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI Januar – Dezember 2010). Dies spiegeln auch die troposphärischen Strömungsmuster von Schleswig und Stuttgart wider.
Während Schleswig im Januar bodennah von schwachen Ostwinden beeinflusst wurde, herrschte in Stuttgart ein leichter Westwind vor. An beiden Stationen drehte der Wind mit der Höhe auf Nordwest. Ähnlich sehen die Strömungsmuster von März und April aus. Dagegen hatte die Troposphärenströmung im Februar eher zonalen Charakter. Auch im Mai wiesen die Strömungsverhältnisse an beiden Stationen keine großen Unterschiede auf. Bodennah wurde eine Nordwestströmung ermittelt, die mit zunehmender Höhe auf Südwest drehte. Anfang Juni setzte sich Hochdruckeinfluss durch, der insbesondere über Stuttgart zu einer Beruhigung der Höhenströmung führte. Größere Differenzen bzgl. der Strömungskomponenten sind im Juli und August zu erkennen. Während über Schleswig eine stärkere Meridionalkomponente wirksam war, war an der Station Stuttgart die Strömung im Mittel zonal geprägt. Der Unterschied in den Strömungsmustern resultiert u.a. daher, dass Schleswig häufiger im Einflussbereich durchziehender Höhentröge und Tiefdruckgebiete lag. Im September, Oktober und November ergibt sich im Mittel für beide Stationen eine schwache westliche Strömung. Im Dezember wurde für Schleswig in den unteren Troposphärenschichten eine markante Nordkomponente ermittelt, die aus den im Dezember häufig aufgetretenen Nordwestlagen resultiert.

In der Stratosphäre dominierte über beiden Stationen von Januar bis April die Westwindzirkulation. Im Mai drehte die Strömung in den oberen Stratosphärenschichten auf östliche Richtungen und blieb bis Ende August stabil. Ab September herrschte über ganz Deutschland wieder eine stratosphärische Westströmung vor.

Jährlicher Gang des Höhenwindes
nach monatlichen Mittelwerten 2010

00 und 12 Uhr UTC

Schleswig **Stuttgart**



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negativeWerte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten.
Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.
Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1kn=0,514m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2010

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	131	243	113
	50	171*	221	51*
GREIFSWALD (WEWA)	20	131*	243	113*
	50	171*	229*	59*
EMDEN (BW)	20	131	243	113
	50	169	229	61
BERGEN (BW)	20	131*	231*	101*
	50	168	230	63
LINDENBERG (OBS)	20	130*	231*	102*
	50	168	229	62
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	131*	243	113*
	50	152	230*	79*
MEININGEN (WEWA)	20	130*	254	125*
	50	170	230*	61*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	131*	257	127*
	50	152	229*	78*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	131*	258*	128*
	50	152	231*	80*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	153*	257	105*
	50	152	230	79
OBERSCHLEISSHEIM	20	153	256	104
	50	152	243	92

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 11 Radiosondenstationen für das Jahr 2010 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

Sommerliche Ostwindperioden

In Tabelle 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 11 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abbildung 3 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1986 bis 2010.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über fast allen Stationen in der ersten Maihälfte ein. Anfang Juni wurde sie auch an den beiden bayrischen Stationen Kümmersbruck und Oberschleißheim registriert. Die Ostströmung blieb, wie schon im Vorjahr, über den meisten Stationen bis Ende August beständig. An den Stationen Meiningen, Idar-Oberstein, Kümmersbruck und Oberschleißheim allerdings wurde sie noch in der ersten Monatshälfte des Septembers beobachtet.

In 30 hPa setzte die Ostzirkulation über Stuttgart, wie Abbildung 2 zeigt, Anfang Juni ein und blieb bis Mitte September stabil. Damit gehört 2010 zu den Jahren mit längerer Ostwindperiode. Ähnlich lange Zeiträume wurden in den Jahren 2000, 2003 und 2005 beobachtet, wobei in diesen Jahren die Zirkulation in 30 hPa früher auf Ost drehte.

In 50 hPa setzte die sommerliche Zirkulation zwischen Anfang Juni (Essen, Idar-Oberstein, Stuttgart, Kümmersbruck und Oberschleißheim) und dem letzten Junidrittel ein und musste im August wieder der Westströmung weichen. 2010 wurde über Stuttgart erstmals wieder seit 1997 eine Ostzirkulation in 70 hPa beobachtet.

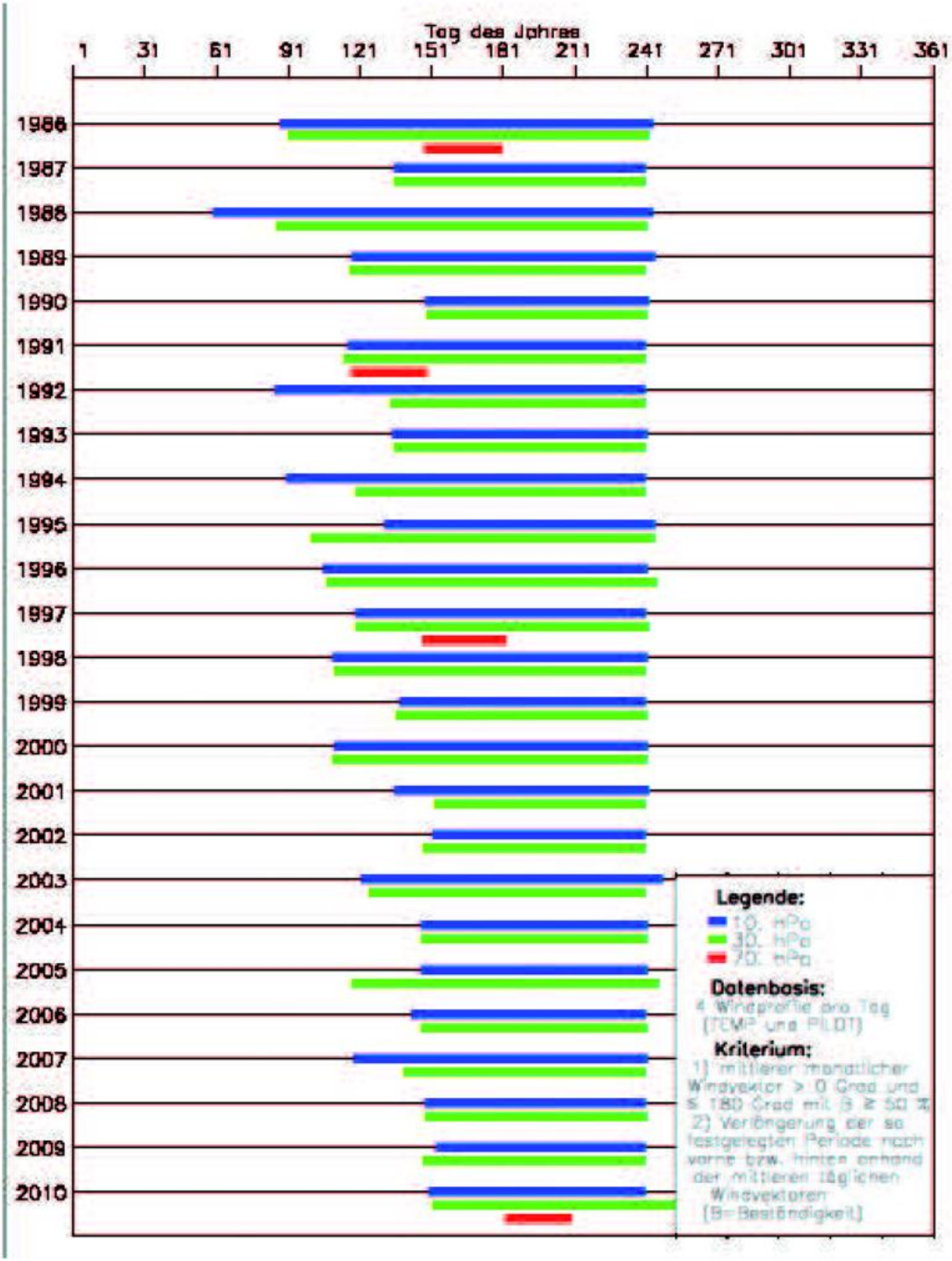


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1986-2010

Lufttemperatur - Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abbildung 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2010 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten seit 1970. Besonders markant sind die Kurvenverläufe für beide Isobarenflächen im Winter. Die 500-hPa-Kurve verdeutlicht sehr gut den Gegensatz zwischen den milden Wintern 2006/07 und 2007/08 und dem sehr kalten Winter 2009/10. Der Sommer 2010 fiel nach den letzten Sommern mit relativ geringen positiven Temperaturabweichungen durch einen deutlichen Temperaturanstieg auf.

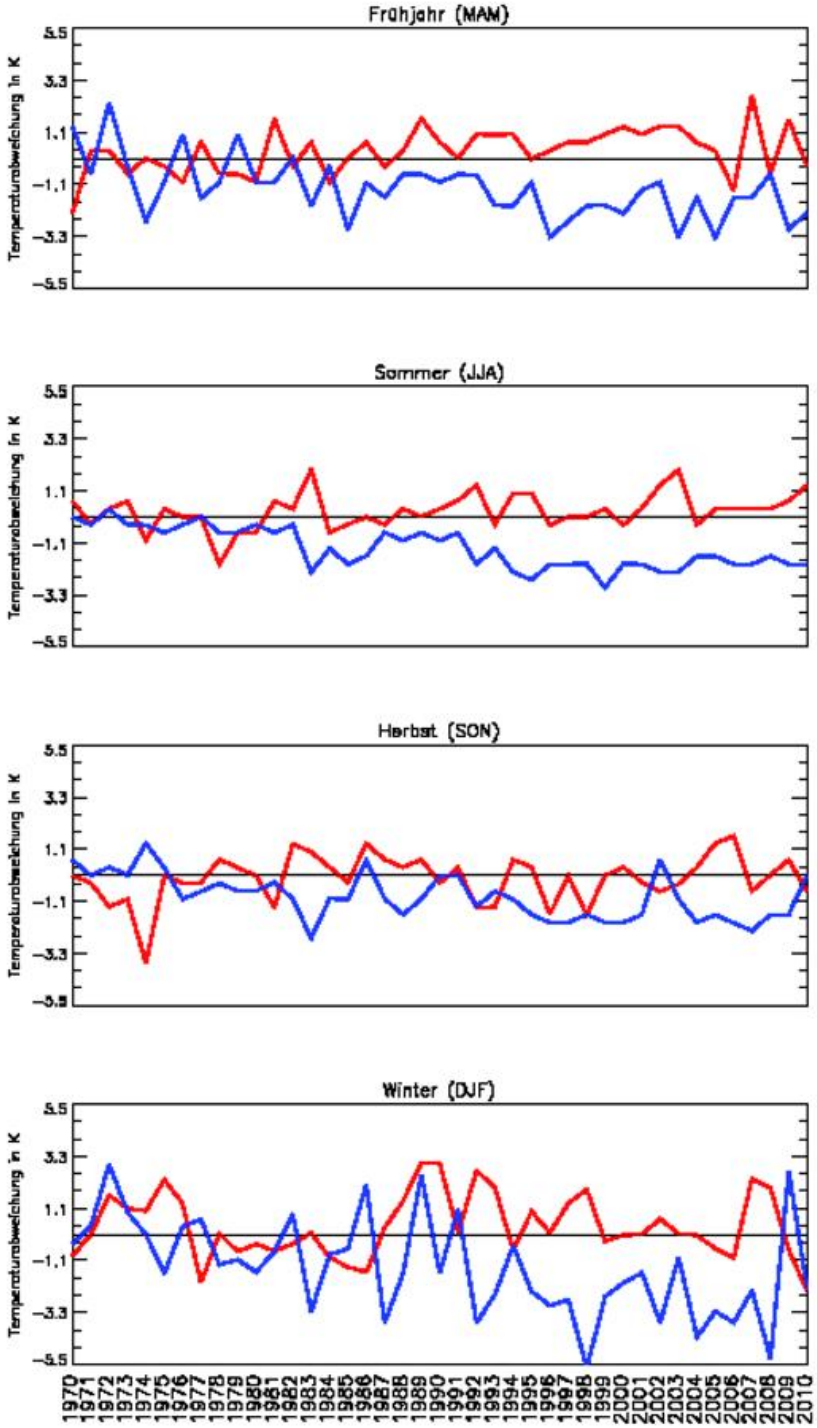
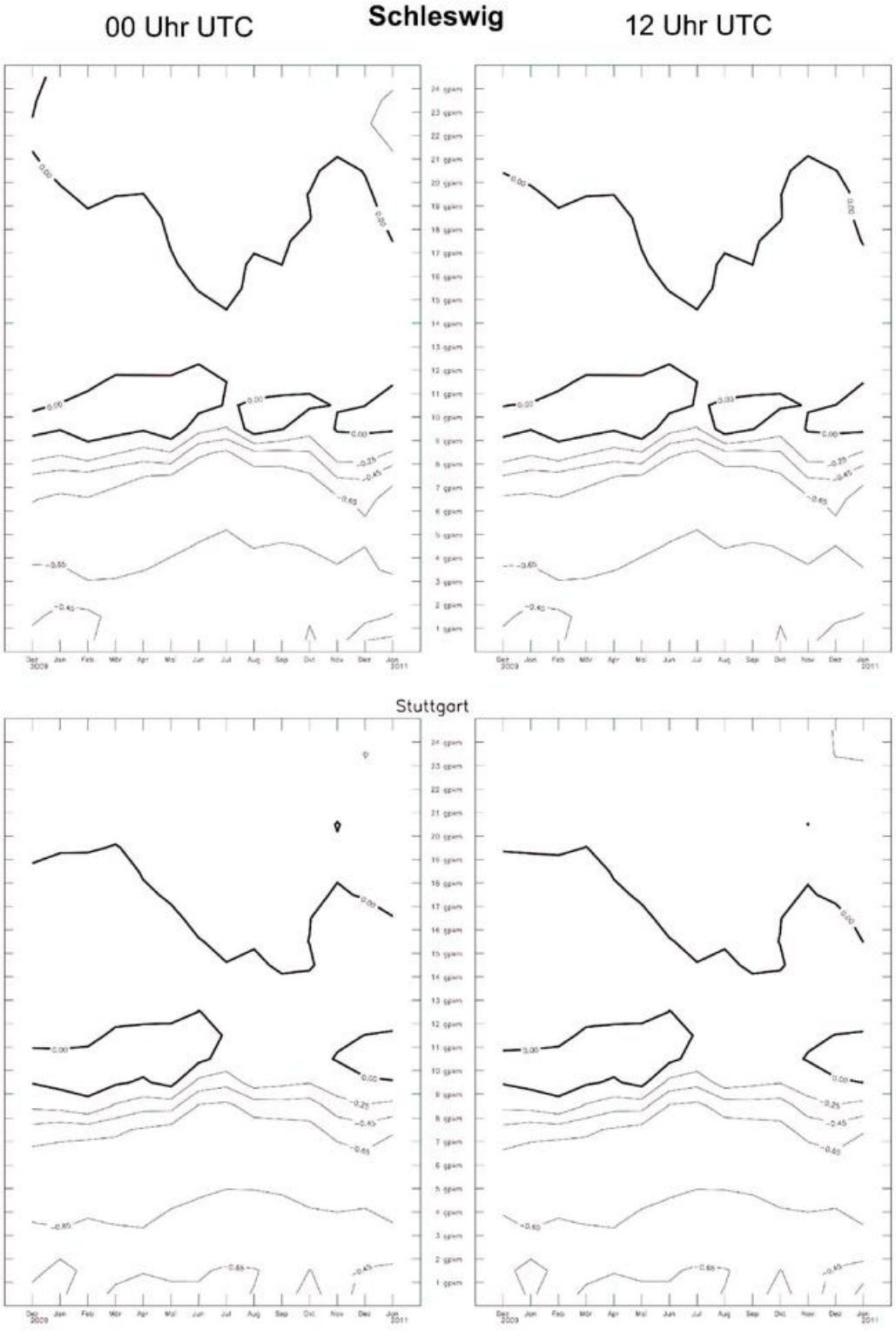


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2010 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jah-reszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Die Stratosphäre war 2010 in allen Jahreszeiten im Mittel zu kühl. Im Februar wurde zwar wieder eine plötzliche Stratosphärenerwärmung (Sudden Stratospheric Warming SSW) beobachtet (NCEP_National Centers for Environmental Prediction Daten für die Nordhemisphäre; http://acdb-ext.gsfc.nasa.gov/Data_services/met/ann_data.html), da diese aber in unseren Breiten nicht so extrem ausgefallen ist, wird sie auch in der Winterkurve der 50-hPa-Kurve nicht widergespiegelt.
Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abbildung 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2010 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. An beiden Stationen wurde in den unteren Atmosphärenschichten kein markanter Temperaturgradient beobachtet. Ein verschärfter Gradient wurde wie erwartet im Bereich der Tropopause registriert. Oberhalb der Tropopause schließt sich eine Zone relativer Isothermie an.

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten 2010



Negative Werte entsprechen einer Abnahme, positive Werte entsprechen einer Zunahme der Temeperatur mit der Höhe
(Angabe in K/100m)

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2010

Temperaturminima in der Stratosphäre

In Tabelle 2 wurden Temperaturminima von -80,0° C und darunter eingetragen. 2010 wurden nur bei Messungen im letzten Drittel des Januars und auch nicht an allen deutschen Stationen derartige Temperaturminima registriert. Das absolute Minimum von -85° C wurde über Norddeutschland (Schleswig und Emden) gemessen. Aufgrund der o.a. Stratosphärenerwärmung wurden im Februar an keiner deutschen Radiosondenstation Temperaturminima von -80°C und darunter beobachtet. In der relativ warmen Stratosphäre wurden auch wieder hohe Ozonwerte registriert (Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 126, Mai 2010). Allerdings sind die Vorgänge, die zu den sehr hohen Ozonwerten 2010 führten, sehr komplex (Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 127, Dezember 2010).

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
SCHLESWIG (WST)	Jan	23	0	-83	25300
	Jan	23	12	-85	24349
GREIFSWALD (WST)	Jan	24	0	-82	25996
	Jan	25	12	-83	22864
EMDEN-KOENIGSPOLDER (BW)	Jan	26	0	-83	23769
	Jan	26	12	-85	23532
BERGEN (BW)	Jan	24	12	-82	25276
LINDENBERG (OBS)	Jan	26	0	-80	21615
	Jan	26	12	-80	22349
ESSEN-BREDENEY (AWST)	Jan	27	0	-81	24080
	Jan	26	12	-83	23930
MEININGEN (WEWA)	Jan	26	0	-80	23294
	Jan	28	12	-80	21793
IDAR-OBERSTEIN (BW)	Jan	27	0	-80	20818
	Jan	23	12	-80	26966

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2010

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (RA VI) 2010

A. Meyer-Christoffer, H. Nitsche

Der jahreszeitliche Rückblick auf das Klima in Europa behandelt die Jahreszeiten Winter 2009/2010, Frühjahr, Sommer und Herbst 2010. Der Dezember 2010 wird nur ausnahmsweise angesprochen, da er mit dem Winter 2010/2011 im Klimastatusbericht 2011 behandelt wird.

Lufttemperatur

Winter 2009/2010:
Der Winter 2009/2010 war in weiten Teilen Europas außer dem Süden außergewöhnlich kalt. Dabei hatte Schweden im Gebietsmittel die größte negative Anomalie von –2,7 K, errechnet aus den Rasterdaten der klimatologischen Analyse. Dies korreliert mit dem niedrigsten Wert des NAO-Index seit 1950. Warm war es dagegen auf dem Balkan, im östlichen Mittelmeer und im Nahen Osten sowie im Nordpolargebiet, d.h. in Grönland und der Arktis. Grönland hatte die größte positive Anomalie von 5,3 K im Gebietsmittel. Die Anomalieverteilung des Winters 2009/2010 war in den Einzelmonaten Dezember 2009, Januar und Februar 2010 grundsätzlich gleich. Die Monate unterschieden sich im Wesentlichen nur hinsichtlich der Intensitäten und der Lage der Schwerpunkte.

Die negativen Anomalien über West-, Mittel- und Nordeuropa waren im Dezember 2009 noch etwas schwächer ausgeprägt. Grönland und der Arktische Ozean waren mehr als 4 K wärmer als im Mittel 1961-1990. Svalbard meldete ein Monatsmittel von -5,5 °C, was 7,9 K über dem Normalwert liegt. Hopen hatte ein Monatsmittel von -3,2 °C, 9 K über dem Normalwert und Jan Mayen meldete -1,3 °C, 3,9 K über dem Normalwert.
Der Nordatlantik und der größte Teil des europäischen Kontinents außer dem Südosten waren kälter als im Durchschnitt mit Anomalien von -3 bis -2 K über Irland und -4 K oder niedriger über dem östlichen europäischen Russland. Teile der Balkan-Halbinsel, die östliche Türkei und Syrien wiederum hatten positive Anomalien von 3 bis 4 K und lokal war die Abweichung in der östlichen Türkei sogar höher als +4 K.

Im Januar 2010 waren die negativen Temperaturanomalien auf dem gesamten europäischen Kontinent am stärksten ausgeprägt. Das Gebiet negativer Anomalien von mehr als -4 K lag über den Baltenstaaten und schloss Ostdeutschland, die größten Teile Polens, die südlichen Teile von Norwegen, Schweden und Finnland, sowie Weißrussland und Westrussland ein. Die positiven Anomalien über Grönland und dem Arktischen Ozean betrugen 4 K, ebenso wie für den südöstlichsten Teil des Nahen Ostens.

Im Februar 2010 lag das Gebiet der stärksten negativen Anomalie über Nordschweden und Nordfinnland und hatte Werte unter -4 K. Kälter als normal war es auch vom östlichen Nordatlantik einschließlich Island und der Azoren, der Britischen Inseln und Irlands sowie des größten Teils der Iberischen Halbinsel bis nach Nordeuropa und dem nordöstlichen europäischen Russland. Wärmer als normal war es in der Arktis und in Grönland, ebenso wie über dem zentralen und östlichen Mittelmeer, auf der

Balkan-Halbinsel, in Südrussland, und insbesondere in der Türkei und im Nahen Osten. Die positiven Anomalien hatten ihre Maxima über der Türkei mit über 4 K, wie auch über Grönland und Spitzbergen.

Frühling:

Der Frühling 2010 war in ganz Europa im Mittel wärmer als normal. Nur kleine Gebiete in West- und Nordeuropa und über dem westlichen Mittelmeer machten eine Ausnahme, aber alle Länder hatten im Gebietsmittel ausnahmslos positive Anomalien. Die größte positive Anomalie ergab sich wiederum für Grönland mit 3,3 K, während Deutschland, die Niederlande, Schweden und Irland sehr niedrige positive Anomalien zwischen 0,1 und 0,5 K zeigten.

Im März 2010 gab es zwei Schwerpunkte negativer Anomalien in Nordskandinavien und Nordrussland, wo es 1 bis 2 K kälter als normal war. Positive Anomalien bis über +4 K traten schwerpunktmäßig über Westgrönland und der Osttürkei auf. Für Grönland insgesamt ergab sich im Mittel eine positive Anomalie von fast 4 K.

Im April 2010 war es fast überall wärmer als normal oder wenigstens normal. Im Nordpolargebiet übertrafen die positiven Anomalien wieder 4 K. Nur für Island, Südrussland, Armenien, Georgien, Aserbaidschan und Kasachstan waren die Anomalien leicht negativ.

Im Mai 2010 verlagerte sich der Schwerpunkt der positiven Anomalien nach Russland, wo im Nordosten des europäischen Teils + 4 K übertroffen wurden. Dagegen war es in Mitteleuropa, Westeuropa, in Südskandinavien, über der Nordsee und teilweise über dem westlichen Mittelmeer relativ kühl. Deutschland und die Niederlande hatten die stärksten negativen Anomalien mit –1,7 K bzw. -1,9 K im Gebietsmittel. Wärmer als normal waren wieder Grönland, der Nordatlantik, die Arktische See, Nord- und Osteuropa, das östliche Mittelmeer und der Nahe Osten. Mitte des Monats wurden in Estland, Finnland und Nordrussland Sommertage registriert, in Grönland wurden in der ersten und dritten Monatsdekade an einigen Stationen Tagesmaxima von 20 °C überschritten.

Sommer:

Auch der Sommer 2010 war nahezu überall in Europa wärmer als normal. Ausnahmen davon gab es nur über dem westlichen Mittelmeer sowie über der Norwegischen See und der Barentssee mit negativen Anomalien bis -1 K. Der Schwerpunkt der positiven Anomalien lag über Russland und war dort von einer außergewöhnlichen Hitzewelle geprägt, die inzwischen in mehreren Veröffentlichungen behandelt worden ist (s. u. a. im Quellenverzeichnis). In der Ukraine, Weißrussland und Kasachstan (dem zur WMO RA VI Region gehörenden westlichen Teil) wurden im Jahreszeiten- und Gebietsmittel Anomalien von + 4 K überschritten.

Im Juni 2010 waren Skandinavien und die angrenzenden Meeresgebiete einschließlich der gesamten Ostsee kälter als normal. Die negativen Anomalien erreichten in Schweden bis zu -3 K. Sonst war es überall wärmer oder nahezu normal. In Südrussland traten die höchsten positiven Anomalien auf; dabei wurden teilweise +4 K überschritten. Der größte Teil des Nordatlantiks und der Arktischen See waren mit Anomalien bis +2 K deutlich zu warm. Dies galt auch für weite Teile Mitteleuropas,

Westeuropa, die Britischen Inseln, Teile von Osteuropa, die Balkanhalbinsel und den Nahen Osten.

Im Juli 2010 war es fast überall viel wärmer als normal. Die positiven Anomalien waren über dem mittel- und osteuropäischen Festland mit z.T. mehr als 4 K am höchsten. Im Gebietsmittel ergaben sich für Litauen, Russland und die Ukraine positive Anomalien über 4 K, für Lettland und Weißrussland wurden sogar 5 K überschritten. Es wurden viele Temperaturrekorde gebrochen. Häufig traten heiße Tage, z.T. mit Temperaturmaxima über 40 ºC, sowie Tropennächte (Nächte mit einem Minimum nicht unter 20 °C) auf. In West- und Mitteleuropa wurden die sehr hohen Temperaturen vorwiegend in der ersten Monatshälfte gemessen, in der zweiten Monatshälfte verlagerte sich der Schwerpunkt der Hitze nach Osten. Die Anomalien des Andauerindex für Hitzeperioden (Warm spell duration index) waren in Russland und dem südlichen Baltikum am höchsten. In Moskau wurden die höchsten Tagestemperaturen seit Beginn der Messungen festgestellt, und auch in Weißrussland traten die höchsten Temperaturen seit 100 Jahren auf. Lettland meldete die höchsten Temperaturen seit 95 Jahren. Nicht nur die täglichen Maxima waren so hoch, sondern auch in der Nacht fehlte die übliche Abkühlung. Die täglichen Temperaturminima lagen in Mittel-, Ost- und Nordosteuropa 4 K, z.T. sogar 6 K, über den Höchstwerten der Normalperiode. Tropennächte wurden häufiger als normal im Mittelmeerraum, in der Alpenregion und in Südosteuropa beobachtet.

Im August 2010 war es auf den Britischen Inseln, in Frankreich, in den Beneluxländern, in Westdeutschland und im westlichen Mittelmeer, sowie in Nordskandinavien, Spitzbergen und über der Barentssee ein wenig kühler als normal. Sonst war es überall wärmer als normal, besonders in Ost- und Südosteuropa, im Nahen Osten und dem östlichen Mittelmeer, aber auch auf der Iberischen Halbinsel und wiederum in Grönland und über dem westlichen Nordatlantik. Die positiven Anomalien überschritten in Osteuropa und im Nahen Osten vielfach 4 K, insbesondere im Gebietsmittel der Länder Weißrussland, Moldawien und auch Jordanien sowie Kasachstan. Für die Ukraine ergab sich im Mittel eine positive Anomalie über 5 K.

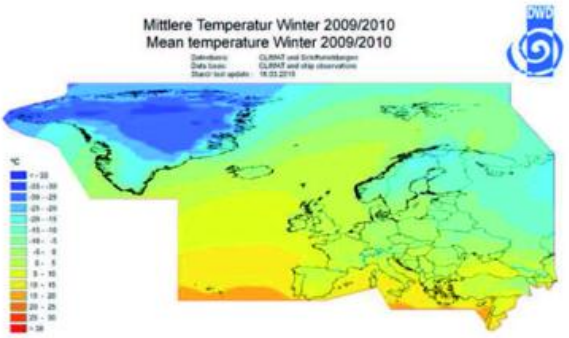
Herbst:
Der Herbst 2010 war in Nord-, West-, Mittel- und Südwesteuropa kühler als normal. Die größten negativen Anomalien im Mittel über die Jahreszeit von -1 bis -2 K gab es in Südnorwegen und Mittelschweden. Sehr viel wärmer als normal war es in Westgrönland mit Anomalien über +4 K, sowie im Südosten und Osten, mit Anomalien von +3 bis +4 K in kleineren Teilen des Nahen Ostens, verbreitet aber +2 bis +3 K.

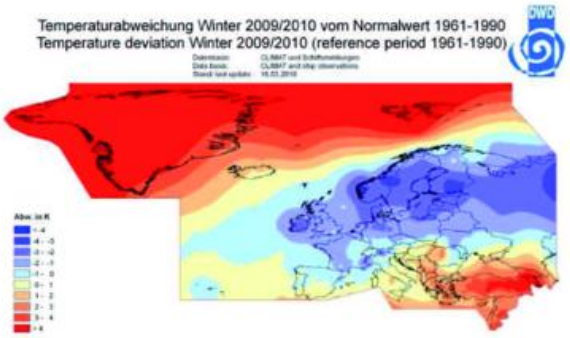
Die Anomalieverteilung des Septembers 2010 ähnelte derjenigen der Jahreszeit. Mitteleuropa, Frankreich, die südliche Nordsee, Teile des Mittelmeeres einschließlich der Balearen, Italien, die Adria und das Ionische Meer waren kühler als normal. In Teilen Frankreichs, in Deutschland, Österreich, der Tschechischen Republik, Polen, der Slowakei und in Ungarn lagen die negativen Anomalien bei -1 bis -2 K. Der Nordatlantik, Skandinavien, der größte Teil Ost- und Südosteuropas und der Nahe Osten waren wärmer als normal, mit positiven Anomalien von 3 bis 4 K für Südgrönland und örtlich mehr als 4 K für die Türkei.

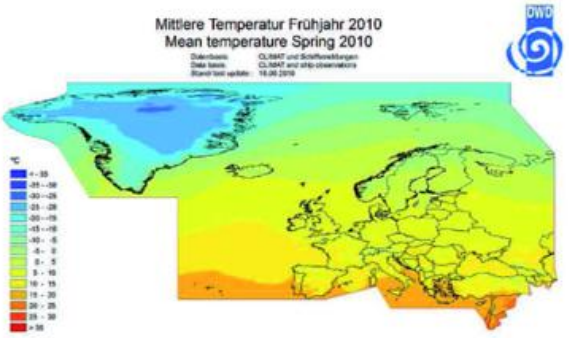
Im Oktober 2010 war fast der gesamte europäische Kontinent zu kalt, Grönland, der

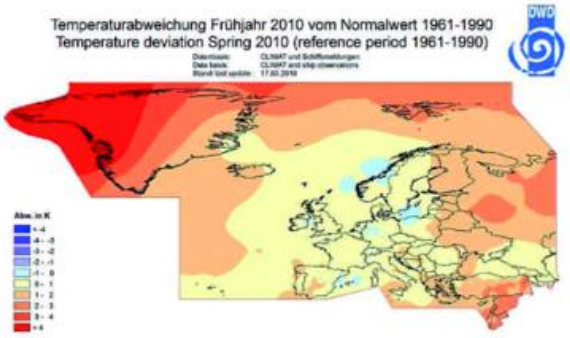
nordwestliche Nordatlantik und die Arktische See dagegen waren zu warm. Die negativen Anomalien über weiten Teilen des östlichen europäischen Kontinents, besonders in Polen, Rumänien, Moldawien, Ungarn, Teilen Litauens, des westlichen Weißrusslands, der östlichen Slowakei, der westlichen Ukraine und im Norden von Serbien, Kroatien und Bulgarien lagen im Bereich -2 bis -3 K; die positiven Anomalien westlich von Grönland, in der Baffin Bay und nordöstlich von Spitzbergen überschritten +3 K.

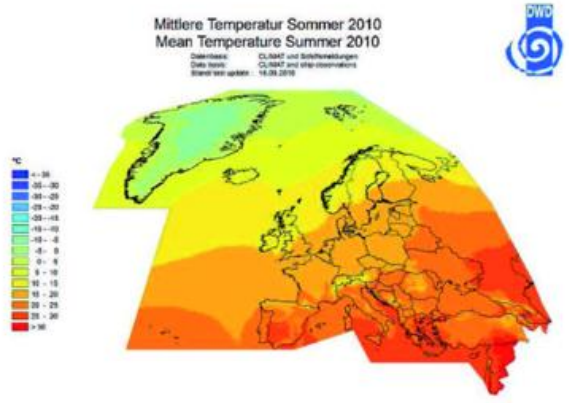
Der November 2010 zeigte negative Anomalien über Nord- und Westeuropa, einschließlich der Iberischen Halbinsel und dem westlichen Mittelmeer. Über Norwegen und Schweden waren die negativen Anomalien mit teilweise mehr als -4 K extrem, aber auch Großbritannien hatte seinen kältesten November seit 1993. Im Südosten dagegen waren die Anomalien positiv mit über 4 K in Teilen der Balkanhalbinsel, im Schwarzmeergebiet, der Ukraine, Südrussland und der zentralen Türkei. Der größte Teil Deutschlands, Österreich, Italien und die östlichen Teile Frankreichs lagen auf der warmen Seite mit positiven Anomalien von gebietsweise 1 bis 2 K.

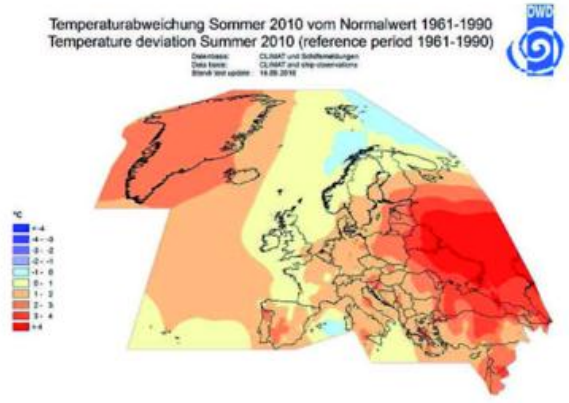


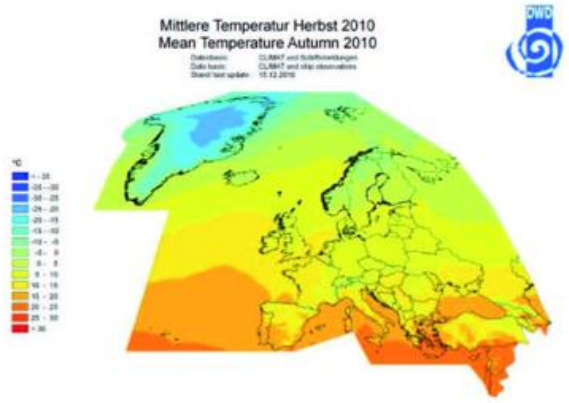












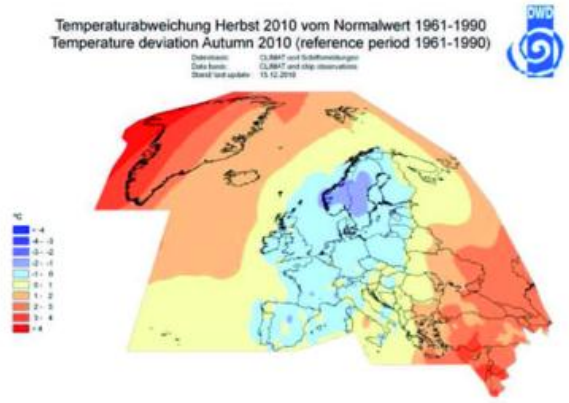


Abb. 1a: Mittlere Lufttemperatur (2m) in Grad C im Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

Abb. 1b: Mittlere Anomalie der Lufttemperatur (2m) in K im Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

Niederschlag

Die Analysen des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN) zeigen für das Jahr 2010 in Europa überwiegend geringe Abweichungen des Niederschlags von den vieljährigen Mittelwerten des Zeitraums 1951–2000. Dabei zeigt sich eine Aufteilung in einen trockenen Streifen im Nordwesten und einen feuchten Streifen im Südosten.
In der Anomaliekarte (2b) fällt insbesondere der großflächige Niederschlagsüberschuss in Portugal und Südspanien bis nach Marokko sowie im Norden und Süden von Italien und in den Adriaanrainerstaaten und dem Balkan bis in den Südwesten der Ukraine, nach Weißrussland und Estland auf.
Dagegen ist es an der norwegischen Küste – besonders stark im Süden – sowie im Westen Großbritanniens, Irlands und Islands zu trocken.

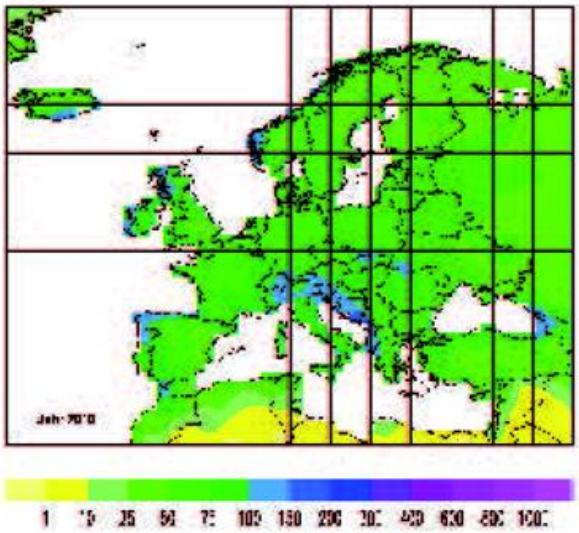


Abb.2a: Niederschlagshöhe in mm/Monat im Jahr 2010

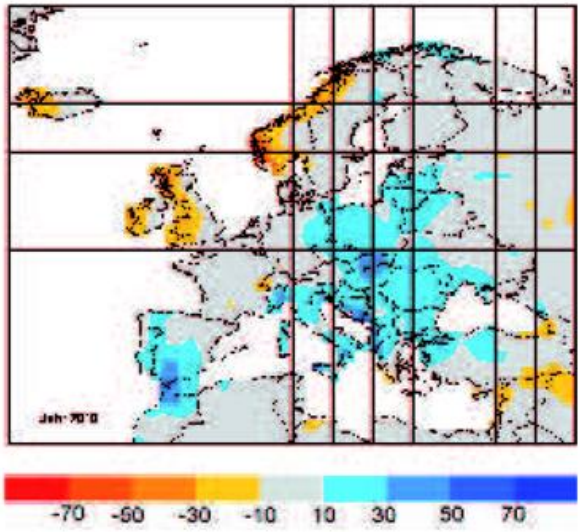
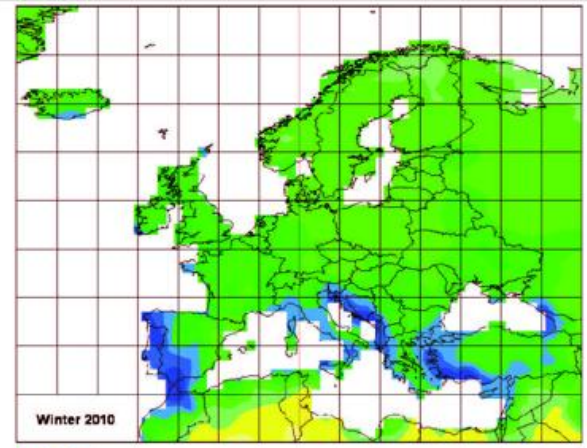
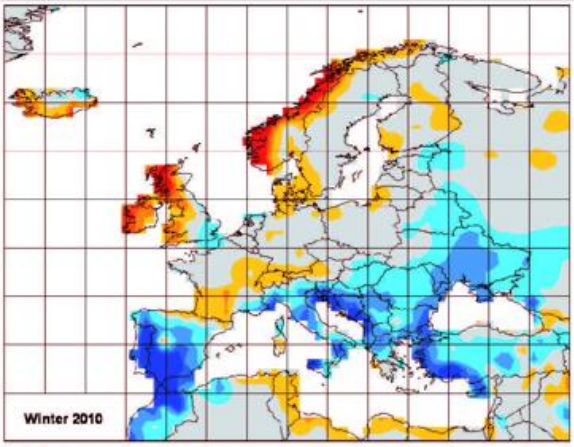


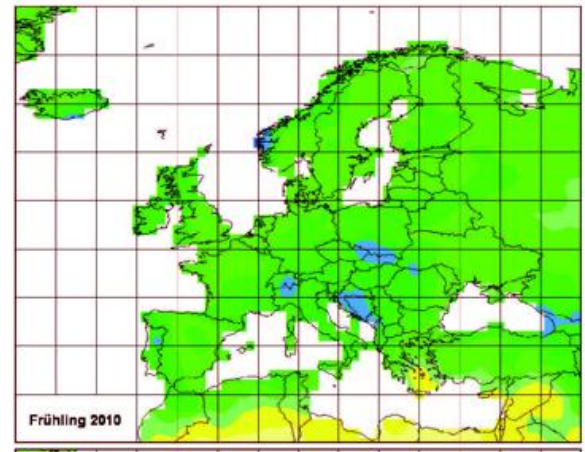
Abb.2b: Niederschlagsanomalie im Jahr 2010 als Abweichung in mm/Monat vom Mittelwert des Zeitraums 1951-2000

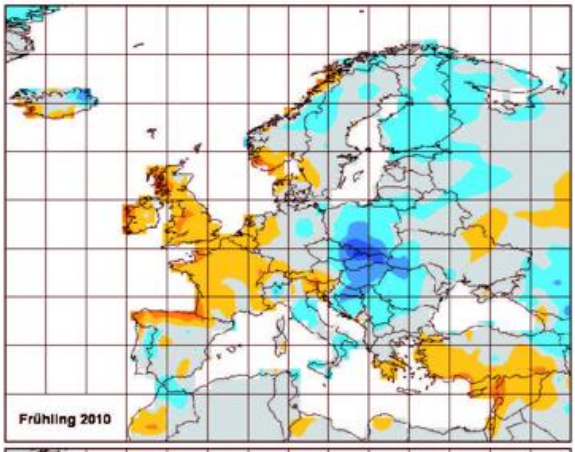
Bei den einzelnen Jahreszeiten zeigt sich ein differenzierteres Bild:

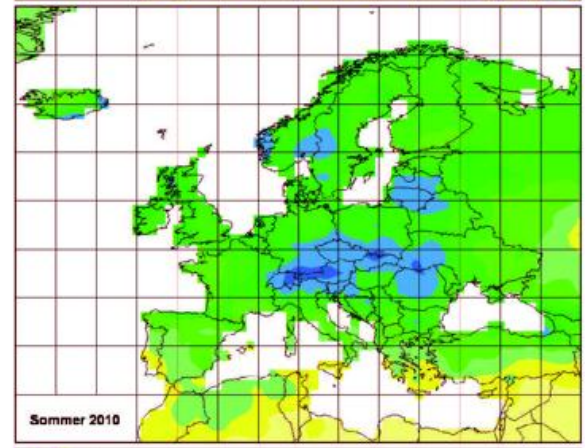
Im **Winter 2009/10** fallen die hohen Niederschläge im Bereich der westlichen Iberischen Halbinsel und im östlichen Mittelmeerbereich auf. Die Anomaliekarte zeigt einen – im Vergleich zum gesamten Jahr - noch größeren deutlich zu feuchten Bereich bis in die Türkei und nach Russland. Insbesondere im Gebiet um Gibraltar fiel extrem viel Niederschlag. In Gibraltar stellte der Winter mit 1379 mm einen neuen Niederschlagsrekord auf.
Die norwegische Küste und große Teile Großbritanniens und Irlands waren über alle 3 Wintermonate zu trocken, im Januar hatten ganz Großbritannien, Frankreich, Deutschland und Skandinavien bis nach Russland zu wenig Niederschlag.

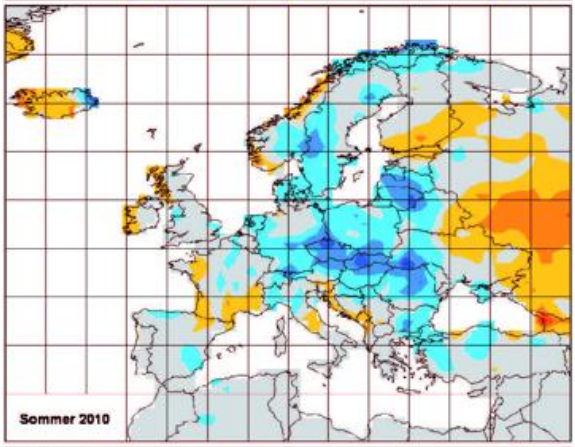


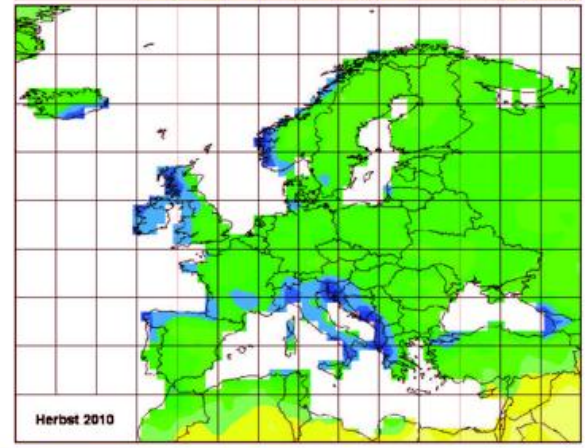


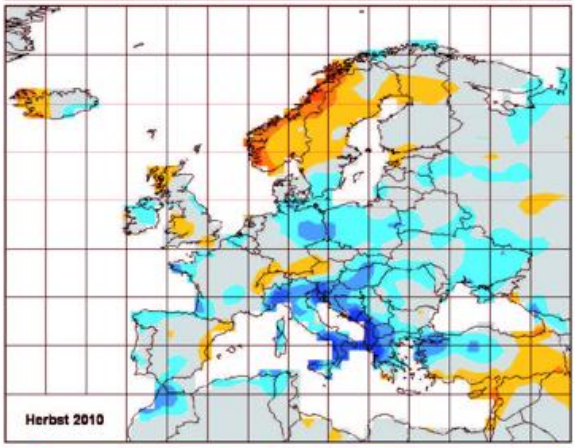


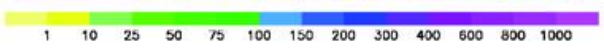












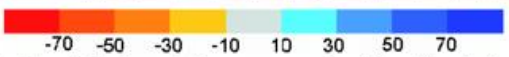


Abb.3a: Niederschlagshöhe für die Jahreszeiten in mm/Monat

Abb.3b: Niederschlagsanomalie für die Jahreszeiten in mm/Monat (Bezugszeitraum 1951-2000)

Im **Frühjahr** wandelte sich das Bild. Anfang März gab es in Teilen Deutschlands, Frankreichs und Spaniens noch kräftige Schneefälle, Barcelona hatte die heftigsten Schneefälle seit 1962 (World weather news). Langsam wurde es auch auf der Iberischen Halbinsel trockener, der Norden Spaniens zeigte eine deutliche negative Anomalie, insbesondere im April war es in Nordspanien, Südfrankreich, Schweiz und am Nordrand der Adria im Bereich Österreich, Slowenien und Italien deutlich zu trocken. Nur um Gibraltar und an der spanisch-portugiesischen Grenze war es noch etwas zu feucht.
Dagegen gab es im Frühjahr im Osten Europas mit Zentrum Südpolen, Tschechische Republik und Slowakei einen deutlichen Niederschlagsüberschuss. Insbesondere im Mai fiel in ganz Zentral- und Osteuropa sehr viel Niederschlag. Ergiebige Regenfälle zur Monatsmitte vor allem in Polen und Tschechien ließen die Oder und Weichsel stark anschwellen und führten insbesondere in Polen zu schweren Überschwemmungen, die Höchststände blieben aber unter denen des Jahrhunderthochwassers von 1997 (s. Bissolli, Friedrich, Rapp, Ziese ‚Weather, June 2011, p147-153).

Der **Sommer** zeigte weiterhin einen Niederschlagsüberschuss in einem Bereich mit Zentrum Tschechische Republik, Slowakei, Ukraine/Rumänien und den baltischen Staaten Estland, Lettland und Litauen, sowie Dänemark/Südschweden und Nordnorwegen/Nordfinnland bis nach Nordrussland hinein, während es zur Zeit der Hitzewelle in Russland südlich von Moskau extrem trocken war.

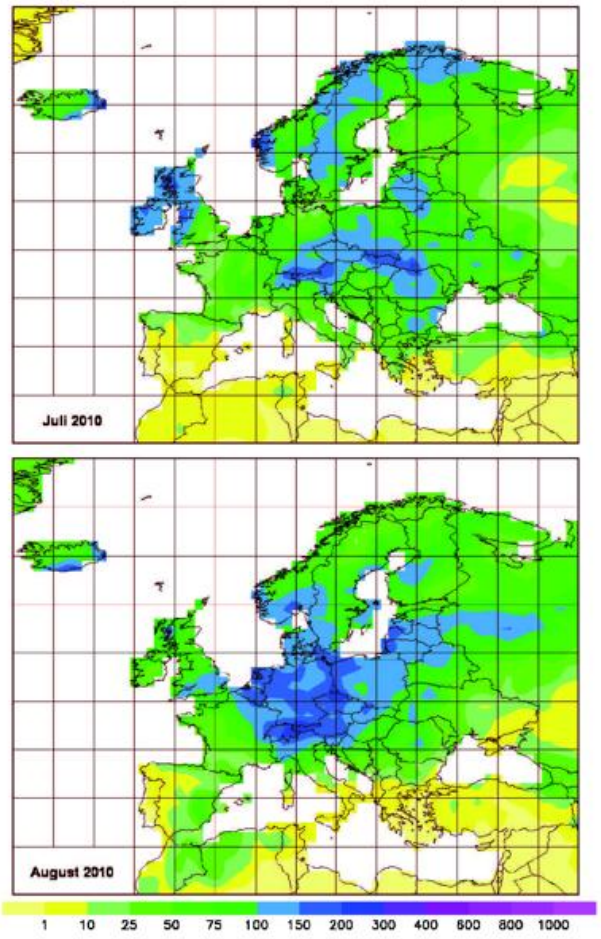


Abb.4a: Monatliche Niederschlagshöhen in mm

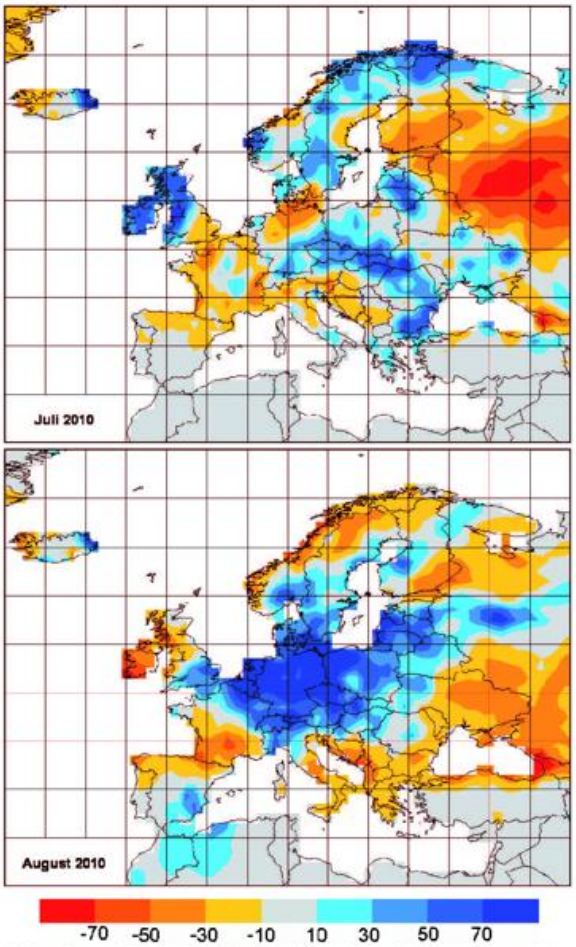


Abb.4b: Monatliche Niederschlagsanomalien in mm (Bezugszeitraum 1951-2000)

Diese Trockenheit ist in allen Sommermonaten zu sehen, wobei sie im Juli mit dem Maximum um Moskau herum am stärksten ausgeprägt war (siehe Abb. 4a und 4b oben), im August verlagerte sie ihren Schwerpunkt weiter nach Süden.

Im August war dagegen der Niederschlagsüberschuss am stärksten in Mitteleuropa mit einer Ausdehnung von Südengland bis Norditalien und von Südskandinavien bis nach Russland mit einem Maximum über Belgien, den Niederlanden, Deutschland, Polen und Tschechien (siehe Abb. 4a und 4b unten).
Die Niederschlagskarte für den Sommer zeigt den höchsten Niederschlag außer in den Alpen im Dreiländereck Tschechische Republik, Polen und Deutschland, wobei insbesondere der August in weiten Teilen Europas zu nass war. Am Wochenende des 6.-10. August führten im Dreiländereck Tschechische Republik, Polen und Deutschland starke Niederschläge zu heftigen Überschwemmungen insbesondere an den Oberläufen von Neiße, Spree und Elbe (s. Bissolli P. et. al, 2010 in www.dwd.de/rcc-cm).

Der **Herbst** war ausgeglichener mit einem Niederschlagsdefizit vor allem von der norwegischen Küste über Mittelschweden bis nach Finnland hinein und einem Niederschlagsüberschuss in Nordostdeutschland und Polen sowie in den Ländern rund um die Adria, in Griechenland und der Türkei. Ende September führte wieder ein ausgedehntes Niederschlagsfeld über Polen, Tschechien und Deutschland zu Überschwemmungen, im November gab es mehrere Überschwemmungen in Nordfrankreich, Belgien und SW-England, Ende des Monats führten heftige Niederschläge in Nordgriechenland zu Überflutungen.

Die Niederschlagskarten dieses Beitrags beruhen auf dem „GPCC Monitoring Product“ (Schneider et al., 2010) des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN, engl. Global Precipitation Climatology Centre, GPCC) http://gpcc.dwd.de.

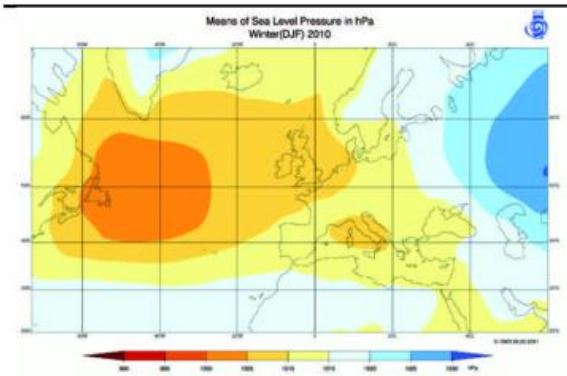
Luftdruck

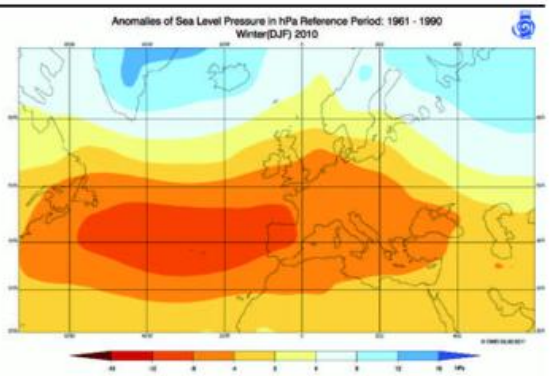
Winter 2009/2010:
Die mittlere Luftdruckverteilung im Winter 2009/2010 war durch ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet mit Schwerpunkt auf dem Nordatlantik östlich von Neufundland sowie einem großräumigen Hochdruckgebiet mit Schwerpunkt über Asien geprägt. Der sehr niedrige Mittelwert der NAO von -2.1 für den Winter war stark von dem extrem negativen Wert im Februar von -2.69 beeinflusst. Januar 2010 (-1.8) und Dezember 2009 (-1.9) waren jedoch auch schon deutlich negativ gewesen.
Frühjahr: Im Frühjahr 2010 waren die Luftdruckgegensätze im Mittel wesentlich geringer. Das asiatische Hochdruckgebiet trat in Europa nicht mehr in Erscheinung. Tiefer Luftdruck lag im Mittel vor Neufundland, sowie über dem äußersten Südosten des Gebietes (Arabische Halbinsel). Gegenüber der Referenz 1961-1990 gab es über dem Nordatlantik eine großräumige negative Luftdruck-Anomalie mit dem Schwergewicht östlich von Neufundland und Abweichungen von -4 bis -8 hPa. Über dem gesamten Osten etwa östlich von 20E waren die Anomalien ebenfalls negativ bis zu -4 hPa. Das Azorenhoch war schwach und ein Islandtief nicht ausgebildet bzw. weit nach Südwesten verschoben.

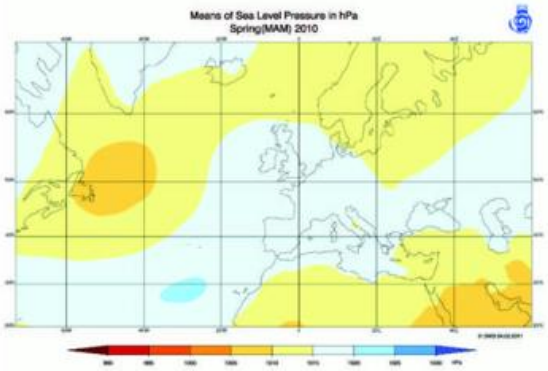
Sommer: Der NAO-Index war während aller Sommermonate weiterhin negativ und ergab ein Jahreszeitenmittel von -0.87. Das Azorenhoch war gut ausgeprägt und bis auf den westeuropäischen Kontinent sowie weit auf den südwestlichen Nordatlantik ausgedehnt. Das Islandtief andererseits war im Jahreszeitenmittel nicht ausgeprägt. Die Anomalien des Luftdrucks im Meeresniveau waren über Europa und dem Nordatlantik mit Ausnahme des nördlichen, nordöstlichen und östlichen Nordatlantiks vor der Iberischen Halbinsel und Nordafrika sowie über Osteuropa leicht negativ. Die Anomalien waren allerdings generell gering und lagen zwischen -4 und +4 hPa.
Herbst: Im Herbst waren die Anomalien des Luftdrucks im Meeresniveau etwa südlich von 60N negativ mit dem Schwergewicht über Südwesteuropa. Über dem Atlantik südlich der Britischen Inseln, Südwestfrankreich und Nordspanien, Süddeutschland, den Alpen und Norditalien sowie auf dem nördlichen Balkan lagen die negativen Anomalien zwischen -4 bis -8 hPa. Das Azorenhoch war schwach ausgeprägt und auch das Islandtief war nur kleinräumig und lag deutlich südlicher als Island auf etwa 60N. Der NAO-Index blieb im Mittel noch negativ mit -0.98.

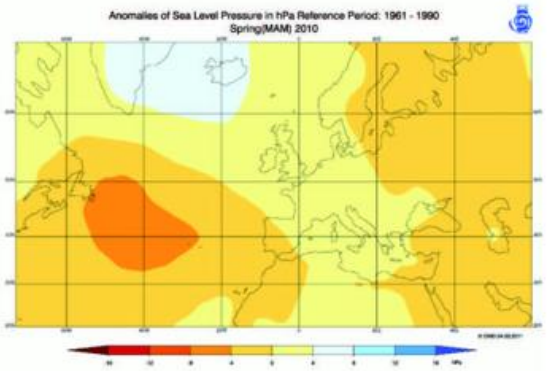
Jahreszeit	Mittlerer NAO-Index
Winter 2009/2010	-2.10
Frühjahr	-1.19
Sommer	-0.87
Herbst	-0.98

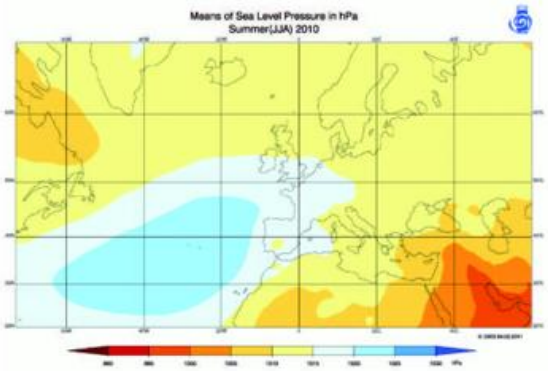
Tab. 1: Jahreszeitenmittelwerte des NAO-Index

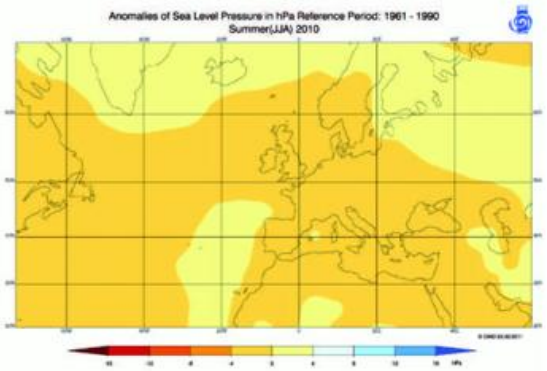


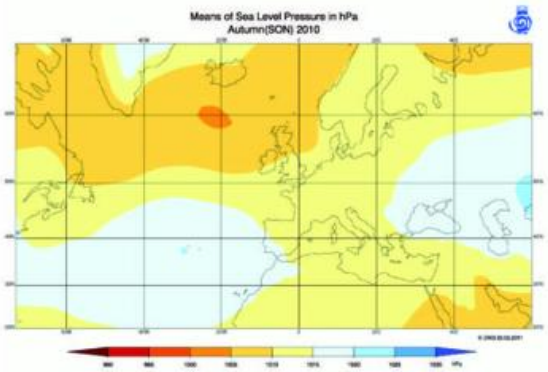












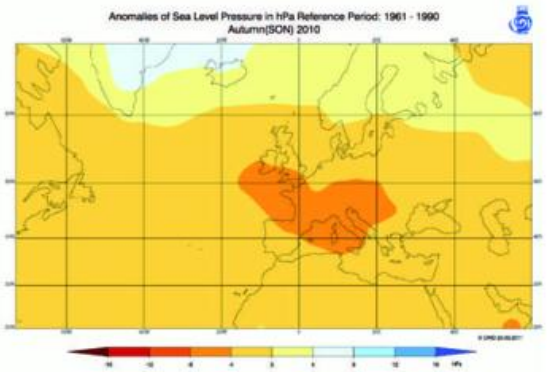


Abb. 5a: Jahresmittelwerte des Luftddrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

Abb. 5b: Anomalien der Jahreszeitenmittelwerte des Luftdrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

Sonnenscheindauer

Winter 2009/2010:
Der Winter 2009/2010 war im Mittel überwiegend trüb, mit Ausnahme der Britischen Inseln, Westfrankreichs und Südnorwegens sowie der Mitte Russlands. Hier wie in Südirland gab es z.T. mehr als 150 % der normalen Sonnenscheinstunden.
Frühjahr:
Im Frühjahr 2010 gab es im Westen des Europäischen Kontinents und auf den Britischen Inseln (ausgenommen Schottlands) sowie in Norwegen und Schweden mehr Sonnenschein als im Mittel über den Normalzeitraum. In der Mitte, besonders über Deutschland, und auch um das Schwarze Meer, auf der südlichen Balkanhalbinsel und im zentralen europäischen Russland war die Sonnenscheindauer ebenfalls erhöht. Sonst waren die Anomalien eher gering bzw. negativ.
Sommer:
Der Sommer 2010 zeigte eine deutliche positive Anomalie der Sonnenscheindauer (125-150 % vom Normalen) für Polen. Weite Teile Europas hatten eine etwas erhöhte oder nahezu normale Sonnenscheindauer. Trüb war es auf den Britischen Inseln und in Norwegen und Schweden sowie in der Westtürkei.
Herbst:
Ausgesprochen sonnig war es im Jahreszeitenmittel für den Herbst 2010 in Irland und großenteils in Norwegen und Schweden. Eher trüb war es besonders in Finnland, Nord- und Ostrussland sowie auf dem westlichen und zentralen Kontinent und im Bereich der Adria und der Ionischen See.

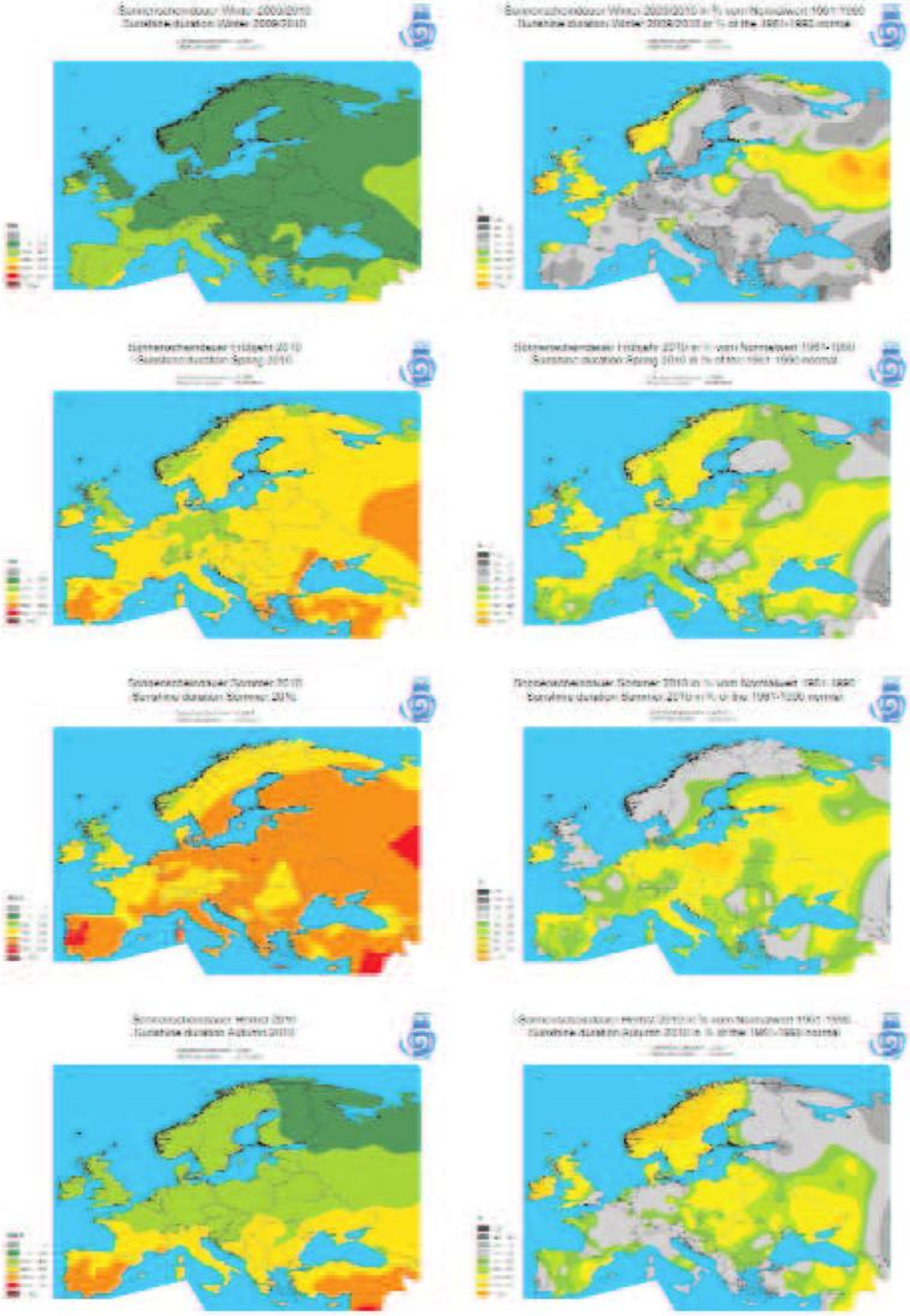


Abb. 6a: Mittlere Sonnenscheindauer für die Jahreszeiten Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

Abb. 6b: Anomalien der Sonnenscheindauer für die Jahreszeiten Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

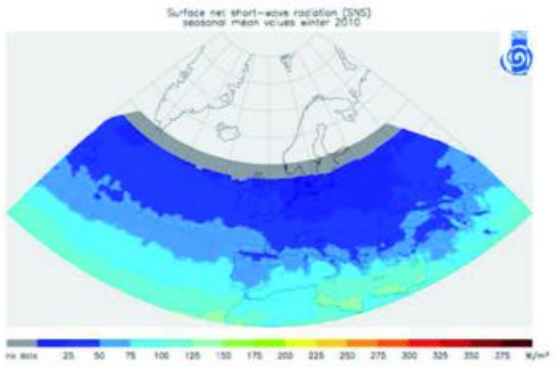
Strahlungsbilanz am Erdboden

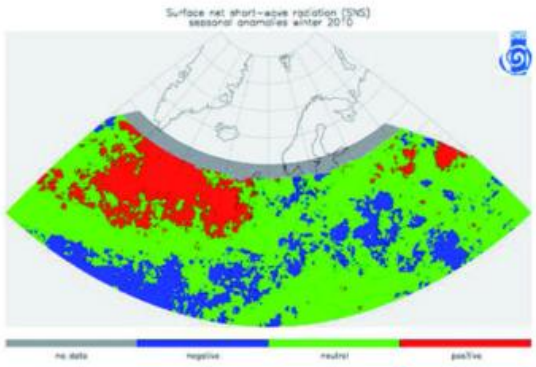
Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die jahreszeitlichen Mittelwerte im Jahr 2010 sowie deren Anomalien bezogen auf den Referenzzeitraum 1983-2010 für die kurzwellige und die langwellige Strahlungsbilanz am Erdboden.
Die Datenbasis für diese Auswertung sind die vom CM-SAF (http://www.cmsaf.eu) aus METEOSAT (MSG-SEVIRI)-Messungen abgeleiteten Daten. Für den Referenzzeitraum wurden „SRB-Daten“ (SRB=Surface Radiation Budget, http://gewex-srb.larc.nasa.gov) der Jahre 1983-2007 und CM-SAF-Daten ab September 2005 herangezogen. Die Datengrundlage und das Verfahren zur Erstellung einer konsistenten Referenzklimatologie sind ausführlich in einem Bericht dokumentiert„ der auf der Internet Seite des DWD (http://www.dwd.de/satklim) im Menü Dokumente zu finden ist („Erstellung einer Referenzklimatologie der Strahlungsbilanzkomponenten…“, Kothe/Ahrens 2009).
Die Anomalien bedeuten hier abweichend zum Vorgehen bei den anderen Klimaelementen das Unter- bzw. Überschreiten des jeweiligen neutralen Bereichs, der eine statistisch definierte „Breite“ besitzt. Diese resultiert aus der „Streuung“ des Referenzdatensatzes. Aufgrund der Nutzung von Satelliten-Daten kann nicht die gesamte Referenzperiode der WMO 1961-1990 abgedeckt werden. Andererseits ermöglicht die Referenzperiode 1983-2010 die Ermittlung von Anomalien bzgl. eines aktuelleren Klimazustands. Die positiven Anomalien bedeuten einen Überschuss an Strahlungsgenuss am Erdboden (d.h. eine größere Einstrahlung oder kleinere Ausstrahlung im Vergleich zum Referenzzeitraum), während die negativen Anomalien umgekehrt einen verminderten Strahlungsgenuss relativ zum Mittel des Referenzzeitraums bedeuten.
Die kurzwellige Strahlungsbilanz setzt sich aus der einfallenden kurzwelligen Strahlung und der am Boden reflektierten Strahlung zusammen, während die langwellige Strahlungsbilanz sich aus der Ausstrahlung der Erdoberfläche und der von den Wolken und Wasserdampf zurückgestrahlten langwelligen Strahlung zusammensetzt. Die Interpretation stützt sich daher bei der kurzwelligen Strahlungsbilanz in erster Linie auf den Vergleich mit der Wolkenbedeckung bzw. auch der Sonnenscheindauer und bei der langwelligen Strahlungsbilanz hauptsächlich auf die Temperatur in Bodennähe (über Land: Lufttemperatur in 2 m über Grund und über dem Ozean die Ozeanoberflächentemperatur SST). Im Einzelnen sind die Zusammenhänge jedoch komplex und auch die unterschiedlichen Bezugszeiträume für die Anomalien erschweren den Vergleich.

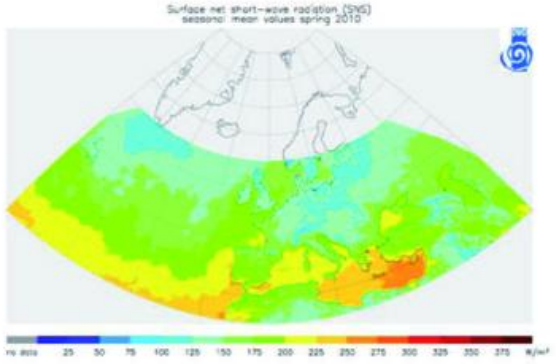
Kurzwellige Strahlungsbilanz

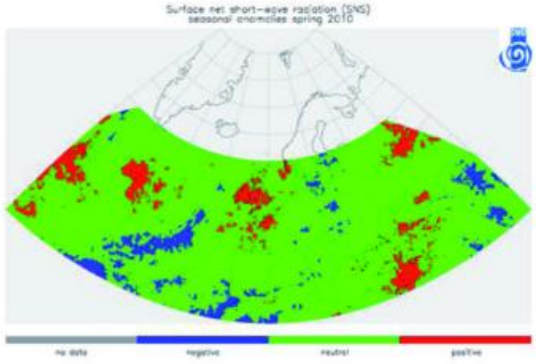
Im **Winter 2009/2010** gab es bei der kurzwelligen Strahlungsbilanz positive Anomalien über dem zentralen Nordatlantik und negative Anomalien über dem südlichen Nordatlantik und –heterogen verteilt– über dem Festland. Der Überschuss korrespondierte mit einem Gebiet häufigerer Heiterer Tage und seltenerer Trüber Tage als sonst auf dem Nordatlantik (http://www.dwd.de/satklim). Die negativen Anomalien auf dem Balkan und um das Schwarze Meer korrespondierten mit einer in allen Monaten und meist auch auf dem gesamten Festland vorhandenen positiven Anomalie des Gesamtbedeckungsgrades, mit häufigen Trüben Tagen und seltenen heiteren Tagen.

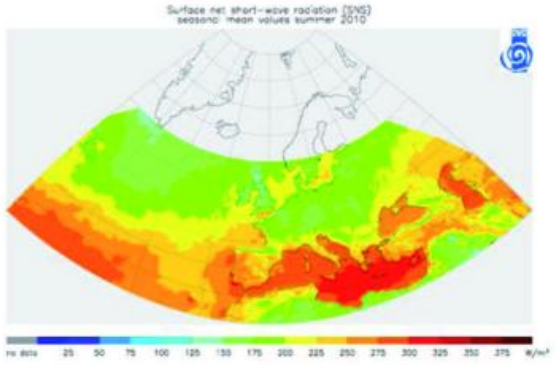
Im **Frühjahr 2010** gab es nur verhältnismäßig kleinräumige Gebiete positiver oder negativer kurzwelliger Strahlungsbilanz. Sowohl die Tatsache, dass die Sonnenscheindauer ebenso wie der Niederschlag nur über Land vorliegt, als auch die Unterschiede im Referenzzeitraum erschweren in diesem Falle den Vergleich, jedoch passt das Gebiet überwiegend positiver Anomalie im Bereich der Britischen Inseln und Westfrankreichs und auch Südskandinaviens gut zu den auch dort vorhandenen Gebieten positiver Sonnenscheindaueranomalien und seltenerer Trüber Tage bzw. häufigerer Heiterer Tage, ohne allerdings in der Gebietsausdehnung übereinzustimmen.
Im **Sommer 2010** gab es bei der kurzwelligen Strahlungsbilanz ein größeres Gebiet positiver Anomalie im Osten des Gebietes, in dem die Sonnenscheindauer positive Anomalien aufwies. Es gab andererseits zwei mehr oder weniger zusammenhängende Gebiete negativer Anomalie der kurzwelligen Strahlungsbilanz, nämlich über dem südöstlichen Nordatlantik sowie über dem östlichen Mittelmeer und dem Nahen Osten. **Diese sind etwas größer als die Gebiete negativer Anomalie der kurzwelligen Einstrahlung SIS. Leider liegen hier keine Informationen über die Sonnenscheindauer vor.** Generell war in allen drei Monaten der Gesamtbedeckungsgrad im gesamten Mittelmeergebiet und über dem östlichen Nordatlantik sehr gering (siehe http://www.dwd.de/satklim). Es gab fast nur Heitere Tage und so gut wie keine Trü-ben Tage. Mit diesen wenigen Informationen kann man diese Anomalie nicht leicht verstehen. U.U. wirken sich hier auch Unsicherheitsfaktoren wie z.B. die unterschied-lichen Auswerteverfahren (bei der Strahlungsauswertung bzw. bei den Bewölkungsauswertungen) sowie bei der Anomalie einem Gebiet, in dem die Variabilität der Bewölkung eher gering ist, aus.
Im **Herbst 2010** gab es nur kleine Gebiete positiver (z.B. auf dem Nordatlantik südwestlich der Britischen Inseln) bzw. negativer (z.B. im zentralen Mittelmeer) Anomalien der kurzwelligen Strahlungsbilanz. Auch hier findet man die analogen Entsprechungen bei der Bewölkung.

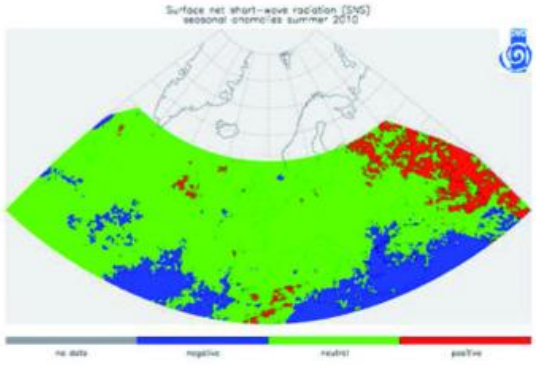


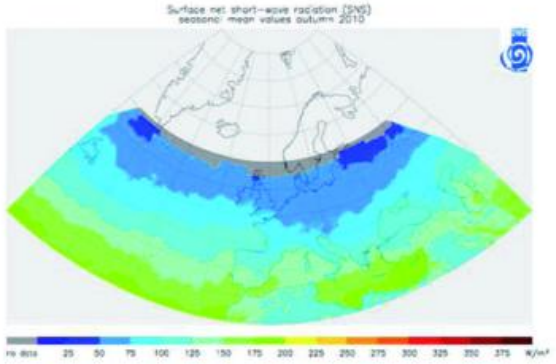












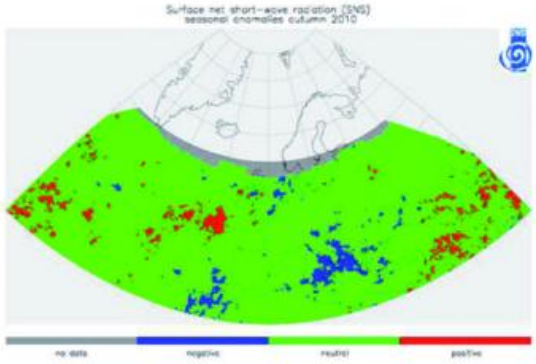
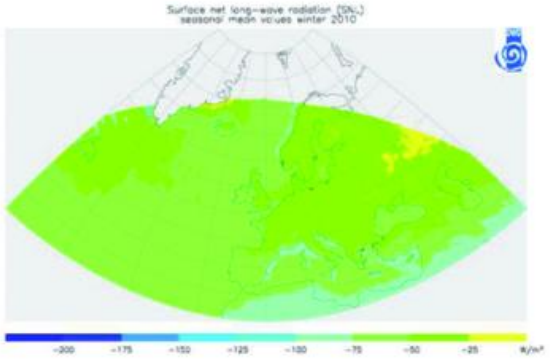


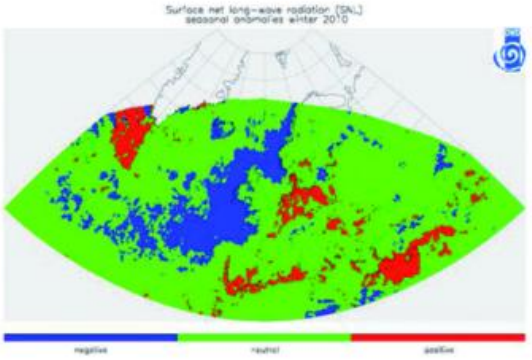
Abb. 7a: Mittlere kurzwellige Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010 (Bezugszeitraum 1983-2010)

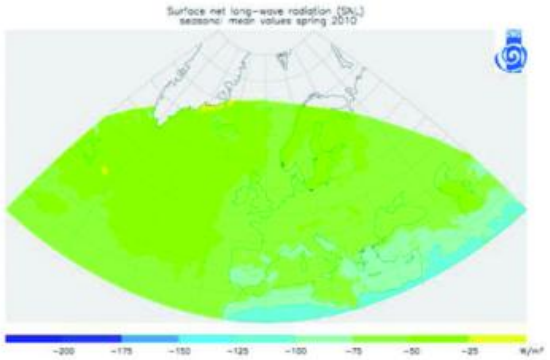
Abb. 7b: Anomalien der mittleren kurzwelligen Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010 (Bezugszeitraum 1983-2010)

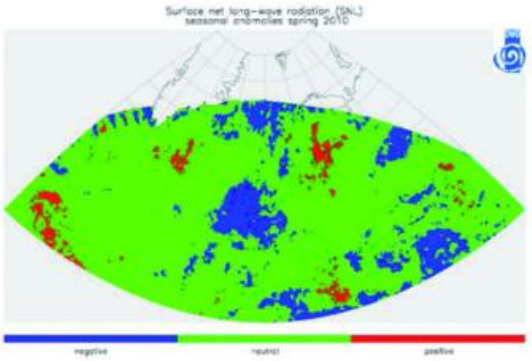
Langwellige Strahlungsbilanz

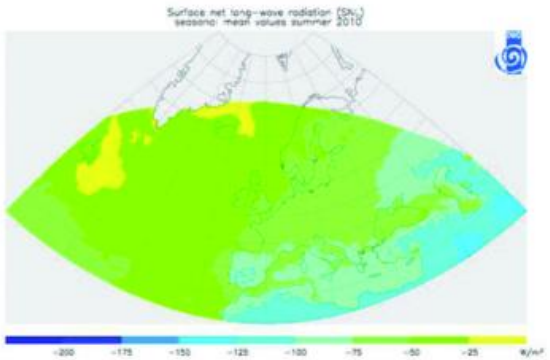
Bei dem größeren Gebiet negativer Anomalien der langwelligen Strahlungsbilanz über dem Atlantik im **Winter 2009/2010** kann man zumindest teilweise ein Zusammenwirken positiver Anomalien der Ozeanoberflächentemperaturen, die mehr oder weniger im gesamten Jahr 2010 vorlagen, mit dem Vorhandensein relativ häufiger Heiterer Tage feststellen, wodurch die Ausstrahlung weniger durch Gegenstrahlung kompensiert wurde.
Im **Frühjahr 2010** sind die Gebiete negativer oder positiver Anomalie der langwelligen Strahlungsbilanz nicht sehr ausgedehnt und ein Zusammenhang mit den Einflussgrößen tritt nicht so klar hervor.
Im **Sommer 2010** machte sich die Hitzewelle mit ihrem Maximum in Osteuropa auch in negativen Anomalien der langwelligen Strahlungsbilanz bemerkbar. Das Gebiet negativer langwelliger Strahlungsbilanz war allerdings wesentlich kleiner als das Gebiet positiver Anomalie der langwelligen Ausstrahlung. Gegenstrahlung durch Bewölkung oder atmosphärische Bestandteile kompensierten hier zum Teil die erhöhte Ausstrahlung.
Im **Herbst 2010** kann man die negativen Anomalien der langwelligen Strahlungsbilanz im Südosten des Gebietes mit der dort vorhandenen positiven Temperaturanomalie und damit höherer Ausstrahlung in Verbindung bringen, während ein Gebiet negativer Anomalien über dem Ostatlantik nicht mit dem Bild der Anomalien der langwelligen Ausstrahlung vergleichbar ist. Allerdings gab es hier mehr heitere Tage und weniger Trübe Tage als in der Umgebung und auch ein geringerer Wasserdampfgehalt der Atmosphäre könnte sich hier ausgewirkt haben, so dass die Gegenstrahlung geringer ausfiel (http://www.dwd.de/satklim und Climate Diagnostic Bulletin September to November 2010).

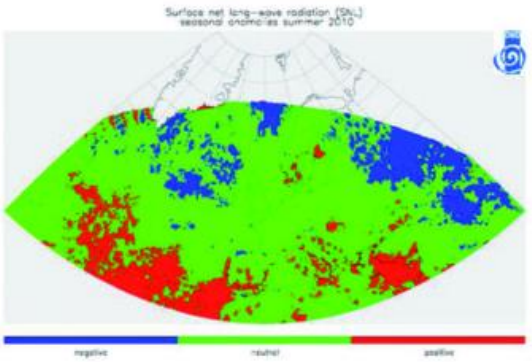


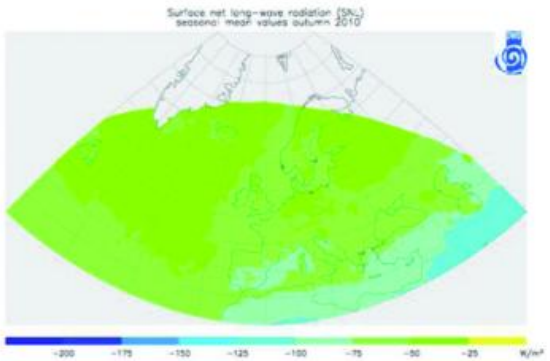












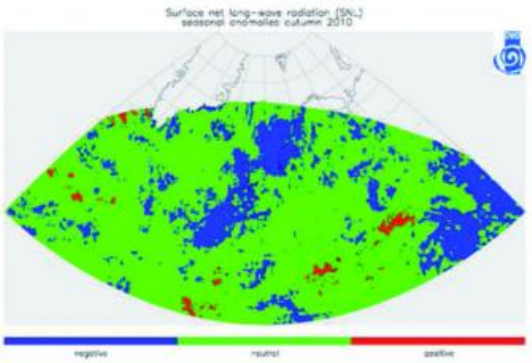


Abb. 8a: Mittlere langwellige Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010 (Bezugszeitraum 1983-2010)

Abb. 8b: Anomalien der mittleren langwelligen Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satelliten-messungen (CM-SAF) für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010 (Bezugszeitraum 1983-2010)

Klimatologische Bewertung anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich auch die Jahreszeiten hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben.

So werden das Ausmaß und die Ausdehnung der Kälteperiode im **Winter 2009/2010** besonders anhand der Karte der Anomalien der Eistage (Tage mit einem Temperaturmaximum unter dem Gefrierpunkt) deutlich. Diese waren auf dem gesamten Mitteleuropäischen Festland und in Nordeuropa sowie dem Baltikum häufiger als normal, mit einem Maximum der Häufung in Südskandinavien und um die Ostsee herum. Die Anzahl der Schneetage war in Südskandinavien und Mitteleuropa vielfach deutlich übernormal.

Im **Frühjahr 2010** lag die mittlere tägliche Minimumtemperatur in fast allen Gebieten, die auch im Sommer so warm waren, mit Ausnahme von Mittel- und Westeuropa und Südskandinavien schon verbreitet über dem Durchschnitt. Beim Niederschlag gab es ebenfalls regionale Schwerpunkte mit deutlich übernormaler Anzahl der Tage mit Starkniederschlag über 20 mm. Die betraf vor allem Norwegen, Island, die Alpen und Norditalien, Sizilien und die Tschechische Republik.

Für den **Sommer 2010** zeigt die Verteilung der Anomalie der mittleren täglichen Minimumtemperatur eindrucksvoll die Verteilung positiver Anomalien über ganz Europa mit Schwerpunkten der Abweichung (über 3 K) über Südwest-, Süd- und Osteuropa. Für den Niederschlag kann man der Darstellung der Anomalien der Anzahl der Tage mit Starkniederschlag von mehr als 20 mm entnehmen, dass vielfach die Anomalie der Gesamtniederschlagshöhe auf extreme konvektive Ereignisse zurückging.

Während im **Herbst 2010** Mittel- und Nordeuropa im Mittel schon kühl waren, war es in Südost-, Ost und Nordosteuropa sowie auf Island deutlich zu warm. Auch hier gibt die Verteilung der Anomalie der mittleren täglichen Minimumtemperatur ein eindrucksvolles Bild. Beim Niederschlag ist besonders die positive Anomalie der Starkniederschlagsereignisse > 20 mm im Mittelmeergebiet und Norditalien eindrucksvoll.

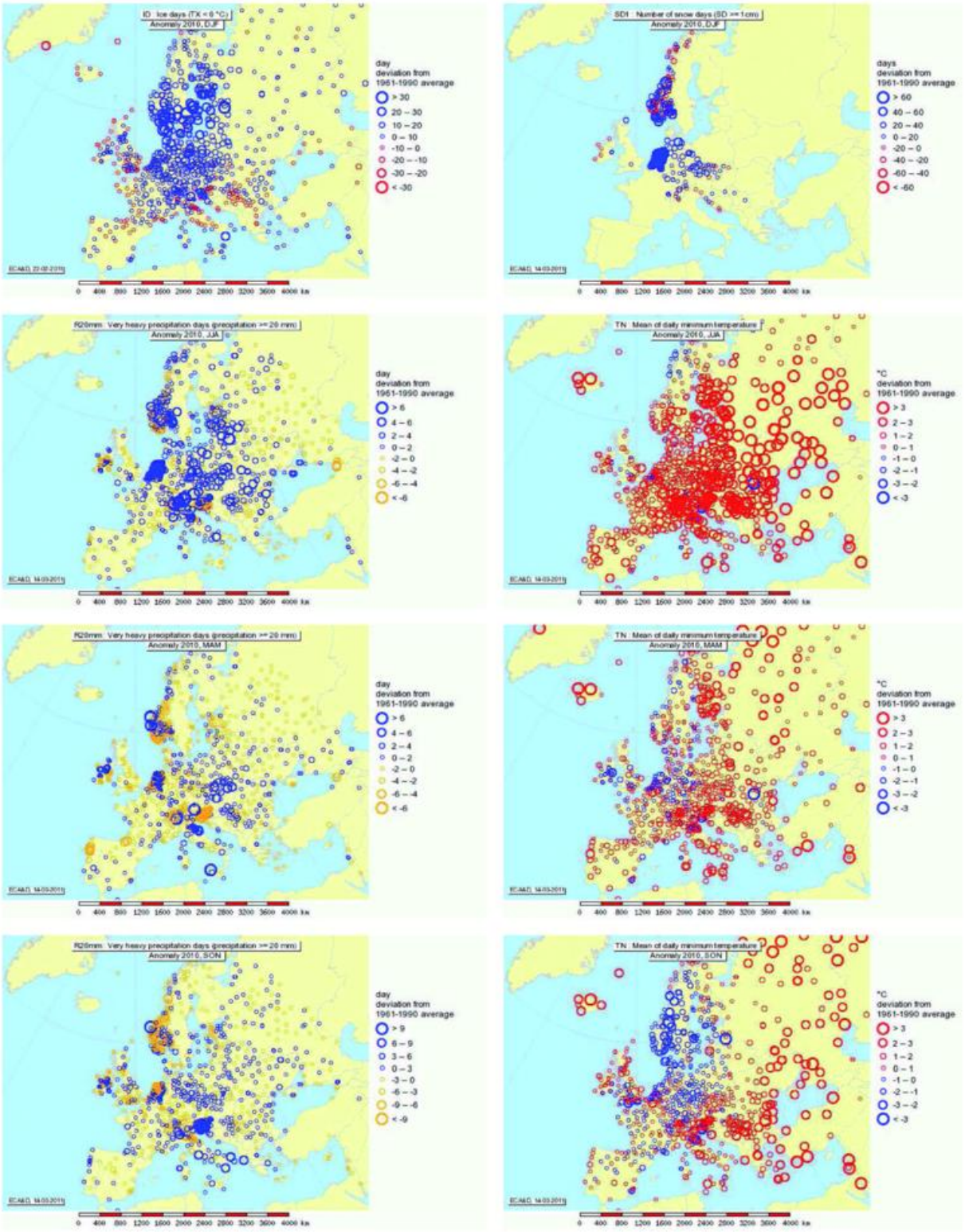


Abb. 9: Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Klimaindizes nach ECA&D: Eistage im Winter 2009/2010, Anzahl der Schneetage im Winter 2009/2010, Mittlere tägliche Minimumtemperatur im Frühjahr 2010, Anzahl der Tage mit Starkniederschlag über 20 mm im Frühjahr 2010, Mittlere tägliche Minimumtemperatur im Sommer 2010, Anzahl der Tage mit Starkniederschlag über 20 mm im Sommer, Mittlere tägliche Minimumtemperatur und Anzahl der Tage mit Starkniederschlag über 20 mm im Herbst 2010

Besondere Ereignisse

Die Liste besonderer Wetter- und Witterungsereignisse im Jahr 2010 ist lang. Deshalb wurde für die monatliche Zusammenstellung diesmal nur eine Auswahl der wichtigsten Geschehnisse getroffen. Für eine ausführlichere Liste der Einzelereignisse wird auf die monatlichen Berichte ‚Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI' bzw. auf die monatlichen ‚Ereigniskalender' verwiesen, die unter http://www.dwd.de/rcc-cm im Internet zu finden sind. Ergänzend dazu zeigen die folgenden Abbildungen die Ergebnisse von Datenbankabfragen in der ‚European Severe Weather Database' (ESWD) für die einzelnen Jahreszeiten. Hierin werden einige der unten angeführten herausragenden Witterungsereignisse, wie z.B. der Sturm Xynthia, ebenso deutlich wie die häufigen vielfach konvektiven Ereignisse, wie die Starkniederschläge oder auch das Auftreten von Tornados besonders im Sommer. Einige der besonders herausragenden Witterungsereignisse des Jahres 2010 sind auch in verschiedenen Aufsätzen beschrieben und analysiert worden. Die Quellenliste enthält die Beiträge aus dem RCC-CM.

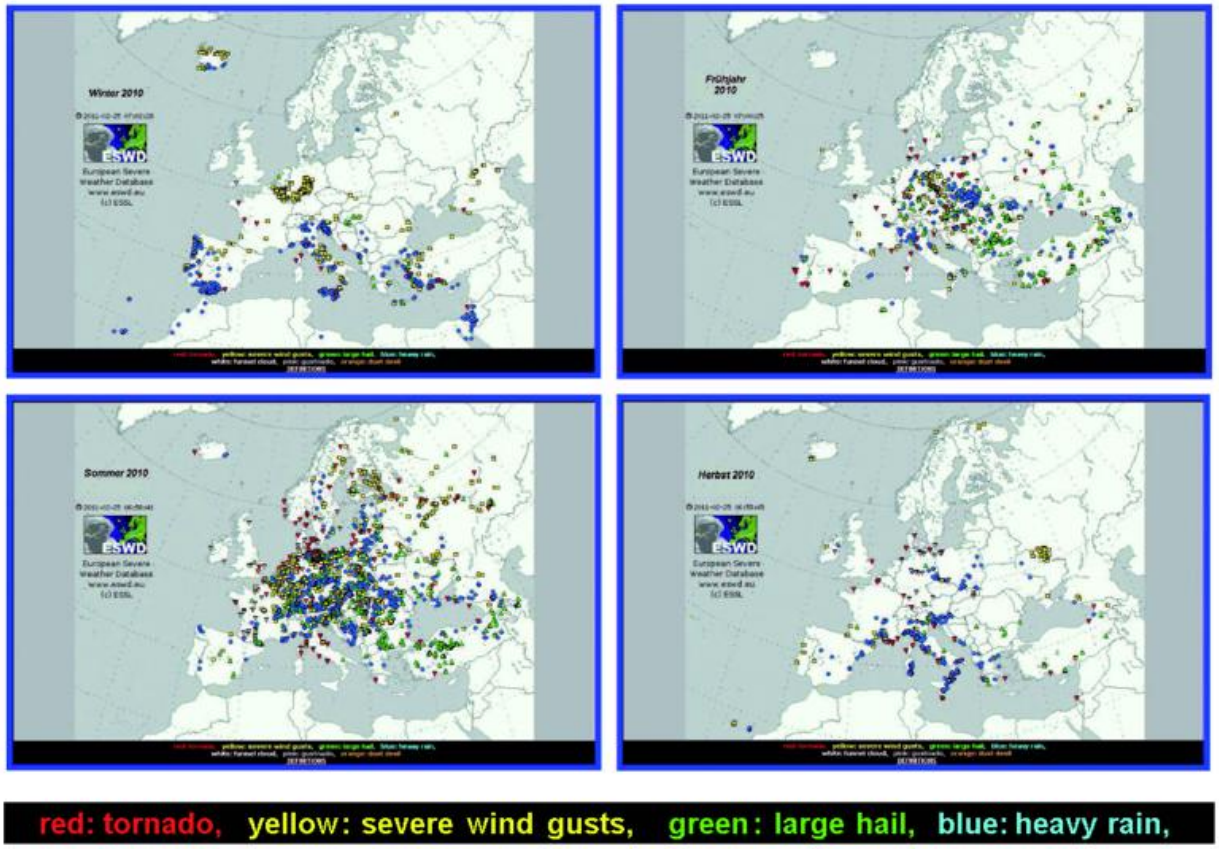


Abb. 10: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der ‚European Severe Weather Database' ESWD für den Winter 2009/2010, das Frühjahr 2010, den Sommer 2010 und den Herbst 2010 für die Ereignisklassen „Tornado" (rot), „Schwere Windbö" (gelb), „Schwerer Hagel" (grün) und „Starkniederschlag" (blau) und die Qualitätsstufen ‚Bericht bestätigt' bzw. ‚Ereignis verifiziert'.

Besondere Witterungsereignisse der einzelnen Monate nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2010
Starke Schneefälle am 10. des Monats führten in Verbindung mit großer Kälte dazu, dass vor allem in Polen, aber auch in anderen Ländern viele Menschen erfroren, dass insbesondere große Flughäfen ihren Betrieb einstellen (Genf) oder einschränken (Frankfurt) mussten und dass Straßen unpassierbar wurden. An der Ostseeküste und auf einigen Inseln gab es zum Monatsende Probleme mit Schneeverwehungen. Die Ostsee war zugefroren und die Insel Rügen war vom Verkehr abgeschnitten. Die Probleme weiteten sich auch auf einige Balkanstaaten (Rumänien, Bulgarien) und bis in die Türkei aus.

Februar 2010
Das schadensträchtigste Ereignis Ende Februar 2010 war der Sturm Xynthia, der ganz Westeuropa betraf. Die größten Schäden richtete Xynthia in Frankreich an. Dort starben 51 Menschen, als ein Deich bei L'Aiguillon-sur-Mer brach.

März 2010
Zu Beginn des Monats wirkte sich die große winterliche Kälte noch besonders auf der Ostsee aus, wo viele Schiffe eingefroren waren. Schneefall und hohe Windgeschwindigkeiten traten im ersten Monatsdrittel in mehreren europäischen Ländern auf: in Frankreich, Deutschland, Österreich, Bulgarien und sogar in Spanien.

April 2010
Vom 15. bis 20. April war ganz Europa von den Folgen des Vulkanausbruchs des Eyafjallajökull auf Island betroffen, da die Ascheteilchen über den Kontinent verdriftet wurden. Der gesamte Luftverkehr kam tagelang zum Erliegen.

Mai 2010
Im Mai traten das Weichsel- und Oderhochwasser auf, die besonders Polen und Ostdeutschland trafen. Aber auch die Tschechische Republik, Ungarn, die Slowakei, Bulgarien, Bosnien und Herzegowina sowie Kroatien hatten wiederholte und intensive Regenfälle. Ausführliche Beschreibungen und Analysen finden sich in den unten aufgeführten Quellen.

Juni 2010
Das Balkantief Angela brachte zu Beginn des Monats den nördlichen Balkanstaaten schwere Regenfälle. Ungarn war besonders betroffen. Aber auch andere Länder, wie Bosnien und Herzegowina und auch Süddeutschland (Bayern), hatten teilweise extreme mehrtägige Niederschläge. In den Folgetagen wurden selbst aus Lettland extreme Regenfälle berichtet. In der Mitte des Monats ereignete sich in Frankreich, in der Region Provence-Alpes-Côte d'Azur, ein außergewöhnlich kräftiges Niederschlagsereignis, das 15 Menschenleben kostete. Zum Monatsende waren Rumänien, Moldawien und die Westukraine von schweren Überflutungen nach heftigen Regenfällen betroffen, die Menschenleben forderten und erhebliche Schäden an Häusern und landwirtschaftlichen Flächen anrichteten.

Juli 2010
Im Juli hatte die sommerliche Hitzewelle ihr Maximum in Russland, wo nach einer lang andauernden Dürre viele Busch- und Waldbrände ausbrachen, die lange Zeit nicht unter Kontrolle gebracht werden konnten. Weite Gebiete einschließlich der Hauptstadt Moskau waren von den Rauchschwaden, die sogar bis nach Finnland reichten, durch gesundheitliche Beschwerden und Sichtbeeinträchtigungen schwer betroffen. Die Andauer der Hitze und die erreichten Temperaturen waren außergewöhnlich hoch, frühere Rekorde wurden gebrochen. Das Quellenverzeichnis führt einige der vorhandenen Untersuchungen dazu auf.

August 2010
Der August brachte vielerorts heftige konvektive Ereignisse, die oftmals mit Starkniederschlägen, aber auch lokal mit Sturm oder schwerem Hagelschlag verbunden waren. Herausragend war ein schweres Hochwasserereignis, das an dasjenige vom Mai erinnerte, von dem vornehmlich Ostdeutschland, jedoch auch Polen und Tschechien betroffen waren. Aber auch ein Starkniederschlagsereignis in Andalusien in der Mitte des Monats war folgenschwer und für die Jahreszeit ungewöhnlich.

September 2010
Im September traten ebenfalls verbreitet viele konvektive Ereignisse auf, die mit Starkniederschlägen verbunden waren. Großer Schaden entstand am 9. September an der Ligurischen Küste, nachdem in den Tagen vorher schon in Südfrankreich an mehr als 20 Stationen 2-tägige Niederschlagshöhen über 100 mm aufgetreten waren. Mitte des Monats gab es das schwerste Niederschlagsereignis seit 60 Jahren in Slowenien mit 326 mm in 24 Stunden und 500 mm in 3 Tagen an der Station Otlica. Dies Ereignis brachte ebenfalls große Regenmengen in Norditalien und verursachte ein Hochwasser des Seveso-Flusses und soviel Schlamm in einer U-Bahn-Station in Mailand, dass diese eine Woche lang geschlossen bleiben musste.

Oktober 2010
Auch im Oktober traten wieder einige schwere Niederschlagsereignisse besonders in Südeuropa auf. Griechenland hatte in der Ägäis Tote zu beklagen und musste den Notstand ausrufen. Frankreich wurde im Süden und im Südosten von extremen Niederschlagsereignissen getroffen. Aber auch in Russland gab es im südlichen Krasnador 13 Todesopfer durch Überschwemmung.

November 2010
Im November erfolgte in weiten Teilen Europas nach einer ungewöhnlich milden Periode, während der wieder Niederschlagsereignisse auftraten, wobei diesmal Belgien mit 2 Todesopfern durch Hochwasser in Flüssen am schwersten betroffen war, am Monatsende ein Kälteeinbruch mit Schneefall und sehr tiefen Temperaturen. Vielfach waren der Straßen- und Luftverkehr erheblich beeinträchtigt.

Dezember 2010
Der Dezember war in weiten Teilen Europas von einer Schneedecke von teilweise beträchtlicher Dicke und niedrigen Temperaturen geprägt. Straßen- Bahn- und Luftverkehr waren empfindlich betroffen und infolge der niedrigen Temperaturen gab es Todesopfer durch Erfrieren, besonders in Polen. Im östlichen Mittelmeer war es dagegen warm. Infolge der hohen Temperaturen und vorhergehenden Dürre ver-

nichtete ein Großfeuer im Carmel bei Haifa viel Wald und kostete mindestens 40 Menschen das Leben. Um die Monatsmitte dagegen herrschte im östlichen Mittelmeer ein schweres Unwetter, das in Griechenland, dem Libanon, Israel und Ägypten große Schäden an den Küsten und in den Häfen anrichtete und auch Menschenleben forderte. Im ersten Monatsdrittel trafen schwere Regenfälle Spanien und die Kanarischen Inseln. Der Guadalquivir trat in Andalusien über die Ufer und kostete 2 Menschen das Leben. In Portugal entwickelte sich ein schwerer Tornado bei Serta und verwüstete ein Industriegebiet.

Tab. 2: Auswahl besonderer Ereignisse im Jahre 2010

Quellen:

Ereignisberichte:

- World Organization for Meteorology WMO (2010): Assessment of the observed extreme conditions during the 2009/2010 boreal winter, WMO/TD-No.1550
- ECA&D (2010): Cold in Europe, Winter 2010, http://eca.knmi.nl/events/selectevents.php
- Bissolli, P. (2010): Orkansturm Xynthia über Südwest- und Westeuropa, http://www.dwd.de/rcc-cm
- ECA&D /2010): Severe winter storm in Europe: Xynthia, Winter 2010, http://eca.knmi.nl/events/selectevents.php
- MeteoFrance (2010): La tempete Xynthia des 27-28 fevrier 2010, http://climat.meteofrance.com/chgt_climat2/bilans_climatiques/archives/2010?page_id=14283
- ECA&D (2010): Flooding in Poland and Eastern Europe, Spring 2010, http://eca.knmi.nl/events/selectevents.php
- Peter Bissolli, Karsten Friedrich, Jörg Rapp and Markus Ziese (2011):Flooding in eastern central Europe in May 2010 – reasons, evolution and climatological assessment , Weather – June 2011, Vol 66, No. 6, p.147-153
- ECA&D (2010): Russian heat, drought and fires, Summer 2010, http://eca.knmi.nl/events/selectevents.php
- Friedrich, K. (2010): Analyse von Temperatur und Niederschlag in Osteuropa während der Hitzewelle im Sommer 2010, http://www.dwd.de/rcc-cm
- Bissolli, P. et al (2010): Zur Rolle des Starkniederschlages am 7.-9. August 2010 im Dreilän-dereck Polen, Tschechien, Deutschland bei der Entstehung der Hochwässer von Neiße, Spree und Elbe, http://www.dwd.de/rcc-cm
- European Severe Weather Database (ESWD): http://essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi
- Schneider U., A. Becker, A. Meyer-Christoffer, M. Ziese und B. Rudolf (2010): Global Precipitation Analysis Products of the GPCC. Deutscher Wetterdienst, Offenbach a.M., Germany. 16 pp. Internetpublikation unter http://gpcc.dwd.de.
- Rudolf, B., und U. Schneider (2005): Calculation of Gridded Precipitation Data for the Global Land-Surface using insitu Gauge Observations, Proceedings of the 2nd Workshop of the International Precipitation Working Group IPWG, Monterey October 2004, EUMETSAT, ISBN 92-9110-070-6, ISSN 1727-432X, 231-247.
- Rudolf, B., H. Hauschild, M. Reiß und U. Schneider (1992): Beiträge zum Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie - Contributions to the Global Precipitation Climatology Centre. Meteorologische Zeitschrift N. F. 1 Nr. 1, 7-84.
- Roger Brugge, University of Reading, UK, http://www.met.rdg.ac.uk/~brugge/world.html
- Dartmouth Flood Observatory, New Hampshire, USA, http://floodobservatory.colorado.edu
- UK MetOffice climate and weather statistics: http://www.metoffice.gov/climate/ukl
- Weitere unter http://www.dwd.de/rcc-cm ->Products->Significant weather events-> Monthly calendar

Entwicklungen bei den Klimagasen in der Atmosphäre

Christian Plass-Dülmer

Die Global Monitoring Division (GMD) des Earth System Research Laboratory (ESRL) bei der NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA) koordiniert globale Beobachtungsnetze, die dazugehörigen Qualitätssicherungs-Maßnahmen und Datenauswertungen und betreibt selber Beobachtungen. Die Produkte sind über das Internet aktuell und anschaulich abrufbar.

Die Abbildungen 1-3 zeigen die jüngsten Entwicklungen der Mischungsverhältnisse von CO2, SF6 und N2O (Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL, http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html). Auch in den letzten Jahren einschließlich 2010 sind unveränderte Trends dieser Klimagase mit steigenden Konzentrationen zu beobachten (Abb. 1-3). Die Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (Beispiel CFC-11 in Abb. 4) zeigen zwischen 1990 und 2000 deutliche Trendwenden bedingt durch die Produktionsverbote (Montreal-Abkommen) und seitdem größtenteils kontinuierliche Abnahmen. Troposphärisches Ozon war im KSB von 2008 Thema, hier sei nur auf uneinheitliche Trends und seit einigen Jahren im Mittel stagnierende Werte hingewiesen (s. z.B. Gilge et al., 2010).

Entgegen häufig gefundener Behauptungen, dass CO2-Zunahmen nicht mehr stark klimawirksam seien wegen der teilweise vollständigen Absorption von IR-Strahlung bei einigen Wellenlängen, zeigt Abbildung 5 eindeutig weiterhin einen linearen Anstieg des Strahlungsantriebs und damit der Klimawirksamkeit. Die Zusammenstellung aller Klimawirkungen von langlebigen Spurengasen anhand des „AGGI“ (NOAA Annual Global Greenhouse gas Index, s. http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/) demonstriert auch in der Summe einen unverminderten linearen Anstieg. Wäre die FCKW-Produktion nicht durch das Montreal-Abkommen praktisch auf Null gesetzt worden, würde der Strahlungsantrieb durch diese Verbindungen heute um 0.3 W/m² oder 10% höher sein (bezogen auf die in Abb. 5 dargestellten langlebigen Klimagase). Während die Wirkung der FCKW hier langsam zurückgeht, sieht man starke Anstiege in der Rubrik der übrigen Gase (rot) zu denen das SF6 (Abb. 3) mit hohen Zuwachsraten und einer extreme langen Lebensdauer in der Atmosphäre gehört.

Der Deutsche Wetterdienst wird sich in Zukunft auch in langfristigen Beobachtungen und Überwachungen des Kohlenstoffkreislaufs in Deutschland engagieren. Er wird in den nächsten Jahren im Rahmen der langfristigen Europäischen Forschungsinfrastruktur ICOS (Integrated Carbon Observing System) ein Beobachtungssystem an hohen Türmen aufbauen und mit diesen Messungen und im Verbund mit Zentrallabors (IUP-Heidelberg, MPI-BGC Jena), Ökosystembeobachtungen (Helmholz) und inverser Modellierung (MPI-BGC Jena) zu einer langfristigen Bestimmung der Kohlenstoffflüsse und Überwachung der Klimagasemissionen in Deutschland und Europa beitragen.

Literatur:

Gilge, S., Plass-Duelmer, C., Fricke, W., Kaiser, A., Ries, L., Buchmann, B., and Steinbacher, M.: Ozone, carbon monoxide and nitrogen oxides time series at four alpine GAW mountain stations in central Europe, Atmos. Chem. Phys., 10, 12295-12316, doi:10.5194/acp-10-12295-2010, 2010.

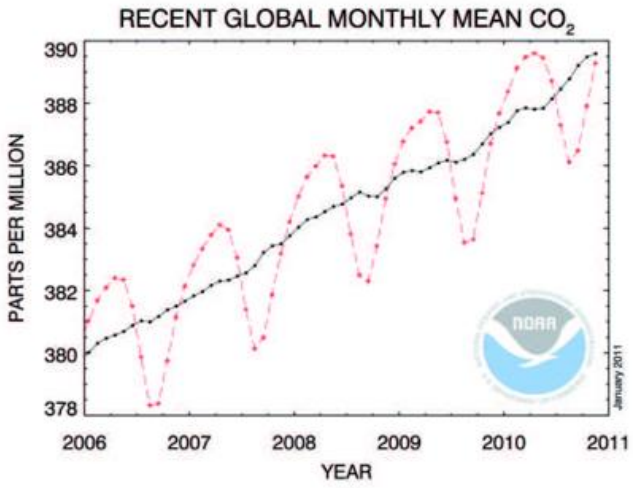


Abb. 1: Aktueller globaler CO2-Trend von NOAA, November 2010: 389.28 ppm (Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL, http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html)

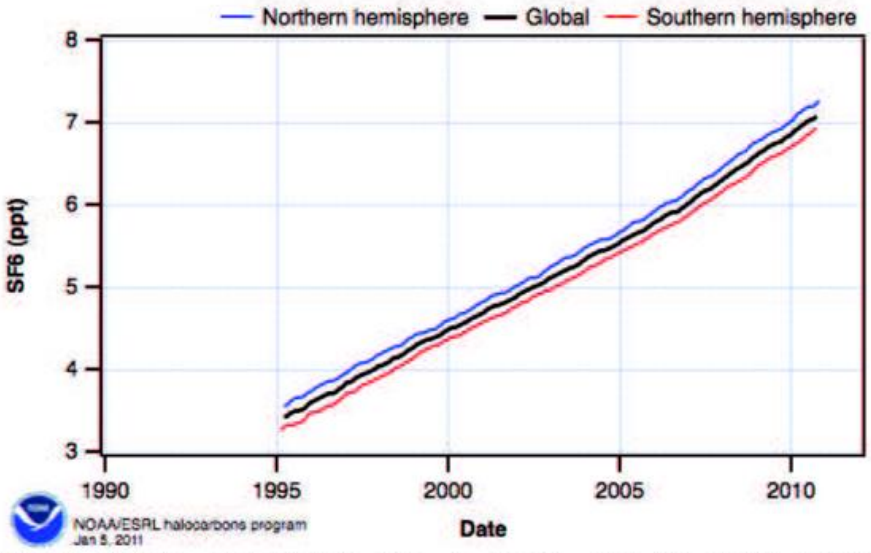


Abb. 2: Aktuelle globale SF6-Trends von 6 in-situ und 12 flask sampling Stationen (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/SF6.html)

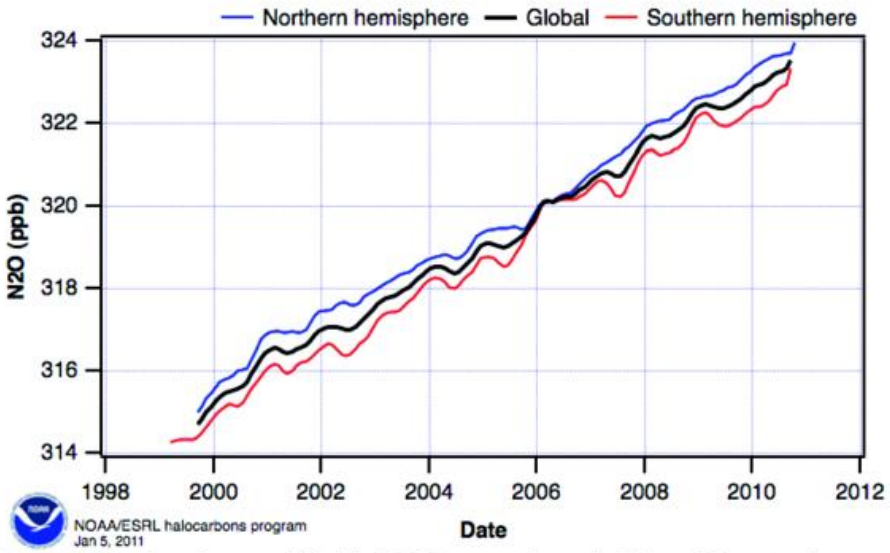


Abb. 3: Globale N2O-Trends von NOAA ESRL von den gleichen Messstationen wie bei SF6 (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/N2O.html)

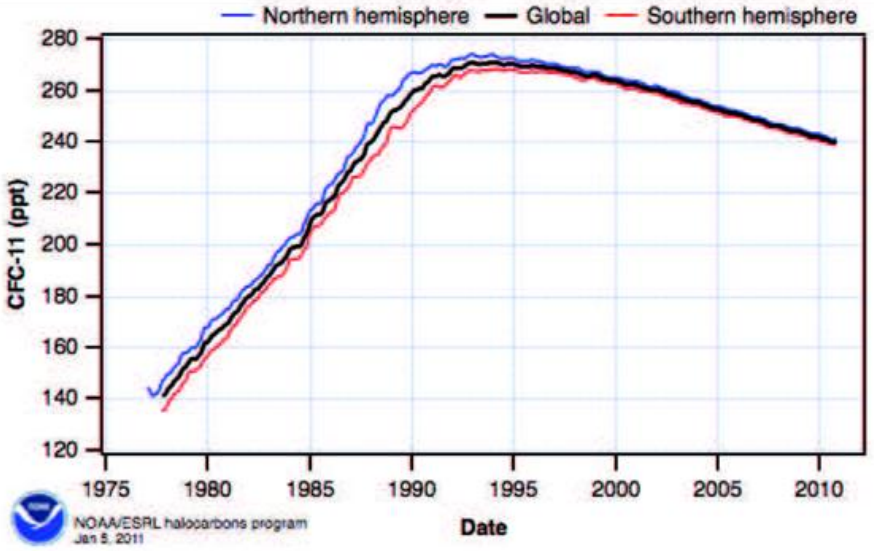


Abb.4: Mischungsverhältnisse vom Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoff CFC-11 (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/CFC11.html)

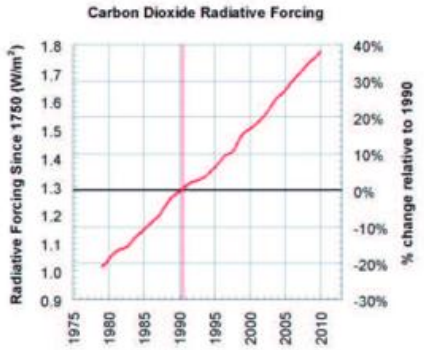


Abb. 5: Trend des Strahlungsantriebs von CO2 (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/)

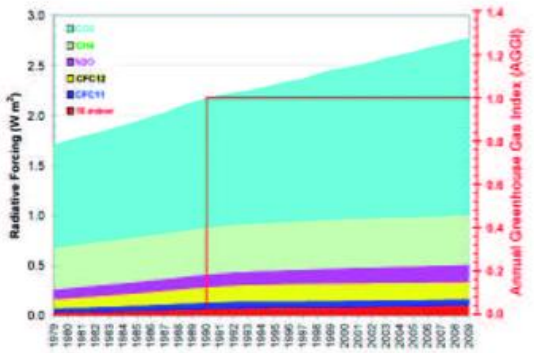


Abb. 6: Aktueller Trend der Strahlungsantriebe der wichtigsten Klimagase (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/)

Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, H. Claude, U. Köhler

Im Jahr 2010 war die bislang geschwächte stratosphärische Ozonschicht so dick wie seit über 25 Jahren nicht mehr. Mit 339 DU war das Jahresmittel am Hohenpeißenberg ähnlich hoch wie die höchsten Jahresmittel der achtziger Jahre und lag damit erstmals seit 1991 wieder deutlich über dem langjährigen Jahresmittel von 327 DU. (Abbildung x1). Vergleichbar hohe Werte wurden zuletzt in den Jahren 1980, 1981, 1982 und 1984 gemessen Abbildung 1 zeigt weiter, dass diese ausgesprochen positive Entwicklung nicht auf Süddeutschland beschränkt ist, sondern für das zonale Mittel bei 50° gültig ist. Auch hier zeichnen sich Werte ab, wie zuletzt vor 20 bis 30 Jahren (Satelliten-Daten).
Abbildung x2 zeigt den Verlauf der Ozonsäule am Hohenpeißenberg über das Jahr 2010. In praktisch allen Monaten lagen die Monatsmittel oberhalb des langjährigen Medians (50-Perzentil). Im Januar, März, April, sowie von September bis Dezember, lagen sie sogar oberhalb des 67-Perzentils.
Abbildung x3 zeigt die geographische Verteilung der relativen Abweichungen der Ozonsäulen 2010 von den längen- und breitenabhängigen langjährigen Mitteln der Jahre 1996 bis 2009. Sie bestätigt die nahezu hemisphärische Dimension dieser Entwicklung.
Damit zeigte sich die Ozonschicht 2010 über weiten Bereichen der Nordhalbkugel deutlich gestärkt, womit sich auch die schon bisher abzeichnende Erholungstendenz fortsetzt. Lediglich von Mittelamerika über den Atlantik bis Nordafrika, sowie weiteren Teilen der Tropen traten im Jahresmittel 2010 Ozonsäulen unter dem Normalwert auf, zum Teil auch auf der Südhalbkugel. Insgesamt deutet die geographische Verteilung der Ozonanomalien 2010 auf einen verstärkten Transport von Ozon aus den Tropen in nördliche Breiten hin, d.h. auf eine verstärkte Brewer-Dobson Zirkulation. Dies vor allem in der ersten Jahreshälfte. In diesem Zusammenhang nicht zu unterschätzen ist dabei die Bedeutung der QBO (quasi-zweijährige Oszillation der stratosphärischen Winde über dem Äquator): Durch die in den Tropen vom Ende des vorangehenden Jahres bis ins späte Frühjahr vorherrschende Ostwindscherung (zwischen 50 und 20 hPa) wurde die Brewer-Dobson Zirkulation verstärkt: Hierdurch wurde mehr Ozon als normal aus der Äquatorregion nach Norden transportiert (z.B. in den Jahren 2010, 1998, 1994). Liegt dagegen wie in den Jahren 2008, 2002 und 1997 Westwindscherung vor, wird weniger Ozon polwärts transportiert. Diese beobachtete Differenz zwischen Ost- und West-Phase der QBO kann bis zu 20 DU erreichen (vgl. 2010 und 2008 in Abb. 1).
Für Europa gilt darüber hinaus noch eine hohe Korrelation der Ozonsäulen mit der NAO, der nordatlantischen Oszillation. Deren Index beschreibt grob die Lage von Hoch- und Tiefdruckgebieten über dem Nordatlantik. Positive Indexwerte gehen mit niedrigeren Ozonwerten über Mitteleuropa einher und umgekehrt. In 2010 erreichten die NAO-Indizes negative Werte wie seit den sechziger Jahren nicht mehr, was über Mitteleuropa mit häufigen Troglagen und Tiefdruck-Aktivität bis in den Mittelmeerraum, sowie hohen Ozonsäulen, einher ging. Das lokale Ozonminimum im Westen Russlands korrespondierte dagegen wohl mit der stationären und hoch reichenden Antizyklone dort, die sich durch einen Rekordsommer mit Dauerhitze und Waldbränden zeigte.

Und welchen Einfluss hat die Chemie? Ozon zerstörendes Chlor und Brom gehen in der Stratosphäre seit etwa 10 Jahren zurück. Hier zeigen aber Modellrechnungen, dass von dieser Seite bisher auf keinen Fall ein so starker Ozonanstieg von einem Jahr auf das nächste zu erwarten gewesen wäre. Der chemische Ozonanstieg sollte nur etwa 4 DU höhere Ozonsäulen bewirken als Mitte der 1990er Jahre.
Insgesamt zeigte sich damit die Ozonschicht im Jahr 2010 als kräftig erholt. Ein wesentlicher Teil dieser Erholung ist allerdings nicht auf den beginnenden Chlor-Rückgang, sondern die ungewöhnliche meteorologische Situation im Jahr 2010 zurückzuführen. Ob dies nur eine vorübergehende Erscheinung war oder Teil eines größeren Umschwungs, wird erst die Zukunft zeigen.

Literatur:

Steinbrecht, W., U. Köhler, H. Claude, M. Weber, J. P. Burrows, R. J. van der A; Record ozone columns at northern mid-latitudes in 2010; eingereicht GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS 2011.

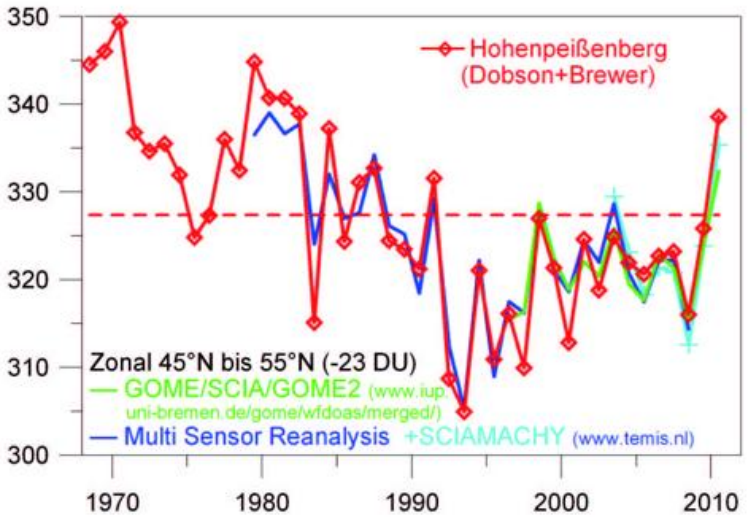


Abb. x1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus boden-gebundenen Messungen am Hohenpeißenberg, sowie zonales Mittel aus Satellitendaten der Uni Bremen und des KNMI . Die zonalen Mittel wurden um ca. 23 DU nach unten verschoben.

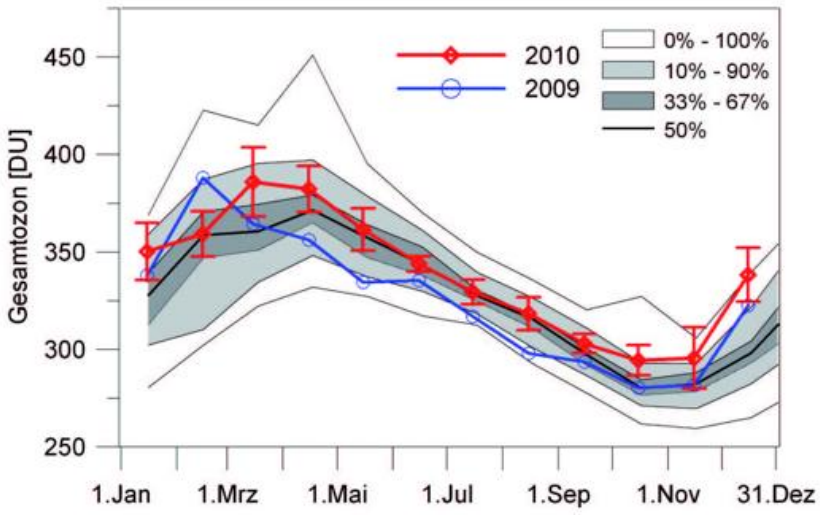


Abb. x2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2009 und 2010. Der schattierte Bereich gibt die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

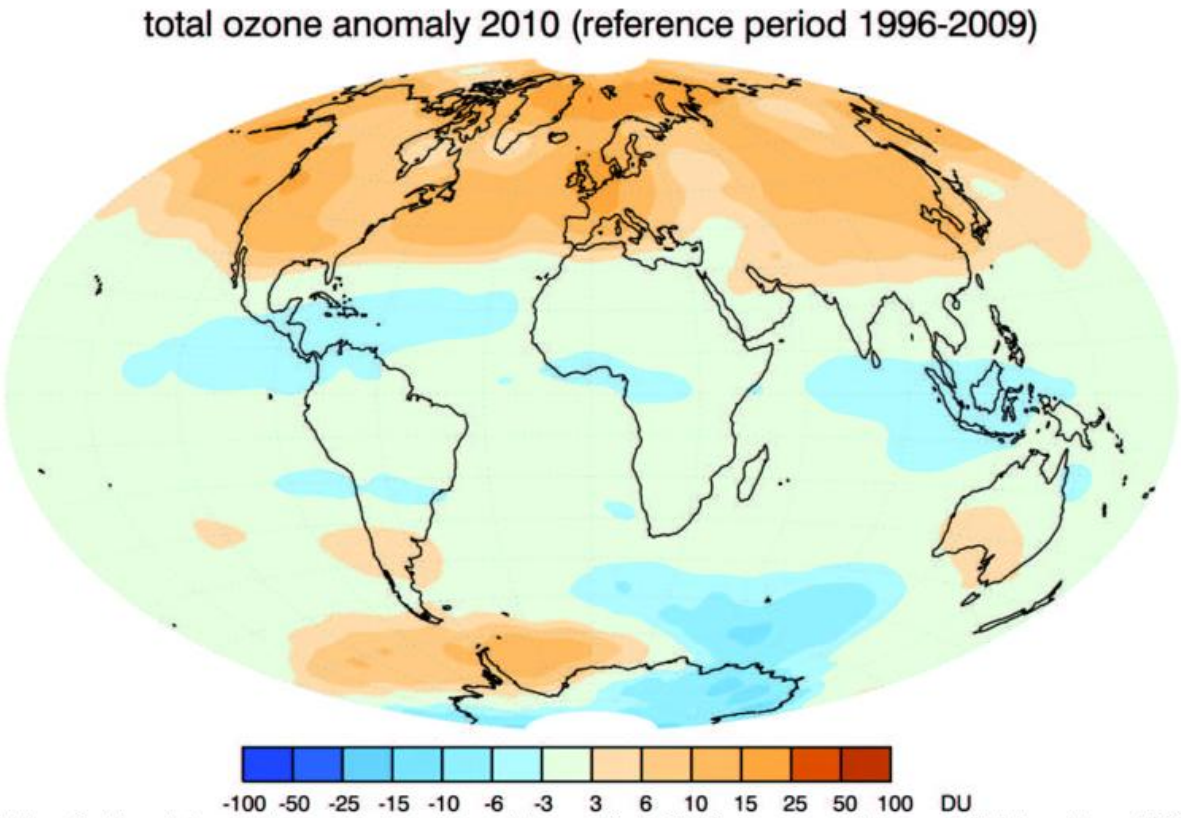


Abb. x3: Abweichung des vorläufigen Ozonjahresmittels 2010 vom langjährigen Mittel der Jahre 1996 bis 2009 aus dem zusammengesetzten GOME/SCIAMACHY/GOME2 Datensatz. Daten nur bis Ende November 2010. Quelle: www.iup.uni-bremen.de/gome/wfdoas/merged/

Das Klima des Jahres 2010 im globalen Maßstab

Christiana Lefebvre, Andreas Becker

Temperatur und Niederschlag

Das Jahr 2010 gehört mit 2005 und 1998 zu den wärmsten Jahren seit Beginn der Zeitreihe der globalen Oberflächentemperaturen im Jahr 1880 und verzeichnete große witterungsbedingte Schäden. Es war geprägt durch eine starke La Niña-Phase, die sich nach Jahresmitte aus einer El Niño-Phase zu Jahresbeginn entwickelte, und im Juli/August in Pakistan und im Dezember im Nordosten Australiens ungewöhnlich kräftige Niederschläge mit exzessiven Überschwemmungen bewirkte.
Im globalen Mittel war der Jahresniederschlag unter den höchsten seit Beginn der Zeitreihe. Dagegen blieb die Anzahl der benannten tropischen Wirbelstürme global betrachtet und in allen Seegebieten mit Ausnahme des Nordatlantiks unter dem vieljährigen Mittel.

Für das Jahr 2010 wurde eine globale Jahresmitteltemperatur errechnet, die um 0,53 °C ± 0,09 K über dem Mittel des Referenzzeitraums 1961-1990 von 14,0 °C lag (WMO-No. 1074). Damit war 2010 das wärmste Jahr nach 2005 und 1998, die um jeweils 0,01 K kühler waren. Die fortschreitende globale Erwärmung äußert sich nicht nur in diesem neuerlichen Jahresrekord, sondern auch darin, dass die gesamte Dekade 2001-2010 das bisher wärmste Jahrzehnt war, gefolgt von der Dekade 1991-2000. Die Abweichung betrug 0,46 K zum Mittel 1961-1990. Dabei war die Erwärmung in Afrika mit einer Anomalie von 0,85 K am größten.

Die höchsten regionalen Abweichungen der Jahresmitteltemperatur vom Mittel 1961-1990 (Abb. 1) verzeichnete der Raum Nordostkanada/Westgrönland mit 3-5 K.

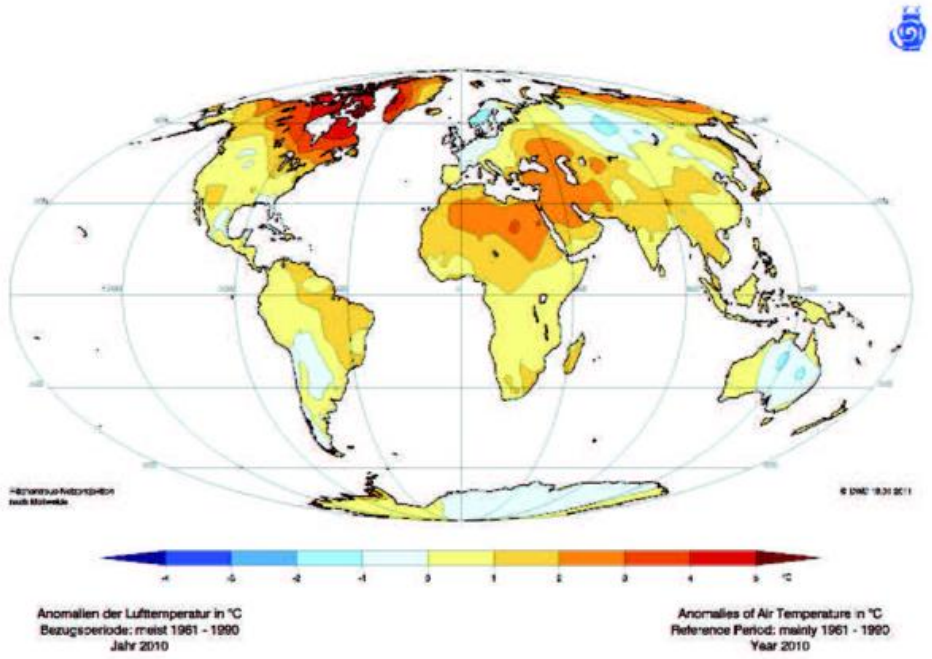


Abb. 1: Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2010 in °C

Deutlich wärmer als gewöhnlich war es zudem von Nordafrika über die Arabische Halbinsel bis nach Südwestasien, wie auch in einem Streifen entlang der Sibirischen Küste, wo die vieljährigen Mittelwerte um 2-3 K überschritten wurden. Die Türkei und Indien verzeichneten ihr wärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn.
Meist nur leicht zu kalt (um bis zu 1 K) war es in Europa von Großbritannien und Frankreich bis nach Skandinavien, in Westsibirien und im südlichen Mittelsibirien, in Florida und Teilen Mexikos wie auch im Norden der Karibischen Inseln, in zentralen Gebieten Südamerikas und in Chile so wie in der Osthälfte Australiens.

Der mittlere globale Jahresniederschlag über den Landflächen (Abb. 2) lag um 52 mm über dem vieljährigen Mittel von 1033 mm des Datensatzes des NCDC und war

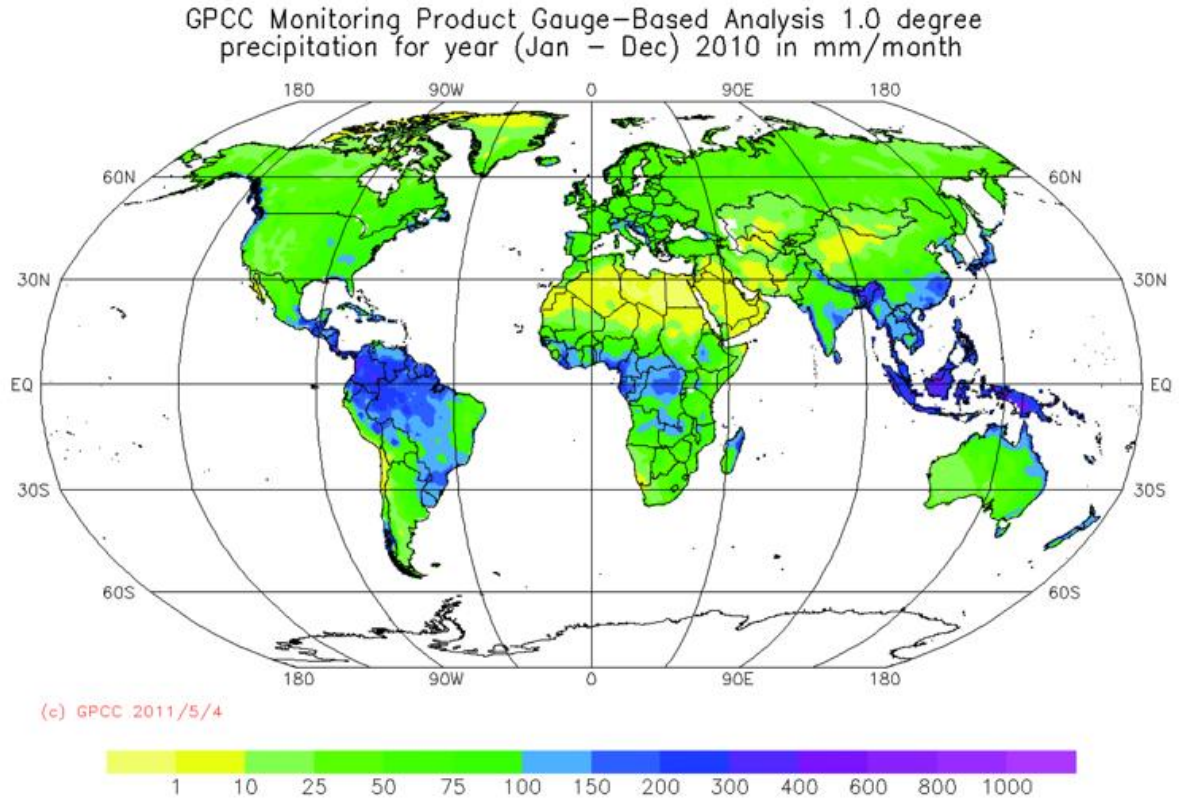


Abb. 2: Globale Verteilung des mittleren Niederschlages des Jahres 2010 in mm pro Monat

damit die bisher größte globale Niederschlagshöhe, gefolgt von den Jahren 1956 und 2000, in denen ebenfalls ein starkes La Niña-Ereignis auftrat. Die Analyse des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie des DWD reiht das Jahr 2010 immerhin unter die 10 niederschlagsreichsten in 110 Jahren ein.
Wie Abb. 3 zeigt, war es ungewöhnlich niederschlagsreich in Teilen Süd- und Ostasiens, insbesondere in Indonesien, und in der Osthälfte Australiens. Für den gesamten australischen Kontinent war 2010 das zweitnasseste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. Jahresniederschläge, die um mindestens 50 % über dem vieljährigen Mittel lagen, wurden auch im Raum östliches Mitteleuropa/Südosteuropa/Türkei ver-

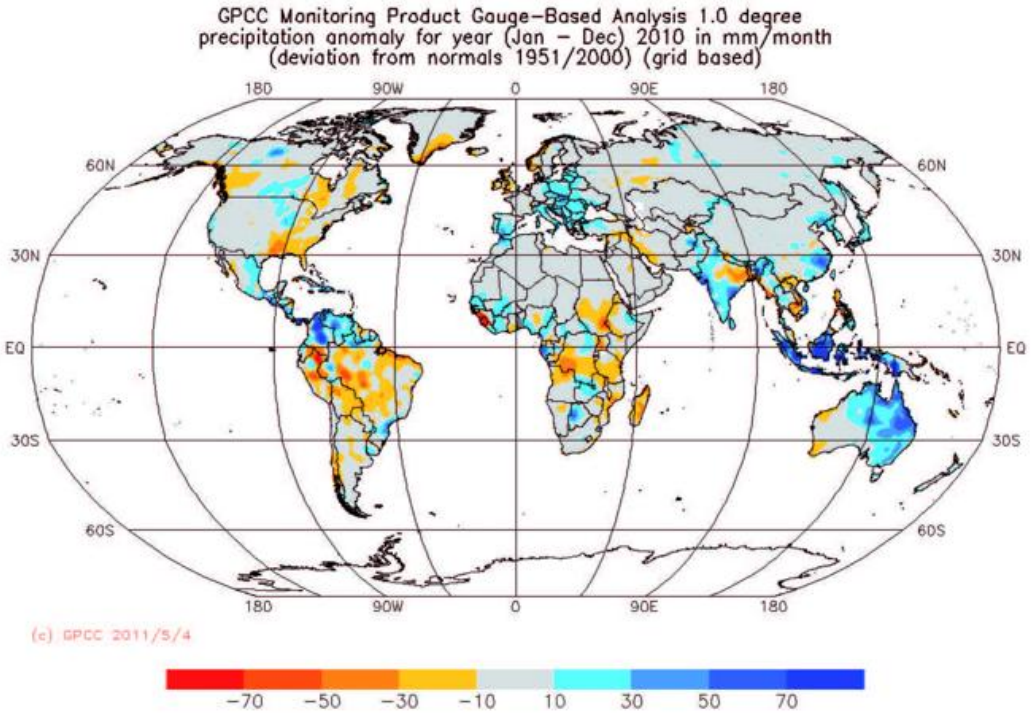


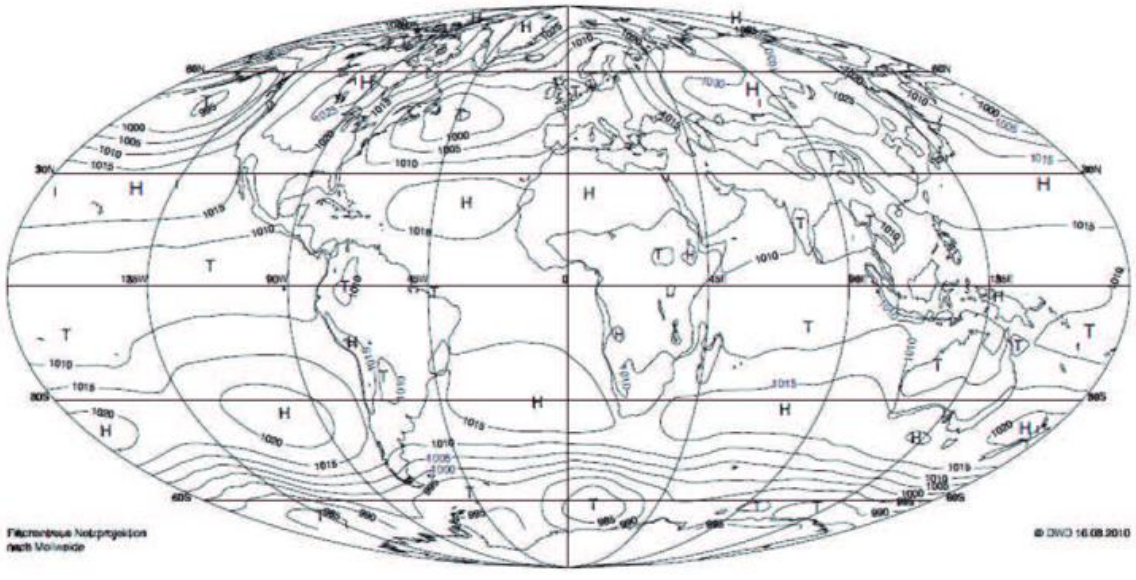
Abb. 3: Globale Verteilung der mittleren absoluten Niederschlagsanomalie des Jahres 2010 gegenüber der WZN Niederschlagsklimatologie 1951-2000

zeichnet, wobei Ungarn das nasseste Jahr seit 1901 registrierte. Aber auch im Westen und Süden der Iberischen Halbinsel, in Westafrika südlich der Sahara und im Nordwesten Südamerikas fielen mehr als 150 % des üblichen Niederschlags mit Überschwemmungen als Folge dieser zeitweise hohen Niederschläge.
Das Klima in den außertropischen Bereichen der Nordhalbkugel wurde durch eine überwiegend negative Phase der Arktischen Oszillation (AO) und der Nordatlantischen Oszillation (NAO) geprägt, die besonders in den Wintermonaten stark ausgeprägt war. Eine negative Phase der AO oder NAO bedeutet, dass die außertropische Westwinddrift stark abgeschwächt ist. Grund dafür ist überdurchschnittlich hoher Luftdruck im Bereich des Islandtiefs und vergleichsweise niedriger Luftdruck im Be-

reich des Azorenhochs. Besonders markant war die Luftdruckverteilung im Februar 2010 (vgl. Abb. 4), in dem der NAO-Index, die normierte Luftdruckdifferenz zwischen dem Islandtief und dem Azorenhoch mit -2.69 im Monatsmittel den höchsten Betrag des Jahres erreichte.

In den Wintermonaten (Januar, Februar und Dezember) ging die negative NAO-Phase mit sehr kalter Witterung in fast ganz Europa und West- und Mittelsibirien, wie auch in der Osthälfte der USA einher und mit weit überdurchschnittlichen Temperaturen von der Osthälfte Kanadas bis nach Westgrönland. In Nordkanada lag die Dezembertemperatur an einigen Stationen um bis zu 14 K über dem vieljährigen Mittel, während sie in Teilen Norwegens, Schwedens und Mittelsibiriens um mehr als 10 K darunter lag.

In Europa und in der Osthälfte der USA war der Jahresgang der Temperatur stärker ausgeprägt als gewöhnlich, denn eingebettet in die kalte und verbreitet auch sehr schneereiche Winterwitterung lag ein zu warmer Sommer (Juni bis August). Verbreitet brachte er Abweichungen von 1 bis 3 K von den Mittelwerten, in Osteuropa sogar bis um 5 K. Hier führte eine Hitzewelle von Anfang Juli bis Mitte August zu neuen Rekordwerten in Finnland, Weißrussland und in Westrussland. In Moskau lag das Monatsmittel von Juli mit 26,0 °C um 7,9 K über dem Mittelwert (18,1°C) und war damit das höchste seit Beginn der Zeitreihe 1881 (Abb. 5). An 33 aufeinanderfolgenden Tagen stieg die Tagestemperatur auf 30 °C und mehr und brachte am 29. Juli mit 38,2 °C einen neuen Rekordwert hervor. Die extreme Hitze und Trockenheit führte zu schweren Torf- und Waldbränden, die ganze Dörfer in Schutt und Asche legten. Die Belastung der ohnehin schon heißen Luft mit Verbrennungsrückständen war in den betroffenen Gebieten hoch. Die Todesrate allein in Moskau lag um 11.000 über dem Durchschnitt.



Monatsmittel
des Luftdrucks in Meereshöhe in hPa
Februar 2010

Monthly Means
of Sea Level Pressure in hPa
February 2010

Abb. 4: Monatsmittel und Anomalien des Luftdrucks im Februar 2010

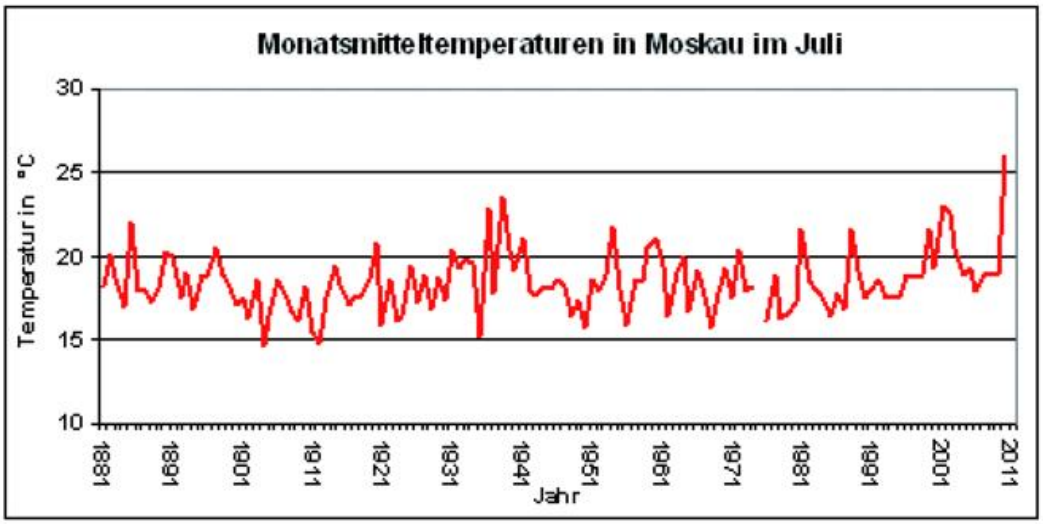


Abb. 5: Verlauf der Monatsmitteltemperatur in Moskau im Juli

Die Russische Föderation, China und Japan verzeichneten den wärmsten Sommer seit Aufzeichnungsbeginn. Ein neuer Temperaturrekord für Asien seit mindestens 1942 wurde in der ungewöhnlich heißen Vormonsunzeit mit 53,5 °C am 26. Mai an der Station Mohenjo Daro in Pakistan gemessen.
Im Juli und August griff der Südwestmonsun in Asien sehr weit über Indien nach Nordwesten hin aus und bewirkte in Pakistan nach Trockenheit in der ersten Jahreshälfte die schlimmste Flutkatastrophe in der Geschichte des Landes. Über 20 Millionen Menschen mussten vor den Wassermassen fliehen, die durch ungewöhnlich kräftigen Monsunregen ausgelöst wurden. Zahlreiche Menschen wurden obdachlos, mehr als 1500 starben. Allein in 6 Wochen, vom 1. Juli bis 10. August, gab es in der Nordhälfte des Landes verbreitet 400 bis 700 mm Niederschlag. So fielen z.B. im Nordwesten des Landes, in Peschawar, im Juli 410 mm (vgl. Abb. 6). Das sind 368 mm mehr als im vieljährigen Mittel (42 mm). Insgesamt brachte der Sommermonsun die höchste Niederschlagshöhe seit 1994, während er in Indien den Mittelwert nur um 2 % überstieg. Hier war der Westen deutlich zu nass und der Nordosten zu trokken. In Bangladesch war der Monsun nur sehr schwach ausgeprägt und brachte den geringsten Niederschlag seit 1994. Auch in Teilen Thailands und Vietnams fiel er trockener aus als gewöhnlich. Demgegenüber war der Monsunregen in Teilen Ostchinas und auf der Koreanischen Halbinsel wiederum überdurchschnittlich stark. Er

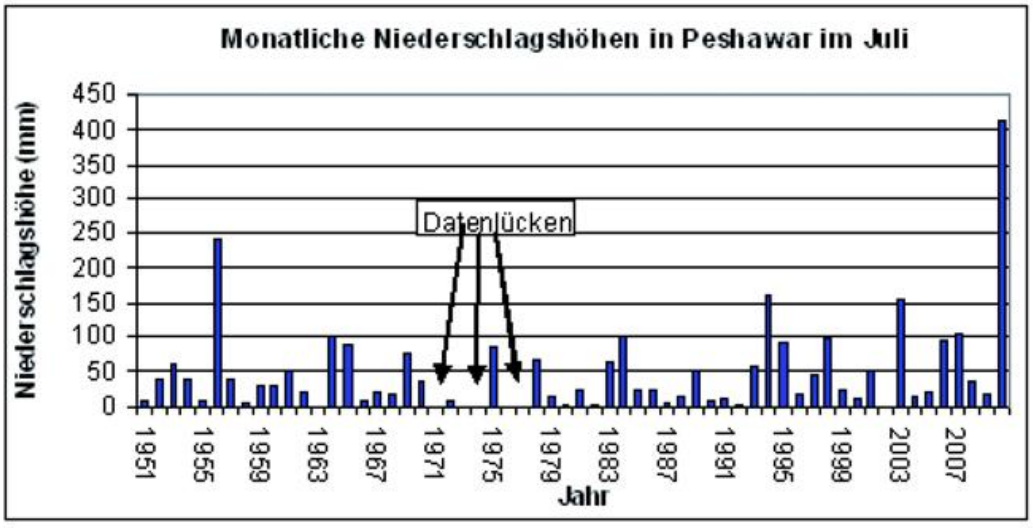


Abb. 6: Verlauf der monatlichen Niederschlagshöhe in Peschawar im Juli

führte zu Überschwemmungen und Erdrutschen und forderte Tausende von Menschenleben. Ab Oktober war es dann in Teilen Ostchinas, vor allem südlich der Provinz Beijing deutlich zu trocken. Ursache für diese Modifikation des Sommermonsuns war eine beginnende La Niña-Phase.
Zu Jahresbeginn löste noch eine El Niño-Phase mit Wasseroberflächentemperaturen, die im äquatorialen Ostpazifik um mehr als 1 K über dem Durchschnitt lagen, an der Pazifikküste Südamerikas heftige Niederschläge aus. In Peru waren im Januar mehr als 62.000 Menschen von Überschwemmungen und Erdrutschen betroffen. Nach dem Ende des El Niño-Ereignisses entwickelte sich in der 2. Jahreshälfte eine La Niña-Phase. Diese war im äquatorialen Ostpazifik mit Anomalien der Wasseroberflächentemperatur bis zu -1,6 K verbunden, während die Wasseroberflächentemperaturen um den Norden Australiens um bis zu 3 K über dem Durchschnitt lagen und die höchsten der Zeitreihe waren. Über dem westlichen und zentralen Pazifik wehte der Ostpassat deutlich stärker als im Mittel, was sich in einem hohen positiven Southern Oscillation Index (SOI), ein Maß für die normierte Luftdruckdifferenz zwischen Tahiti (Französisch Polynesien) und Darwin (Nordaustralien), ausdrückte. Im Dezember erreichte er einen Mittelwert von +25.

Auf Australien wirkte sich die La Niña-Phase mit Beginn der Regenzeit im Dezember aus. Der Norden und Osten erlebte ungewöhnlich kräftige Niederschläge von teilweise 500 bis 700 mm, was das 4-fache des mittleren Dezemberniederschlags ist. Von verheerenden Überflutungen war besonders der Bundesstaat Queensland betroffen. Dabei war dieser Südsommermonat zu kühl, im Osten des Kontinents sogar um bis zu 4 K.

In Südamerika wirkte sich das La Niña-Ereignis vor allem mit unterdurchschnittlichen Temperaturen an der Pazifikküste und im Südwinter auch in der gesamten Südhälfte des Kontinents aus. Am Rande des stark ausgeprägten südpazifischen Hochs drang antarktische Kaltluft weit nach Norden vor. Monatsmitteltemperaturen wie von Taija, im Süden Boliviens, belegen mit einer Abweichung von -3,4 K zum Bezugswert diese Auswirkungen. Am schlimmsten war die Lage im Süden Perus mit weit über 100 Kälte-Opfern. Dagegen war es von September bis November in Brasilien mit Anomalien bis zu 3 °C für diesen Zeitraum beträchtlich zu warm.
Zuvor, von Juli bis September, erlebte das Amazonas Becken im Nordwesten Brasiliens eine ungewöhnliche Dürre. Trockenheit herrschte zu Jahresbeginn auch im Norden Südamerikas. Venezuela registrierte sogar die trockenste Januar-März-Periode seit mehr als 100 Jahren. Nachfolgend riefen jedoch häufige Starkniederschläge Überschwemmungen hervor. Besonders verheerend waren sie aber im November und Dezember. In Kolumbien, wo von der schlimmsten Naturkatastrophe in der Geschichte des Landes gesprochen wurde, fanden über 300 Menschen den Tod. Aber auch Venezuela und Panama waren betroffen. Am 8. und 9. Dezember musste sogar der Panama-Kanal witterungsbedingt zum ersten Mal in seiner Geschichte für den Schiffsverkehr geschlossen werden. Dagegen fiel in Uruguay und Ostargentinien im letzten Vierteljahr weniger als die Hälfte des gewöhnlichen Niederschlags.

In Afrika lagen die Gebietsmitteltemperaturen das gesamte Jahr hindurch um mindestens 0,7 K über dem Durchschnitt, von Januar bis April sogar um mehr als 1,5 K. Dabei lag das Zentrum höchster positiver Anomalien im Norden. Nordafrika war bis in die Arabische Halbinsel hinein um mehr als 2 K wärmer als gewöhnlich. Im Som-

mer stiegen die Temperaturen bis auf Werte um 50 °C an (52,0 °C in Jeddah (Saudi Arabien), 50,5 °C in Doha (Marokko)).
Der westafrikanische Sommermonsun brachte überdurchschnittliche Niederschläge und löste zeitweise Überschwemmungen aus, von denen besonders die Staaten Benin und Niger betroffen waren. Nachdem zu Jahresbeginn auch Kenia von Überflutungen heimgesucht wurde, fiel hier wie auch in Tansania von September bis Dezember weniger als die Hälfte des mittleren Niederschlags. Diese starken Änderungen waren durch den Wechsel der ENSO-Phase bedingt. Insgesamt waren im September und Oktober die Südhälfte und der Osten des Kontinents, im November und Dezember die Nordhälfte sehr trocken. Nach der im Zeitraum August bis November bisher trockensten und wärmsten Witterung breiteten sich in Israel Anfang Dezember die schlimmsten Waldbrände in der Geschichte des Landes aus.

Stürme

Die Wirbelsturmaktivität war die geringste seit Beginn moderner Satellitenüberwachung im Jahr 1970. Es wurden nur 67 Wirbelstürme gezählt, von denen sich 34 zu Taifunen oder Hurrikanen entwickelten. Der Nordatlantik war das einzige Seegebiet, das 2010 mit 19 benannten Stürmen, von denen sich 15 zu Hurrikanen entwickelten, eine überdurchschnittliche Anzahl an Wirbelstürmen verzeichnete.
Der Nordatlantik, der sich seit 1995 in einer Warmphase befindet, verzeichnete in den Tropen weiträumig die höchsten je gemessenen Temperaturen. Diese begünstigten neben den Zirkulationsänderungen, die mit der La Niña-Phase verbunden waren, die Entwicklung tropischer Wirbelstürme.
Der stärkste Tropensturm war der Taifun MEGI, der sich auf einen Kerndruck von 885 hPa vertiefte und damit der stärkste seit 2005 war. Er überquerte im Oktober den Norden der Philippinen, wo er gewaltige Schäden in der Landwirtschaft anrichtete, aber nur 19 Menschenleben forderte. Die meisten Todesopfer (mehr als 150) forderte der Zyklon GIRI im Oktober in Myanmar.

Der folgenreichste außertropische Sturm war der Orkan XYNTHIA, der sich Ende Februar auf einer ungewöhnlichen Zugbahn entlang der Atlantikküsten Portugals, Spaniens und Frankreichs und im weiteren über den Norden Frankreichs, der Beneluxstaaten und Deutschlands bis zur Ostsee verlagerte. Er löste in Westfrankreich eine Sturmflut aus, bei der mehr als 60 Menschen umkamen.

Meereis

Wie in den Vorjahren, so taute auch 2010 das arktische Meereis wieder sehr stark ab und erreichte am 19. September mit 4,60 Mio. km2, die 3-niedrigste Eisbedekkung seit Beginn der Satellitenerfassung 1979. Aufgrund der weit überdurchschnittlichen Temperaturen schritt im Herbst der Gefrierprozess sehr langsam voran. Die mittlere Eisbedeckung im Dezember war die geringste der Zeitreihe. Besonders bemerkenswert war dabei, dass die Hudson Bay bis Jahresende nicht total zufror, was auf die ungewöhnlich milde Winterwitterung im nordöstlichen Kanada zurückzuführen war.

Quellen:
WMO statement on the status of the global climate in 2010, WMO-No. 1074, 2011
Schmidt, F. Extreme Witterungsverhältnisse und die beginnende La Niña-Phase im Juli und August 2010. Die Witterung in

Auswuchs von Weizen: Ein Phänomen im Jahr 2010 mit großer Wirkung

H. Maier

Das Wetterjahr 2010 entsprach weitestgehend dem langjährigen Mittel. Im Vergleich der Monate ergeben sich aber starke Höhen und Tiefen, die die Landwirte ziemlich in Aufregung versetzten. Vor allem die verregnete Getreideernte zeigte, dass die Landwirtschaft nach wie vor und sicher auch in Zukunft stark vom Wetter abhängt. Dabei geht es oft um sehr viel Geld – ja um die Existenz landwirtschaftlicher Unternehmen. Die agrarmeteorologische Beratung ist daher eine echte Daseinsvorsorge für den Agrarsektor national und international. Dass aber häufig nicht nur der Ertrag, sondern auch die Qualität stark vom Wetter wesentlich mitbestimmt wird, lies sich im Jahr 2010 in Deutschland gut nachvollziehen.

Ein wichtiger Qualitätsparameter für Weizen, der wichtigsten Getreideart für die menschliche Ernährung, ist die so genannte Fallzahl. Über diese Zahl lässt sich der Auswuchs indirekt bestimmen. Als Auswuchs bezeichnet man dabei das vorzeitige Keimen der Körner im Bestand, also noch vor dem Drusch des Getreides. Die Methodik der Fallzahlmessung läuft in folgenden Schritten ab: Zunächst werden 300 g Getreide geschrotet und davon 7 g mit 25 ml destilliertem Wasser geschüttelt. Nach einer Wartezeit von 5 Sekunden mischt ein Rührer die Suspension für 55 Sekunden in einem kochenden Wasserbad. Anschließend sinkt der Rührer in dem Stärkekleister ab. Die Fallzahl ist die gemessene Zeit zwischen dem Start des Rührgeräts bis zum vollständigen Absinken des Rührers, d.h. 60 Sekunden Rührzeit + Absinkzeit. Daraus ergibt sich der kleinste Wert von 62 Sekunden. Ein Messgerät zur Bestimmung der Fallzahl zeigt Abbildung 1.
Das Verfahren ist schnell und einfach durchführbar, so dass bereits zur Anlieferung von Getreide eine Messung durchgeführt werden kann.
Im Grunde wird über diese Methode die alpha-Amylase-Aktivität indirekt bestimmt. Das Enzym baut Stärke in seine Zuckerbausteine ab.



Abb. 1: Messgerät zur Bestimmung der Fallzahl, Quelle: equipmentcatalog.com

Mehl von Getreide, das bereits in Keimstimmung ist, eignet sich nicht oder nur noch eingeschränkt zum Backen. Die Fallzahl kann Werte zwischen 62 bis 500 Sekunden erreichen. Hat Auswuchs die Stärke geschädigt, ist die Fallzahl zu klein. Weizen mit Fallzahlen bis herab zu 160 Sekunden und Roggen bis 90 Sekunden sind für bestimmte Vermahlungsprodukte gerade noch geeignet.

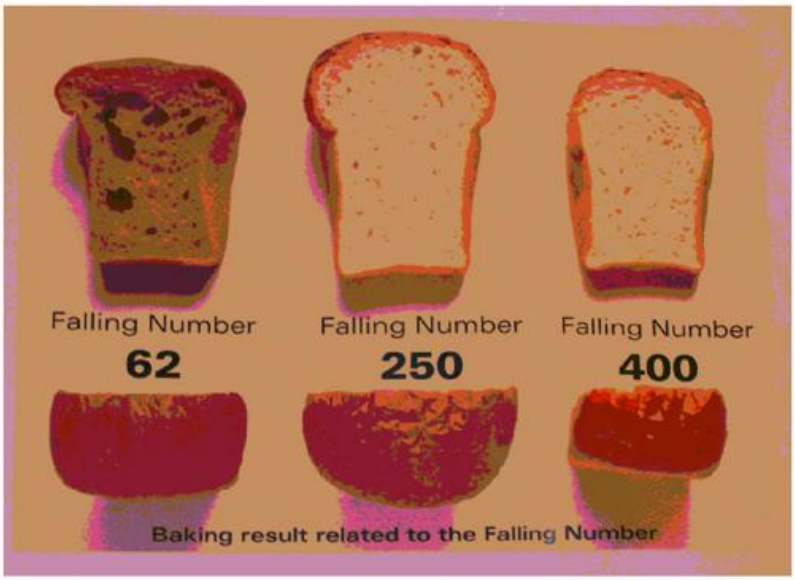


Abb. 2: eingeschränkte Backfähigkeit, Bildquelle: www.lamilanaise.com/photos/falling_number.jpg

Teige aus Getreide mit zu niedrigen Fallzahlen weisen eine zu geringe Wasserbindung auf, sind unelastisch und feucht klebrig. Das Gebäck ist stark gebräunt. Aber auch zu hohe Fallzahl führen zu einer eingeschränkten Backfähigkeit (s. Abb 2). Sie werden durch Malzmehl aufbereitet.

Die Witterung im Juli 2010 bewirkte eine geringe Auswuchsfestigkeit und damit geringe Fallzahlen. Am Halm zahlreicher Ähren bildeten sich Keimblätter (s. Abb. 3).



Abb. 3: geringe Auswuchfestigkeit, Quelle: © Dr. Harald Maier, Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologie, Ast. Weihenstephan

Wovon hängt die Fallzahl bzw. der Auswuchs ab?
Die Höhe der Fallzahl wird vorwiegend von der Getreideart (Roggen ist auswuchsanfälliger als Weizen), Getreidesorte und dem Zusammenwirken von Sorte und Wetter während der Kornfüllungsphase und der Ernte bestimmt. Daneben gibt es weitere Einflussfaktoren, die in folgender Abbildung (Abb. 4) dargestellt sind.



Abb. 4: Einflussfaktoren, Quelle: © Dr. Harald Maier, Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologie, Ast. Weihenstephan

Die Witterung (Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer über mehrere Tage) übt direkt und indirekt einen entscheidenden Einfluss auf die Fallzahl aus. Sie beeinflusst direkt die Aktivität der Enzyme im Korn, die die Keimruhe und den Keimprozess steuern. Die Abszissinsäure hemmt die Keimung, die Gibberillinsäure erhöht sie. Die Witterung sorgt außerdem für die zur Keimung notwendige Feuchtigkeit.
Gleichzeitig beeinflusst die Witterung indirekt weitere an der Entstehung von Auswuchs beteiligte Faktoren, wie das Auftreten von Lager (Umknicken von Halmen über größere Teilflächen) und von Ährenkrankheiten sowie die Abreife von Korn und Stroh.

Drei Gründe waren 2010 für eine geringe Fallzahl maßgeblich.

1) In der späten Milchreife und frühen Teigreife, die in diesem Jahr in Bayern zwischen dem 5.07. und 15.07. stattfand, herrschten hohe Temperaturen. Dadurch reduzierte sich der Abszissinsäurepegel, wodurch die primäre Keimruhe generell auf einem niedrigen Niveau lag. Die Körner wurden dadurch keimbereiter.
2) Die anhaltenden Niederschläge seit Anfang August führten dazu, dass ständig Feuchtigkeit für die Keimung der Körner auch bei stehendem Ge treide vorhanden war.
3) Durch die Gewitter zwischen 5. und 10. August waren viele Bestände ins Lager gegangen und trockneten deshalb kaum noch ab.

Bemerkenswert ist ferner, dass sich 2010 die Fallzahl innerhalb von 6 Tagen von 350 auf 100 Sekunden verringerte und nur geringe Sortenunterschiede festgestellt werden konnten. Beschleunigt wurde die Abnahme der Fallzahl regional durch Lager infolge intensiver, gewittriger Niederschläge.



Abb. 5: Lager, Quelle: © Dr. H. Maier, Deutscher Wetterdienst, NL Weihenstephan

Lagernder Weizenbestand (so genanntes Lager) Anfang August 2010 förderte den Auswuchs (s. Abb. 5). Qualitäts- und Ertragseinbußen waren die Folge.

Deutschlandweit lag die Fallzahl auf einem sehr geringen Niveau. Nur wenig Weizen war deshalb für die Brotherstellung geeignet. Das Angebot an Futterweizen für die Fleischerzeugung war dagegen höher. Dies bewirkte einen zeitweiligen Preisunter-schied zwischen Brot- und Futterweizen von mehr als 30 Prozent. Mehr als 300 € Mindererlös pro Hektar war keine Seltenheit bei Getreide, das zur Ernte vermarktet wurde.

Schließlich stellt sich die Frage, ob der Landwirt, etwas dagegen hätte unternehmen können.
Die Antwort ist ja. Denn die Agrarmeteorologen des DWD wussten bereits vor der Ernte, dass die Auswuchsgefahr in diesem Jahr sehr groß war. Davor wurde in den Beratungsprodukten auch gewarnt und den Landwirten empfohlen, den Weizen möglichst zügig zu ernten und lieber eine etwas höhere Feuchtigkeit in Kauf zu nehmen. Wer den Rat ernst nahm, konnte also den Verlust deutlich minimieren.

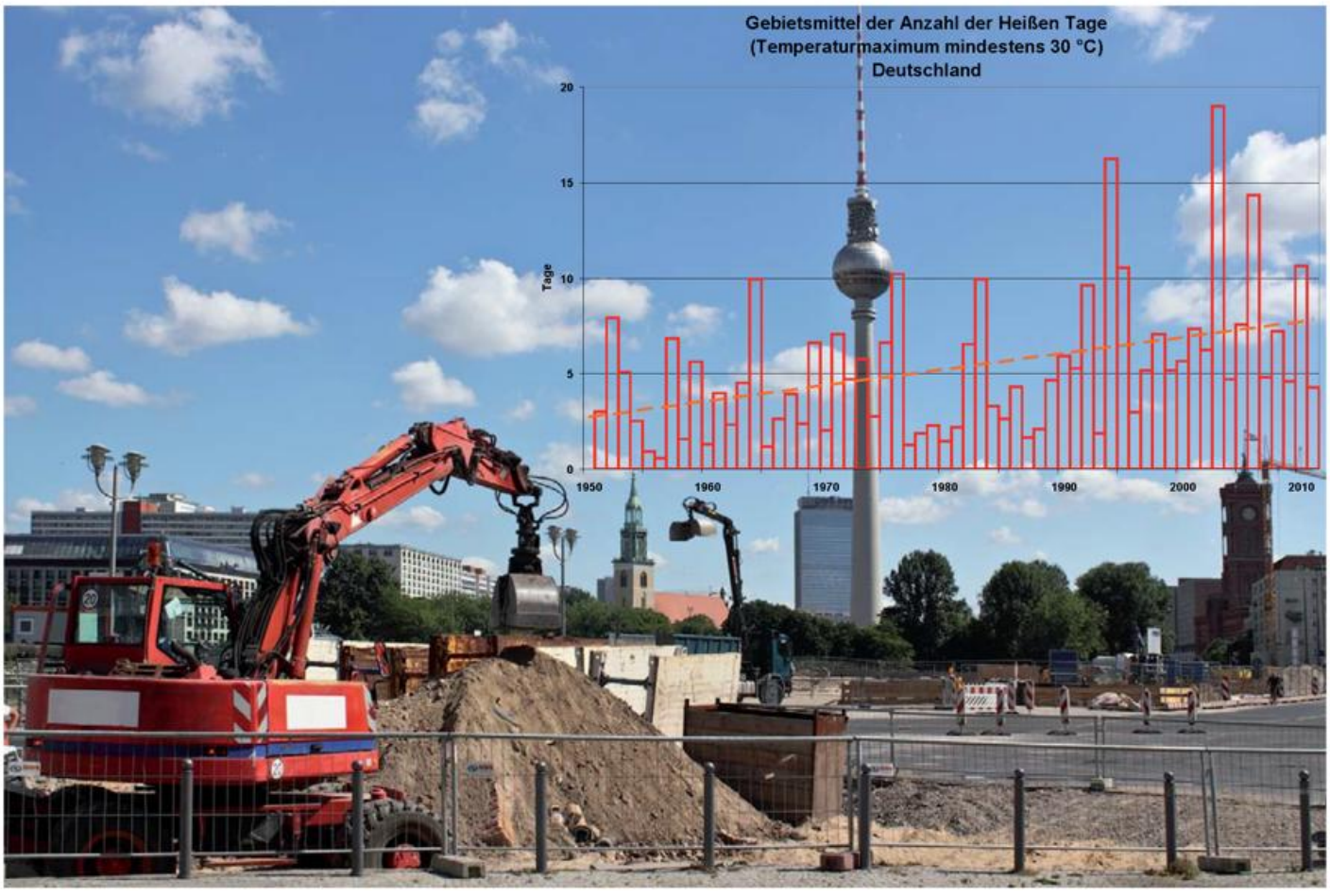
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AMBER	Agrarmeteorologische Beratungssoftware
AMO	Atlantic Multidecadal Oscillation
AWST	Automatische Wetterstation
BTU	Brandenburgische Technischer Universität (Cottbus)
CCL	Commission on Climamatology (der WMO)
CEC	Climate and Environment Consulting GmbH Potsdam
CLM	Climate Local Modell
CMSAF	Climate Monitoring Sattelite Application Facility
COSMO-LM	Consotium for Small Scale Modelling – Local Model
COST	Co-operation in Science and Technical Research
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECHAM	European Climate Model
ETP	Evatrasnpiration Potential
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GAW	Global Atmosphere Watch
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
GT	Gefühlte Temperatur
GTS	Global Telecommunication System
HISTORn	Historische maritim-meteorologische Daten von Segelschiffen und Dampfern
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
INKLIM	Integriertes Klimaschutzprogramm
ISB	International Society on Biometeorology
ISO	International Standarisation Onrganisation
KMM	Klima-michel Modell
KSB	Klimastatusbericht
MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit
MOHp	Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg
MOZ	mittlere Ortszeit
MPI-M	Max-Planck-Institut für Meteorologie
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NMHS	National Meteorological and Hydrological Services
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PET	Physiological Equvalent Temperature
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
PILOT	Höhenwindmessung von einer ortsfesten Landstation
PMV	Predicted Mean Vote
QBO	quasi-biennale Oszillation
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
REMO	Regionales Klimamodell des MPI-M
RSMC	Regional Specialised Meteorological Centre
RTD	Research and Technology Development
SET	
SSW	
STAR	sternförmige Projektion
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
TEMP	Radionsondenaufstieg
TGA n	technische Gebäudeausrüstung
TRY n	Testreferenzjahre
UBA	Umweltbundesamt

UBIKLIM	Urbanes Bioklimamodell
UTC	Universal Time Coordinated
UTCI	Universal Thermal Climate Index
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC n	Volatile Organic Compounds
WEWA	Wetterwarte
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie
ZWEK	Zusammenstellung von Wirkmodell-Eingangsdatensätzen für die Klimafolgenabschätzung

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Klimastatusbericht 2011



Auswirkungen von Klimaänderungen für die Bauwirtschaft

Herausgeber und Verlag
Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Gerhard Müller-Westermeier
e-mail: gerhard.mueller-westermeier@dwd.de

Juliane Breyer
e-mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Urheberrecht

Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst„ gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrücklich Genehmigung ist untersagt.

Zum Titelbild

Baustelle in Berlin mit überlagertem Diagramm der Zeitreihe der Anzahl heißer Tage (Temperaturmaximum mindestens 30 °C) im Gebietsmittel von Deutschland

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen der allgemeinen Diskussion über zu erwartende Klimaänderungen finden deren Auswirkungen in den verschiedenen Bereichen der Gesellschaft und der Wirtschaft wachsendes Interesse. Dem soll in dieser und in den folgenden Ausgaben des Klimastatusberichts durch entsprechende anwendungsorientierte Schwerpunktthemen Rechnung getragen werden. In diesem Jahr finden Sie daher im Klimastatusbericht als Schwerpunktthema einen Beitrag zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Bauen und die Bauwirtschaft.

Daneben geben die Standardbeiträge der „Gelben Seiten" wie üblich einen Überblick über den Witterungsverlauf in Deutschland und seine Auswirkungen sowie zu weltweiten Besonderheiten der Witterung,

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen bei dem Lesen des vorliegenden Berichts.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber

Leiter der Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Klimawandel und Bauen 5
U.Wienert, A. Walter

Extremwertkarte 17

Die Witterung in Deutschland 2011 18
M. Böhme, F. Böttcher, C. Lefebvre, F.-J. Löpmeier, G. Müller-Westermeier, S. Pietzsch, W. Riecke, H.-H. Schmitt

Ergebnisse und Messungen in der freien Atmosphäre 48
K. Zimmermann, H. Nitsche

Ozon in der Stratosphäre 55
U. Köhler, W. Steinbrecht, H. Claude

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (RA VI) 2011 58
A. Meyer-Christoffer, H. Nitsche

Das Klima des Jahres 2011 im globalen Maßstab 78
C. Lefebvre, A. Becker

Bodentemperaturen im Klimawandel
Auswertungen der Messreihe der Säkularstation Potsdam 85
M. Böhme, F. Böttcher

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 91

Autorenverzeichnis 93

Index 95

Klimawandel und Bauen

U. Wienert, A. Walter

1. Einleitung

Bauwerke jeglicher Art, seien es Gebäude, Straßen, Schienenwege, Kanalnetze, Dämme o.ä. werden mehr oder weniger stark von den Witterungsverhältnissen, denen sie ausgesetzt sind, beansprucht. Alle Bauten müssen daher so ausgelegt sein, dass sie unter den gegebenen Klimabedingungen ihre Funktion über einen möglichst langen Zeitraum beibehalten. Dazu existieren Regelwerke, die die entsprechenden Standards, nach denen Bauwerke errichtet werden, enthalten. Daneben beeinflusst die Witterung auch die Bautätigkeit selbst, d.h. widrige Wetterbedingungen wie Frost, Schneefall oder Starkregen behindern die Bautätigkeit oder unterbinden sie sogar ganz.

Der Klimawandel wird sehr wahrscheinlich auch für eine Veränderung der Witterungsbeanspruchung von Bauwerken sorgen und ggf. deren Funktion beeinträchtigen. Wärmere Sommer mit häufigeren Hitzewellen, wie sie im Zuge des Klimawandels zu erwarten sind, können zu einer verstärkten Aufheizung von Gebäuden führen und damit den Wohnkomfort einschränken. Vermehrte und intensivere Starkregenereignisse wiederum bedrohen u.U. die Standfestigkeit von Bauwerken in geneigtem Gelände. Die Bautätigkeit wird voraussichtlich ebenfalls vom Klimawandel betroffen sein. Seltenere Frostperioden könnten hier zu weniger Unterbrechungen in der Bautätigkeit im Winterhalbjahr führen. Andererseits wären jedoch heftigere Starkregenereignisse und auch intensivere und längere Hitzeperioden im Sommer für die Bautätigkeit eher hinderlich.

Bauwerke werden allerdings nicht nur von den Witterungsbedingungen selbst beansprucht, sondern sie verändern ihrerseits mehr oder weniger auch das Lokalklima in ihrer Umgebung. Dies gilt insbesondere dann, wenn viele Bauwerke auf relativ engem Raum oder räumlich ausgedehnte Bauten errichtet werden. Ein besonders augenfälliges Phänomen stellt in dem Zusammenhang das Stadtklima dar. Durch die Bebauung und Versiegelung der ehemals natürlichen Erdoberfläche entstehen lokale Klimabedingungen, die sich vor allem durch eine Erhöhung der Lufttemperatur im Stadtgebiet im Vergleich zum Umland manifestieren. Diese wird allgemein als städtische Wärmeinsel, abgekürzt UHI (**U**rban **H**eat **I**sland) bezeichnet.

Bereits heute treten in Städten oft höhere Lufttemperaturen im Vergleich zum Umland auf, die im Sommer zu einer gesundheitlichen Belastung der dort lebenden Menschen führen können. Durch den Klimawandel mit weiter ansteigenden Lufttemperaturen wird sich die Situation noch verschärfen, indem Witterungsperioden mit ausgeprägtem UHI-Effekt häufiger vorkommen könnten. Um die Lebensqualität in den Städten nicht zu verschlechtern, sondern zukünftig eher zu verbessern, werden Anpassungsmaßnahmen in der Stadtplanung erforderlich, wie zum Beispiel Auflockerung der Bebauung, Ausbau von Frischluftschneisen, Flächenbegrünung oder Entsiegelung von Straßen und Plätzen.

Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sind im gesamten Bausektor gefragt. Das betrifft u.a. die allgemeine Bauplanung, die Regelwerke für das Bauen, die technische Ausstattung von Gebäuden, den Einsatz geeigneter Baustoffe aber auch die Bautätigkeit. Der Anpassungsbedarf wird besonders an den Regelwerken für das Bauen deutlich. Entsprechende Normen und Richtlinien basieren derzeit weitgehend noch auf Klimadaten aus der Vergangenheit. Neue Erkenntnisse aus der Klimaforschung, z.B. Ergebnisse regionaler Klimamodelle, fließen bis dato kaum in diese Regelwerke ein. Das wäre jedoch unbedingt notwendig, da die Normen und Richtlinien eine wesentliche Grundlage für die Bauwerksplanung darstellen und somit darüber entscheiden, inwieweit das Bauwerk auch zukünftig seine Funktion erfüllt.

Der DWD hat begonnen, in Zusammenarbeit mit den Gremien DIN und VDI sowie Institutionen wie dem BBR/BBSR (**B**undesamt für **B**auwesen und **R**aumordnung / **B**undesinstitut für **B**au-, **S**tadt- und **R**aumforschung) die entsprechenden Regelwerke zu aktualisieren und Erkenntnisse aus Untersuchungen zum Klimawandel mit einzubringen. Darüber hinaus werden auf spezielle Fragestellungen des Bauwesens ausgerichtete Auswertungen regionaler Klimamodelle durchgeführt.

2. Neue Anforderungen an Bauwerke durch den Klimawandel

Globale und regionale Klimaprojektionen zeigen für die einzelnen Klimaparameter unterschiedlich stark ausgeprägte Änderungssignale. Während zum Beispiel bei der Lufttemperatur (Jahresmitteltemperatur, Anzahl der Tage pro Jahr mit Höchsttemperatur von mindestens 25,0 °C [Sommertage]) bereits recht deutliche Aussagen bis zum Ende des Jahrhunderts vorliegen, sind signifikante Änderungen bei der Windgeschwindigkeit (Jahresmittel, Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen) derzeit nicht zu erkennen. In der Tabelle 1 sind die aus Klimaprojektionen (IPCC, 2007) ableitbaren Veränderungen im Auftreten extremer Werte diverser Klimaparameter zusammen mit der jeweiligen Eintretenswahrscheinlichkeit aufgeführt.

Phänomen und Veränderung	Eintretenswahrscheinlichkeit im 21. Jahrhundert
Zunahme warmer/heißer Tage (90. Perzentil der Tagesmaximumtemperatur)	sehr wahrscheinlich
Häufigere und intensivere Hitzewellen	sehr wahrscheinlich
Weniger kalte Tage, z.B. Frosttage (10. Perzentil der Tagesminimumtemperatur	sehr wahrscheinlich
Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlag	sehr wahrscheinlich
Zunahme des Auftretens von Dürre	wahrscheinlich
Intensivierung außertropischer Stürme	unsicher
Zunehmende Häufigkeit von Gewittern und Tornados	unsicher

Tab. 1: Wahrscheinlichkeit des Auftretens extremer Witterungsereignisse auf Basis beobachteter Trends und Analysen von Klimaprojekten für das 21. Jahrhundert nach IPCC (2007)

Die Auswirkungen der in Tab. 1 genannten zu erwartenden bzw. möglichen Veränderungen im Witterungsgeschehen sollen exemplarisch an Gebäuden aufgezeigt werden. Gebäude dienen dem Schutz von Menschen und Gütern vor Witterungseinflüssen. Die Sicherung ihrer Funktionsfähigkeit, auch unter sich ändernden klimatischen Bedingungen, hat daher eine besondere Bedeutung.

Höhere Lufttemperaturen besonders in Verbindung mit häufigeren sommerlichen Hitzeperioden
Hiervon sind vor allem die Außenhülle (Dach, Wände, Fenster) sowie der Innenraum von Gebäuden betroffen. Neben der stärkeren Erwärmung der Gebäudeaußenhülle kann sich auch das Gebäudeinnere sowohl durch die warme Außenhülle als auch durch direktes Eindringen der Sonnenstrahlung aufheizen und so zu einer Reduktion des Wohnkomforts (steigende Wärmebelastung) bzw. zur Einschränkung der Nutzbarkeit des Gebäudes führen. Den Nachteilen im Sommer steht ein wahrscheinlich sinkender Heizbedarf im Winterhalbjahr gegenüber.

Vermehrte und ggf. intensivere Starkregenereignisse
Betroffen sind neben der Gebäudeaußenhülle auch im Erdreich liegende Bauteile (Fundamente). Besonders in Verbindung mit Wind erhöht sich die Gefahr des Eindringens von Wasser in das Gebäudeinnere. Aber auch durch einen ansteigenden Grundwasserspiegel und das oberflächliche Abfließen von Niederschlagswasser kann Feuchtigkeit in das Gebäude gelangen. Die Aufweichung des Erdbodens gefährdet u.U. die Standfestigkeit der Fundamente. In Hanglagen kann es zu Erdrutschen mit einer sich daraus ergebenden Bedrohung der Gebäudesubstanz kommen. An gewässernahen Standorten sind auch vermehrte und ausgedehntere Überschwemmungen mit einer Gefährdung dort vorhandener Gebäude zu erwarten.

Häufigeres Auftreten von Dürre
Unmittelbare Auswirkungen auf Gebäude sind zunächst nicht anzunehmen. Erst bei längerer Andauer einer Dürreperiode kann es beispielsweise durch ein starkes Absinken des Grundwasserspiegels sowie von Schrumpfungsprozessen im Erdboden evtl. zu Beeinträchtigungen der Gebäudesubstanz kommen, die von Wandrissen bis hin zur Gefährdung der Standfestigkeit der Fundamente führen. Durch Wind aufgewirbeltes Bodensubstrat kann in Gebäudeöffnungen für Lüftung und Klimatisierung gelangen und so die Funktionstüchtigkeit der technischen Gebäudeausstattung negativ beeinflussen.

Intensivere Sturmereignisse (auch in Verbindung mit Gewittern)
Vorrangig werden dadurch das Dach, die Außenanlagen (Jalousien, Pergolen etc.) und evtl. vorhandene Fassadenverkleidungen betroffen. Hier besteht die Notwendigkeit, die Windfestigkeit von Dächern und Fassadenverkleidungen zu verstärken. Auch der zunehmenden Gefahr des Ablösens von am Gebäude angebrachten Außenanlagen ist vorzubeugen. Des Weiteren bestehen steigende Anforderungen an die Schlag- und Bruchfestigkeit der verwendeten Baumaterialien, z.B. im Hinblick auf Sturm in Verbindung mit Hagel.

Höhere Luftfeuchtigkeit
Auswertungen regionaler Klimamodelle lassen erkennen, dass die Winter milder aber auch niederschlagsreicher werden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass im Winterhalbjahr eine höhere Luftfeuchtigkeit auftritt. Dies kann eine verzögerte und über gewisse Zeiträume auch gänzlich fehlende Abtrocknung von Bauteilen bewirken. Besonders für organische Baustoffe, wie z.B. Holz, im Bereich von Dach, Wand und Fenstern bestünde dann die Gefahr des vermehrten Auftretens von Fäulnisschäden. Durch Feuchtigkeit im Mauerwerk wären auch zunehmend Frostrisse zu erwarten.

Diese wenigen Beispiele zeigen bereits die Vielschichtigkeit des Problems. Auch andere Bauwerke und die Infrastruktur unterliegen den sich ändernden Witterungseinflüssen im Zuge des Klimawandels. Es können jedoch im Rahmen dieses Artikels nicht alle Facetten dieser Thematik abgehandelt werden. Für weitere Informationen wird daher an dieser Stelle auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen (u.a. SUDAU & RUDOLF-MIKLAU, 2011; SCHUBERT, 2012; BAUER, 2011; GEORGES, 2008; CALTHORPE, 2010; MCCARTHY, 2001; VIVIAN & WILLIAMS, 2005; BLACKWELL, 2003).

Ein wichtiger Aspekt soll aber an dieser Stelle nicht unterschlagen werden, der im Prinzip auf dem Beispiel der Einzelgebäude aufbaut. Gemeint sind hiermit die Besonderheiten des Stadtklimas, die sich neben der Versiegelung der natürlichen Erdoberfläche auch durch die gegenseitige Beeinflussung einer Vielzahl von Gebäuden auf relativ engem Raum ergeben. Vorrangig sind in diesem Zusammenhang die städtische Wärmeinsel (UHI [Urban Heat Island]) und die lokale Niederschlagsmodifikation zu nennen (BÖHM & GABL, 1978; KUTTLER, 1997; HUPFER & KUTTLER, 2005; KUTTLER; 2009; LANDSBERG, 1981; OKE, 1987).

Die städtische Wärmeinsel beschreibt die je nach Tageszeit und Witterungsbedingungen auftretende Überwärmung des Stadtgebiets im Vergleich zum umgebenden Freiland. Sie ist in windschwachen wolkenarmen Wettersituationen in der Regel in den späten Nacht- und frühen Morgenstunden am stärksten ausgeprägt. In den Großstädten Mitteleuropas erreicht die Wärmeinselintensität Maximalwerte zwischen 6 K und 9 K. Besonders die verringerte nächtliche Abkühlung kann an heißen Sommertagen zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens bzw. der Gesundheit der Stadtbewohner führen.

Die im Rahmen des Klimawandels zu erwartende Temperaturzunahme mit häufigeren sommerlichen Hitzeperioden wird voraussichtlich zu einem vermehrten Auftreten ausgeprägter Wärmeinselsituationen führen. Damit steigt die bereits bestehende Belastung der Einwohner in Städten und städtischen Ballungsgebieten durch hohe Lufttemperaturen sehr wahrscheinlich weiter an. Dies gilt vor allem für die am dichtesten bebauten und versiegelten Stadtbereiche.

Durch die Besonderheiten der Stadt, wie eine erhöhte Oberflächenrauigkeit durch die Bebauung sowie ein insgesamt meist höheres Temperaturniveau können unter geeigneten Wetterbedingungen vorzugsweise konvektive Niederschläge verstärkt oder sogar erst ausgelöst werden. Die zu erwartenden häufigeren und intensiveren Starkregenereignisse werden daher im städtischen Umfeld möglicherweise noch verstärkt. Da die dicht bebauten und versiegelten Flächen in der Stadt zu einem raschen Oberflächenabfluss des Niederschlagswassers führen, können ergiebigere Starkregenereignisse Überlastungen der Kanalisation und in der Folge Überschwemmungen verursachen.

3. Auswirkungen sich ändernder Klimabedingungen auf die Bautätigkeit

Nicht nur das Bauwerk, sondern auch das eigentliche Bauen selbst wird durch die Witterungsbedingungen beeinflusst. Beispielsweise können eine Reihe von Baumaterialien wie Beton, Mörtel, Klebstoffe oder Anstriche nur in bestimmten Temperaturbereichen verarbeitet werden. Vor allem Frost und sehr hohe Temperaturen schränken die Einsetzbarkeit vieler Baustoffe ein. Durch Starkregen wiederum können Bauwerksteile durch Eindringen von Feuchtigkeit beschädigt oder sogar fortgespült werden.

Ungünstige Witterungsbedingungen gefährden aber auch die auf der Baustelle arbeitenden Menschen. Besonders Schnee, Eis, Starkregen oder hohe Windgeschwindigkeiten erhöhen die Unfallgefahr. Einschränkungen oder Unterbrechungen der Bautätigkeit aufgrund widriger Witterungsumstände haben auch nicht unerhebliche wirtschaftliche Folgen, zum Beispiel durch eine verspätete Fertigstellung des Bauwerks oder durch Zusatzkosten infolge des Einsatzes spezieller Techniken, die das Weiterbauen unter schwierigen Wetterbdingungen ermöglichen.

Gegenwärtig behindern vor allem tiefe Lufttemperaturen (Frost), eine Schneedecke und Starkregen die Bauarbeiten. Zum Nachweis witterungsbedingter Einschränkungen bzw. Unterbrechungen der Bautätigkeit wurde zwischen der ehemaligen Bundesanstalt für Arbeit und dem DWD ein Bewertungsverfahren entwickelt, das unter Berücksichtigung der vorgenannten meteorologischen Parameter eine Einstufung für jeden Tag des Jahres erlaubt, ob und in welchem Ausmaß die Arbeiten auf der Baustelle durch die Witterungsverhältnisse beeinträchtigt sind. Dieses Verfahren, dessen Ergebnisse als „Schlechtwettertage" bezeichnet werden, wird seit Jahrzehnten in der Bauwirtschaft genutzt.

Im Rahmen der Bestimmung der Schlechtwettertage wird jeder Arbeitstag in vier Kategorien eingestuft und zwar, ob das Wetter die Bauarbeiten nicht behindert, ungünstig beeinflusst, erschwert oder sehr erschwert. Dazu wird geprüft, ob die Parameter Lufttemperatur, 24-stündige Niederschlagshöhe, Niederschlagsdauer, Schneedeckenhöhe und Neuschneehöhe bestimmte Schwellenwerte über- oder unterschreiten. Die jeweils ungünstigste Einstufung für eines der erwähnten Wetterelemente führt dann zur Schlechtwetter-Einstufung für den betreffenden Tag.

Durch den Klimawandel werden sich sehr wahrscheinlich auch Veränderungen in der Häufigkeit von Einschränkungen der Bauarbeiten ergeben. Der DWD hat auf Basis eines Ensembles von 19 regionalen Klimamodellen untersucht, wie sich die Häufigkeit bestimmter Schlechtwettertage voraussichtlich bis zum Ende dieses Jahrhunderts entwickelt. Ausgewertet wurde dabei das Schlechtwetterkriterium „erschwerte Bautätigkeit" mit den Parametern Lufttemperatur (Tagesmaximum unter 0 °C und Tagesminimum zwischen -6,9 °C und -4,0 °C oder Tagesmaximum über 0 °C und Tagesminimum unter -6,9 °C) und/oder Niederschlag (24-stündige Niederschlagshöhe mindestens 20 mm). In Klammern sind die in der Schlechtwetterauswertung verwendeten Schwellenwerte aufgeführt.

Das Ergebnis der Auswertungen ist in Abb. 1 dargestellt. Sie enthält die Änderung der Häufigkeit von Schlechtwettertagen bezogen auf das Kriterium „Bautätigkeit erschwert" für die beiden Zeiträume 2021 bis 2050 und 2071 bis 2100 relativ zum Bezugszeitraum 1961 bis 1990. Zur Orientierung kann davon ausgegangen werden, dass derzeit im Flachland durchschnittlich 20 Tage pro Jahr mit erschwerter Bautätigkeit in Deutschland auftreten.

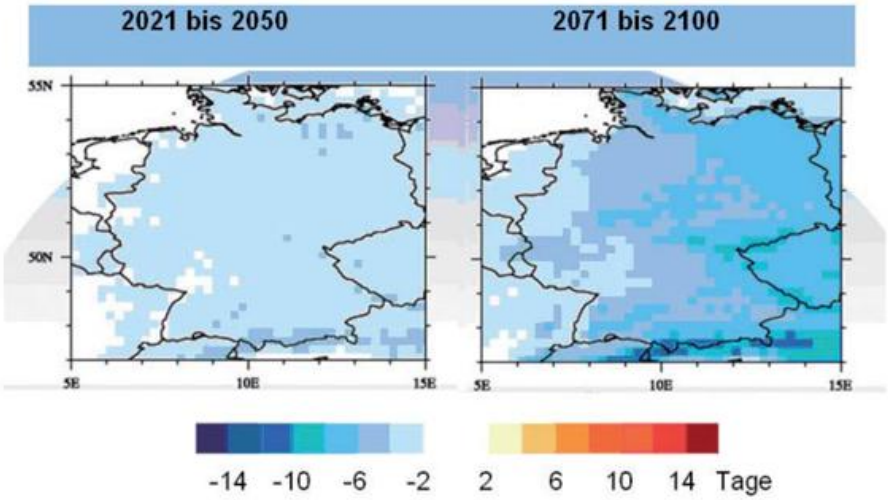


Abb. 1: Mittlere Änderung der Häufigkeit von Schlechtwetterlagen (Kriterium „Bautätigkeit erschwert") relativ zu 1961 bis 1990. Basis: 19 regionale Klimamodelle in Bezug auf Witterungsbedingungen, die die Bautätigkeit erschweren

Aus Abb. 1 geht zunächst hervor, dass bis Mitte des Jahrhunderts die Veränderungen in der Häufigkeit von Schlechtwettertagen vergleichsweise gering bleiben. Im Mittel über Deutschland wird bis 2050 die jährliche Anzahl von Tagen mit erschwerter Bautätigkeit um etwa 3 zurückgehen. In der zweiten Jahrhunderthälfte wird sich dieser Rückgang verstärken. Je nach Region werden für den Zeitraum 2071 bis 2100 im Jahresmittel bis zu 10 Schlechtwettertage weniger im Vergleich zur Periode 1961 bis 1990 erwartet. Der ausgeprägteste Rückgang tritt im Osten und Süden Deutschlands auf.

Nähere Analysen haben gezeigt, dass der beschriebene Rückgang in der Häufigkeit von Tagen mit erschwerter Bautätigkeit wesentlich auf der Abnahme von Tagen mit zu niedrigen Lufttemperaturen (Frost) beruht. Besonders im Winterhalbjahr könnte dann insgesamt länger gebaut werden als bisher. Andererseits deuten die Auswertungen auf eine leichte Zunahme der Beeinträchtigungen des Bauens durch Starkniederschlag hin, was jedoch durch den Rückgang des Auftretens von Frost überkompensiert wird, so dass sich hinsichtlich erschwerter Bautätigkeit in dem definierten Sinne unter dem Strich eher eine Entlastung für den Bausektor abzeichnet.

Spürbare Behinderungen der Arbeit am Bau könnten sich allerdings durch zukünftig vermehrt auftretende Hitzeperioden im Sommerhalbjahr ergeben. Dazu wurde wiederum ein Ensemble von 19 regionalen Klimamodellen hinsichtlich der Veränderung in der Häufigkeit des Auftretens der jährlichen Anzahl heißer Tage (Tagesmaximumtemperatur mindestens 30,0 °C) untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abb. 2 dargestellt. Für die beiden Projektionszeiträume 2021 bis 2050 und 2071 bis 2100 ist jeweils die mittlere Veränderung der jährlichen Anzahl heißer Tage im Vergleich zur Referenzperiode 1961 bis 1990 aufgeführt. Zur Einschätzung der Ergebnisse sei hier noch erwähnt, dass die bezogen auf 1961 bis 1990 in Deutschland im Flächenmittel vorkommende mittlere Anzahl heißer Tage bei 6 bis 7 pro Jahr liegt.

Wie Abb. 2 verdeutlicht, nimmt die mittlere jährliche Anzahl heißer Tage im Laufe des Jahrhunderts erkennbar zu. Bis zur Jahrhundertmitte ist vor allem der Südwesten Deutschlands betroffen. Dort sind im Jahresmittel bis zu etwa 8 Tage mehr zu erwarten, an denen das Tagesmaximum der Lufttemperatur mindestens 30 °C erreicht. Diese Entwicklung wird sich nach den derzeitigen Erkenntnissen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts beschleunigen. Insbesondere im Süden Deutschlands sind verbreitet über 20 heiße Tage mehr im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961 bis 1990 anzunehmen. Nur der äußerste Norden mit den Küsten von Nord- und Ostsee bleibt von der Zunahme heißer Tage weitestgehend verschont.
Hitze gehört bisher nicht zu den Kriterien bei der Definition der Schlechtwettertage für die Bauwirtschaft. Dennoch können sehr hohe Lufttemperaturen ebenfalls zu Beeinträchtigungen der Bautätigkeit führen. So sind bei Hitze Einschränkungen in der Verarbeitbarkeit bestimmter Baumaterialien möglich. Beispielsweise wäre im Straßenbau der Einsatz von Asphalt zunehmend problematisch und müsste u.U. durch andere Baumaterialien wie Beton ersetzt werden. Darüber hinaus kann Hitze eine gesundheitliche Belastung der am Bau eingesetzten Arbeitskräfte bedeuten und ggf. die Arbeitsleistung beeinträchtigen. Es ist also zu überlegen, das Kriterium „Hitze" aufgrund der zu erwartenden Zunahme entsprechender Witterungsverhältnisse in ein Bewertungsschema zur Behinderung der Bautätigkeit mit einzubeziehen.

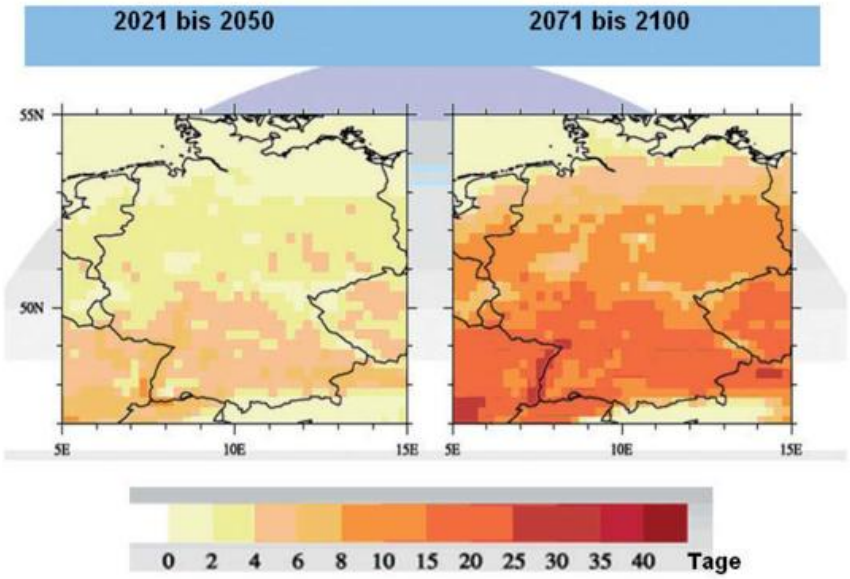


Abb. 2: Mittlere Änderung der mittleren Häufigkeit heißer Tage (Tagesmaximumtemperatur mindestens 30 °C) relativ zu 1961 bis 1990. Basis: 19 regionale Klimamodelle

4. Anpassung des Bauwesens an veränderte Klimaverhältnisse

Die geschilderten Veränderungen der für das Bauen relevanten Klimaparameter erfordern die Anpassung der Bauwirtschaft an den Klimawandel, um weiterhin langfristig funktionstüchtige Bauwerke sowie ein kosten- und energieeffizientes Bauen zu gewährleisten. Die Anpassungsmaßnahmen umfassen dabei ein breites Spektrum, das von den Baurichtlinien und Normen über die Bauweise und die Verwendung von Baumaterialien bis zum Einsatz der Arbeitskräfte an der Baustelle reicht. Bereits in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, 2008) des Umweltbundesamtes wurde auf die Notwendigkeit der Klimawandelanpassung des Bauwesens hingewiesen.

Welchen Umfang die verschiedensten Anpassungsmaßnahmen an veränderte Klimaverhältnisse annehmen können, lässt sich an dieser Stelle nur recht verkürzt darstellen. In Abschnitt 2 waren einige Auswirkungen des Klimawandels auf Gebäude und Städte beschrieben worden. Nachfolgend sollen daher einige Anpassungsmaßnahmen im Gebäudebereich und im Städtebau skizziert werden.

Höhere Lufttemperaturen
In den kommenden Jahrzehnten muss sehr wahrscheinlich mit weiter ansteigenden Lufttemperaturen gerechnet werden. Vorrangig sind daher Maßnahmen zu ergreifen, die eine zu starke Erwärmung der Gebäude, vor allem des Gebäudeinneren, im Sommerhalbjahr verhindern. Dies kann zum Einen durch eine geeignete Gestaltung der Gebäudeaußenhülle (Dach, Wände, Fenster), durch Verwendung von Baumaterialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit und hohem Reflexionsvermögen bezüglich der Sonneneinstrahlung, einer Dach- und Fassadenbegrünung (KÖHLER, 2008) sowie einem Sonnenschutz (z.B. Außenjalousien), der das Eindringen der Sonnenstrahlung durch die Fenster in das Gebäudeinnere reduziert, erreicht werden.

Zum Anderen können auch Maßnahmen im Bereich der technischen Gebäudeausstattung dazu beitragen, dass die Innenraumtemperaturen nicht zu sehr ansteigen. Konventionelle Klimaanlagen sollten allerdings nur in Fällen, in denen dies unvermeidbar ist, eingesetzt werden, da neben dem Energieverbrauch zum Betrieb der Klimaanlagen auch Abwärme anfällt, die an die Außenluft abgeführt wird und besonders in Stadtgebieten so zu einer unerwünschten Wärmequelle wird, gerade dann, wenn ohnehin hohe Lufttemperaturen herrschen. Eine Alternative wären intelligente Lüftungssysteme, die an den Witterungsverlauf angepasst das Öffnen und Schließen der Gebäudeöffnungen steuern und somit die Aufheizung der Innenräume reduzieren oder verhindern.

Eine bessere Wärmedämmung der Gebäudeaußenhülle verringert im Winter den Wärmeverlust an die Umgebungsluft. Obwohl die Winter voraussichtlich insgesamt milder werden, werden weiterhin Heizungen in den Gebäuden benötigt. Die Wärmedämmung reduziert damit auch den Energiebedarf zur Erwärmung des Gebäudeinneren. Soweit fossile Brennstoffe verwendet werden, wird dann weniger CO2 freigesetzt und somit ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet. Darüber hinaus ist zu beachten, dass auch erneuerbare Energien in der Regel nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, so dass ein effizienter Energieeinsatz, z.B. zum Heizen, ohnehin anzustreben ist (NAUMER, 2008).

Besondere Anstrengungen sind in der Stadtplanung gefordert, damit sich die bestehenden ungünstigen Auswirkungen der Stadt auf das Lokalklima durch den Klimawandel nicht weiter verstärken (BICKNELL et al., 2009; CALTHORPE, 2010; HANDBUCH STADTKLIMA, 2011). Eine wichtige Zielsetzung besteht dabei in der Reduktion der urbanen Wärmeinsel. Wesentliche Maßnahmen zu diesem Zweck sind die Verbesserung der Durchlüftung der Stadt (z.B. Ausbau und Neuplanung von Frischluftschneisen, Anlage von Wasserflächen, perforierte Bauweise durch Mischung bebauter und naturbelassener Flächen), die Erweiterung vegetationsbestandener Flächen (z.B. Anpflanzung von Bäumen, Fassadenbegrünung, Dachgärten) und die Vermeidung zusätzlicher Wärmeproduktion (z.B. Vermeidung von Klimaanlagen zur Gebäudekühlung, Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs, Erhöhung der Energieeffizienz, vermehrter Einsatz regenerativer Energieformen).

Häufigere Starkregenereignisse
Zum Schutz vor zukünftig zu erwartenden häufigeren und auch intensiveren Starkregenereignissen steht zunächst die Erhöhung der Gebäudedichtigkeit im Vordergrund. Dies gilt vor allem für Gebäudeöffnungen wie Türen und Fenster aber auch für das Dach. Des Weiteren ist für eine ausreichende Entwässerung (Drainage) am Gebäude zu sorgen, um das Eindringen von Wasser aus dem Erdreich oder des ggf. oberflächlich abfließenden Niederschlagswassers zu verhindern. Speziell in Hanglagen ist an die Erhöhung der Festigkeit der Fundamente sowie an die Absicherung des Geländes gegen Erdrutschungen zu denken (BLACKWELL, 2003; VIVIAN et al., 2005).

In Stadt- und Ballungsräumen besteht aufgrund der vielfach versiegelten und bebauten Flächen die Gefahr, dass Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen konzentriert oberflächlich, d.h. entlang von Straßenzügen abfließt oder durch Überforderung der Kanalisation an die Oberfläche tritt und zu Überflutungen führt. Prinzipiell sollten daher dem Niederschlagswasser durch die Reduzierung versiegelter Bereiche, z.B. durch Anlage von Grünflächen oder den Einsatz von Dachbegrünungen Möglichkeiten zur Versickerung gegeben werden. Der Oberflächenabfluss kann auch durch den Bau von Rückhaltebecken oder die Anpassung (Neubemessung) der Kanalisation verringert werden.

Intensivere Stürme
Stürme beanspruchen im Besonderen die Außenhülle (Dach, Wände) von Gebäuden (MC-CARTHY, 2001; VIVIAN et al., 2005). Durch Schäden am Dach kann es zum Beispiel durch eindringendes Niederschlagswasser zu weiteren Folgeschäden kommen, die die Funktion des Gebäudes u.U. ganz erheblich einschränken. Um sich auf im Rahmen des Klimawandels möglicherweise auftretende höhere Windgeschwindigkeiten bei Stürmen anzupassen, wäre vor allem die Windfestigkeit von Dächern zu erhöhen. Aber auch die Fassadenverkleidungen sollten verstärkt gegen Fortwehen gesichert werden.

Hohe Windgeschwindigkeiten besonders in Verbindung mit Hagel aber zum Beispiel auch zusammen mit abgerissenen Zweigen und Ästen oder anderen sich lösenden Teilen führen zur Beschädigung der Außenhülle eines Gebäudes. Dem kann in einem gewissen Rahmen durch die Erhöhung der Schlag- und Bruchfestigkeit der für die Gebäudehülle verwendeten Baumaterialien begegnet werden. Die Anlage eines Windschutzes, beispielsweise durch Bewuchs, in der Umgebung des Gebäudes kann als Gegenmaßnahme im Fall höherer Windgeschwindigkeiten sinnvoll sein.

In der Tab. 2 sind einige Anpassungsmaßnahmen im Bereich von Gebäuden sowie der Stadtplanung, die aufgrund der zu erwartenden zukünftigen Veränderungen einer Reihe von Klimaparametern erforderlich sind, zusammengefasst.

Klimaparameter	betroffen	Anpassungsmaßnahmen
Lufttemperaturanstieg	Gebäude	Dach- und Wandisolierung, Sonnenstrahlung reflektierende Anstriche, Fassaden- und Dachbegrünung, Sonnenschutz (Rollläden, Jalousien u.a.), Abschattung durch Bäume, „intelligente" Lüftung (keine Klimaanlage)
Lufttemperaturanstieg	Stadt	Ausbau und Planung von Frischluftschneisen, Durchgrünung (Dach, Fassade, ebenerdig), Anpflanzung von Bäumen (Schatten), Anlage von Wasserflächen, Perforierte Bauweise (Wechsel von bebauten und naturbelassenen Flächen), Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs, Vermeidung konventioneller Klimaanlagen, Erhöhung der Energieeffizienz
Vermehrter Starkregen	Gebäude	Erhöhung der Bauwerksdichtigkeit (Abdichten von Dach, Fenster und Türen u.a.), ausreichende Entwässerung (Drainage), besonders in Hanglagen Erhöhung der Standfestigkeit der Fundamente, Absicherung des Geländes gegen Hangrutschungen
Vermehrter Starkregen	Stadt	Reduzierung der versiegelten Flächen, mehr Stadtgrün (Parks, Bäume, Dachgärten), Anlage von Rückhaltebecken, Neubemessung der Kanalisation
Intensivere Stürme	Gebäude	Erhöhung der Windfestigkeit von Dächern und Fassadenverkleidungen, Vermeidung oder verstärkte Befestigung von Außenanlagen, Erhöhung der Schlag- und Bruchfestigkeit von Baumaterialien, Anlage von Windschutz (z.B. durch Bewuchs)
Erhöhte Luftfeuchtigkeit (Winter)	Gebäude	Verwendung feuchtigkeitsabweisender bzw. feuchteresistenter Baustoffe, geeigneter Oberflächenschutz (z.B. Anstriche), Gewährleistung einer ausreichenden Durchlüftung am und im Gebäude (z.B. Vermeidung von Schimmelbildung)

Tab. 2: Einige Anpassungsmaßnahmen im Bereich Bauwerke (Gebäude) und Stadtplanung im Hinblick auf sich im Zuge des Klimawandels voraussichtlich ändernder Klimaparameter.

Natürlich stellen die beschriebenen Anpassungsmaßnahmen im Bereich Gebäude und Stadtplanung im Rahmen dieses Artikels nur einen begrenzten Ausschnitt aus dem gesamten Anpassungsbedarf des Bauwesens an den Klimawandel dar. Beispielsweise gehört die gesamte Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur zu einem weiteren wichtigen Bereich des Bauwesens, der dem Klimawandel im beträchtlichen Ausmaß unterliegt. So müssen z. B. Straßen, Schienenwege oder Stromleitungen so ausgelegt werden, dass sie ihre Funktionstüchtigkeit auch in Zukunft behalten. Entscheidend hierbei kann die Wahl des geeigneten Baumaterials aber auch die Trassenführung mit Schutz vor Witterungseinflüssen wie Windbruch oder Überflutung u.a. sein.

Um Anpassungsmaßnahmen im Bauwesen an den Klimawandel sowohl möglichst wirksam als auch wirtschaftlich treffen zu können, benötigen Planer, Architekten und Ingenieure umfassende und auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Informationen zu den zu erwartenden Klimaveränderungen. Hierzu arbeitet der Deutsche Wetterdienst bereits seit Jahren an der Auswertung regionaler Klimamodelle und stellt in zunehmendem Maße auch Klimainformationen der Bauwirtschaft und für das Bauwesen verantwortlicher Institutionen zur Verfügung. Damit unterstützt der DWD die Anpassung des Bauwesens an die Anforderungen durch den Klimawandel.

5. Der DWD unterstützt die Bauwirtschaft bei der Anpassung an den Klimawandel

In Deutschland bestehen Grundsätze (Baugesetzbuch, Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke), wie in unterschiedlichen Regionen unter den jeweiligen Klimaverhältnissen zu bauen ist. Derzeit basieren Normen und Regelwerke im Bauwesen auf Klimadaten, die aus Mess- und Beobachtungswerten vergangener Jahre und Jahrzehnte stammen. In Zeiten des Klimawandels besteht jedoch die Notwendigkeit, die Regelungen für das Bauen sowohl an aktuelle Klimabedingungen anzupassen als auch Erkenntnisse über das zukünftige Klima mit einfließen zu lassen. Dies gilt besonders im Hinblick darauf, dass Gebäude und Infrastrukturen in der Regel über lange Zeiträume hinweg genutzt werden und so auch Veränderungen in den Klimaverhältnissen die Funktion der Bauwerke beeinträchtigen können.

Der DWD hat zwischenzeitlich begonnen, zusammen mit verantwortlichen Institutionen wie dem **V**erein **D**eutscher **I**ngenieure (VDI) oder dem **B**undesinstitut für **B**au-, **S**tadt- und **R**aumforschung (BBSR) im **B**undesamt für **B**auwesen und **R**aumordnung (BBR) Richtlinien und Regelwerke für das Bauen zu aktualisieren und erstmals auch Ergebnisse aus den Analysen regionaler Klimamodelle darin aufzunehmen. Beispiele hierfür sind die VDI-Richtlinie 4710, Blatt 3 Meteorologische Grundlagen für die technische Gebäudeausrüstung (VDI, 2009) und die sog. Testreferenzjahre, ein Datensatz zur thermischen Gebäudesimulation.

Testreferenzjahre
Die Testreferenzjahre, abgekürzt auch als TRY (**T**est **R**eference **Y**ears) bezeichnet, stehen den Anwendern bereits seit über 25 Jahren zur Verfügung. Die Erstausgabe erfolgte im Jahr 1986 (BLÜMEL et al, 1986). Eine Aktualisierung der Datensätze erfolgte dann im Jahr 2004 (CHRISTOFFER et al, 2004). Die TRY enthalten stündliche Werte diverser meteorologischer Parameter (Lufttemperatur, Wolkenbedeckungsgrad, Wasserdampfgehalt der Luft, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, solare Einstrahlung u.a.) von auf Basis statistischer Methoden ausgewählter Repräsentanzstationen, die den typischen Witterungsverlauf eines Jahres in 15 unterschiedlichen Klimaregionen Deutschland darstellen.

Diese Datensätze werden vorrangig von Ingenieuren dazu benutzt, das thermische Verhalten von Gebäuden unter verschiedenen Klimaverhältnissen zu simulieren. Daraus können auch Aussagen zur erforderlichen Dimensionierung von Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen abgeleitet sowie der Energieverbrauch für die Gebäudeklimatisierung berechnet werden. Sie stellen somit ein wichtiges Instrument dar, um Gebäude so zu planen, dass mit möglichst geringem Energieaufwand ein optimales Innenraumklima erzielt werden kann.

Bereits kurz nach der Aktualisierung der TRY im Jahr 2004 auch in Anbetracht des in weiten Teilen Deutschlands außergewöhnlich heißen Sommers 2003 wuchsen die Nachfragen aus Anwenderkreisen, inwieweit die Datensätze auf die Zukunft übertragen werden können. Die Erkenntnisse aus dem 4. IPCC-Bericht 2007 (IPCC, 2007) gaben diesen Nachfragen weiteren Auftrieb. Im Auftrag des BBSR und in Zusammenarbeit mit der Firma CEC-Potsdam GmbH führte der DWD vom April 2009 bis zum März 2011 ein spezielles Projekt durch, in dem neben einer weiteren Aktualisierung der TRY-Datensätze auch Erkenntnisse aus regionalen Klimamodellen für die zukünftige Klimaentwicklung bis 2050 einflossen.

Die Testreferenzjahre bestehen jetzt erstmals nicht nur aus einen Datensatz, der die gegenwärtigen Klimaverhältnisse basierend auf den Zeitraum 1988 bis 2007 beschreibt, sondern beinhaltet auch einen vom Aufbau identischen Datensatz, der die für den Zeitraum 2021 bis 2050 zu erwartenden Klimabedingungen enthält. Das sog. „Zukunfts-TRY" wurde auf der Grundlage von 5 regionalen Klimamodellen entwickelt. Mit diesen Datensätzen können Gebäude nun zukunftssicherer geplant werden, insbesondere was die Bereitstellung eines optimalen Innenraumklimas betrifft. In Abb. 3 sind exemplarisch die typischen Jahresgänge der Lufttemperatur sowohl für den Zeitraum 1988 bis 2007 als auch von 2021 bis 2050 an der Station Mannheim, die die Klimaverhältnisse der Region „Oberrheingraben und unteres Neckartal" repräsentiert, dargestellt.

Neben dem typischen Jahresgang der Lufttemperatur in den beiden Zeiträumen 1988 bis 2007 und 2021 bis 2050 enthält Abb. 3 auch die Jahresmitteltemperaturen aus den beiden Zeiträumen. Daraus wird ersichtlich, dass insgesamt bis zur Mitte dieses Jahrhunderts eine Erwärmung um 1,3 K in der durch die Station Mannheim repräsentierten Klimaregion Oberrheingraben und unteres Neckartal" zu erwarten ist. Beide Datensätze der Testreferenzjahre können unmittelbar in die von den anwendenden Ingenieuren betriebenen Gebäudesimulationsprogramme aufgenommen werden. Nähere Informationen zu den aktualisierten Testreferenzjahren sind unter www.dwd.de/TRY zu finden. Dort sind auch Hinweise enthalten, wie die Datensätze bestellt bzw. direkt heruntergeladen werden können.

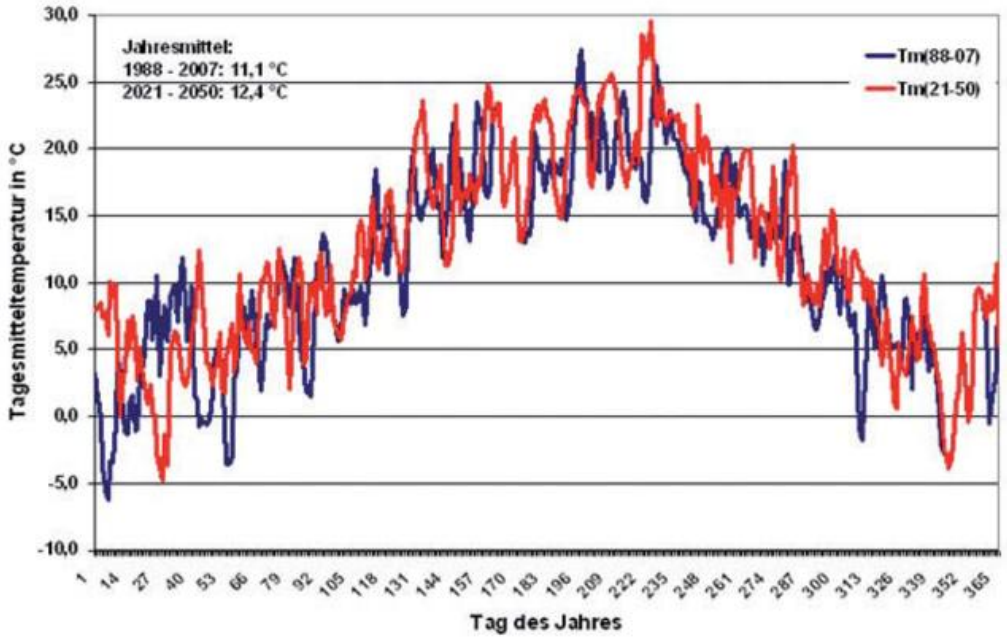


Abb. 3: Verlauf der Tagesmitteltemperaturen im Jahresgang der Testreferenzjahre (TRY) für die Gegenwart (Zeitraum 1988 bis 2007) und die Zukunft (Zeitraum 2021 bis 2050) mit Daten der Repräsentanzstation Mannheim für die Klimaregion „Oberrheingraben und unteres Neckartal". Tm(88-07) : Tagesmitteltemperaturen aus dem Zeitraum 1988 bis 2007, Tm(21-50) : Tagesmitteltemperaturen aus dem Zeitraum 2021 bis 2050 auf Basis von 5 regionalen Klimamodellen.

Stadtplanung

In der Stadtplanung werden Maßnahmen projektiert, die in der Regel über viele Jahrzehnte Bestand haben. Um Maßnahmen so umzusetzen, dass sie das Stadtklima nicht nachteilig beeinflussen, sind neben der Kenntnis des grundsätzlichen Wirkungsbezuges zwischen geplanter Maßnahme und Stadtklima auch Kenntnisse über die zukünftig zu erwartende Veränderung der klimatischen Verhältnisse selbst erforderlich. Vor allem gilt es zu klären, in welcher Weise sich schon heute zeitweise die Stadtbewohner belastende Phänomene, wie z.B. die städtische Überwärmung in Form der städtischen Wärmeinsel, in Häufigkeit und Intensität zukünftig entwickeln können.

Auf Basis des Stadtklimamodells MUKLIMO_3 (**M**ikroskaliges **U**rbanes **K**limamodell; SIEVERS, 1990, 1995; SIEVERS & ZDUNKOWSKI, 1986) hat der DWD eine Methode entwickelt, um mit den Daten regionaler Klimamodelle vorrangig die Veränderung der thermischen Bedingungen in Städten und Ballungsgebieten zu bewerten (FRÜH et al., 2011a). In einem Pilotprojekt mit der Stadt Frankfurt am Main wurde mit dieser Methodik sowohl die vergangene als auch die in Zukunft zu erwartende Entwicklung des städtischen Lufttemperaturregimes untersucht. Dabei können auch einzelne Stadtstrukturen mit ihrer Bebauung und ihrer Flächennutzung berücksichtigt werden.

Ein weiterer Vorteil der genannten Stadtklimasimulationen besteht darin, dass geplante, also noch gar nicht realisierte Maßnahmen, in ihren Auswirkungen auf das Stadtklima bewertet werden können.

Für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Lufttemperatur im Gebiet der Stadt Frankfurt/Main bis zur Mitte dieses Jahrhunderts (FRÜH et al., 2011b) wurden die Klimaprojektionen der regionalen Klimamodelle CLM (KEULER & LAUTENSCHLAGER, 2006), REMO (JACOB, 2005; JACOB et al, 2008), STAR (ORLOWSKY et al., 2008) und WETTREG (KREIEN-KAMP & ENKE, 2006) auf Basis des gemäßigten Emissionsszenarios A1B (IPCC, 2007) verwendet. Damit konnte gezeigt werden, dass in Frankfurt/Main bis 2050 die jährliche Anzahl der Sommertage (Tage mit einem Temperaturmaximum von mindestens 25,0 °C) von gegenwärtig 44 pro Jahr um weitere 5 bis 31 Tage pro Jahr ansteigt, wie Abb. 4 noch einmal verdeutlicht.

Ein weiterer interessanter Teilaspekt der o.g. beim DWD durchgeführten Stadtklimauntersuchung ergibt sich dadurch, dass die zu erwartende Zunahme der jährlichen Anzahl von Sommertagen sich kaum zwischen Stadt und Umland unterscheidet. Damit wird die Belastung der Menschen durch hohe Lufttemperaturen sowohl in der Stadt als auch außerhalb in etwa dem gleichen Ausmaß ansteigen. Andererseits werden sich jedoch häufiger ausgeprägte Wärmeinselsituationen, wie sie typisch für wolkenarme und windschwache Wetterlagen sind, einstellen und im Sommerhalbjahr dann auch öfter mit hohen Lufttemperaturen das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung beeinträchtigen.

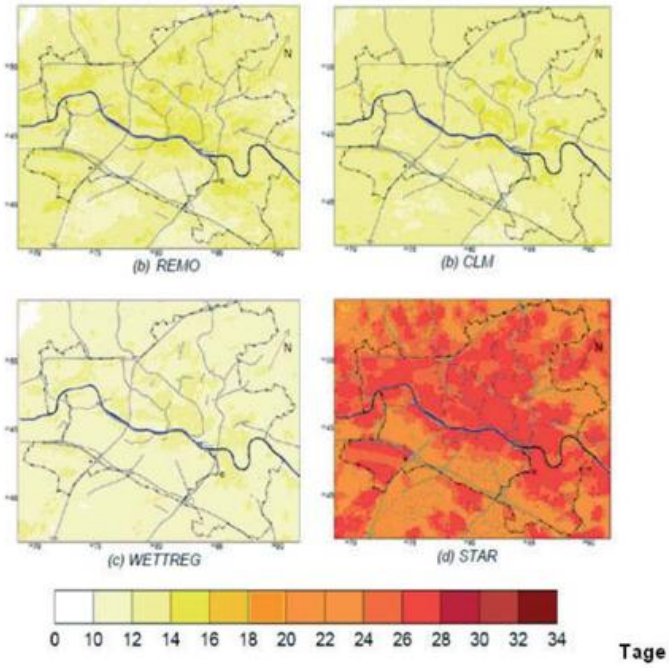


Abb. 4: Änderungen der mittleren jährlichen Anzahl der Sommertage zwischen den Zeiträumen 1971 bis 2000 und 2021 bis 2050 bei 4 regionalen Klimamodellen und dem IPCC-Emissionsszenario A1B für das Stadtgebiet Frankfurt/Main aus FRÜH et al. (2011b)

Wie bereits erwähnt, können mit den Stadtklimasimulationen auch die lokalklimatischen Auswirkungen von Stadtplanungsmaßnahmen vor ihrer Realisierung abgeschätzt werden. In dem beschriebenen Pilotprojekt mit der Stadt Frankfurt am Main wurden daher auch die möglichen Auswirkungen schon vorliegender Stadtplanungsmaßnahmen auf die lokalen Temperaturverhältnisse bewertet. Nach FRÜH et al. (2011) konnte gezeigt werden, dass eine Umwandlung von bebauten Flächen in Grünflächen die durch den Klimawandel erwartete Zunahme an Sommertagen ungefähr halbieren würde. Auf der anderen Seite kann die Bebauung einer Grünfläche die mögliche Zunahme an jährlichen Sommertagen in etwa verdoppeln.

Allerdings werden die lokalklimatischen Auswirkungen der genannten Einzelmaßnahmen räumlich auf die nahe Umgebung begrenzt bleiben. Für die Gestaltung einer „klimawandelgerechten" Stadt, in der die negativen Folgen des Stadtklimas reduziert werden, wären geeignete Maßnahmen, wie z.B. Anlage von Frischluftschneisen, Schaffung und Erweiterung von Grünzügen und Parkanlagen, aufgelockerte Bauweise oder Dach- und Fassadenbegrünung, zu bündeln und in möglichst allen Stadtteilen umzusetzen.

6. Fazit

Der Klimawandel stellt das Bauwesen vor neue Herausforderungen. So wird sich zum Beispiel durch häufigere sommerliche Hitzeperioden, durch vermehrte und intensivere Starkregenereignisse oder durch Stürme mit möglicherweise höheren Windgeschwindigkeiten die Witterungsbeanspruchung von Bauwerken und Infrastruktur erhöhen. Um die optimale Funktion von Bauwerken und Infrastruktur auch zukünftig zu gewährleisten, sind umfangreiche Anpassungsmaßnahmen an sich verändernde Klimabedingungen erforderlich. Wie bereits die in diesem Beitrag näher aufgeführten Beispiele im Bereich Gebäude und Stadtplanung zeigen, überdecken die notwendigen Anpassungsmaßnahmen ein weites Spektrum, das von der Aktualisierung und Neufassung von Baurichtlinien und Normen über konkrete Bau- und Planungsmaßnahmen, wie verstärkter Schutz von Bauwerken vor extremen Wetterereignissen und Reduzierung lokalklimatisch nachteiliger Auswirkungen des Stadtklimas, bis zum effizienteren Energieeinsatz für die Innenraumklimatisierung von Gebäuden reicht.

Die Bautätigkeit selbst wird voraussichtlich ebenfalls von den Folgen des Klimawandels betroffen sein. Im DWD durchgeführte Analysen deuten daraufhin, dass Frostperioden im Winterhalbjahr seltener werden. Damit besteht die Aussicht, im Winter länger bauen zu können als das bisher der Fall ist. Andererseits könnten zunehmend auftretende Hitzeperioden im Sommer zu einem Problem werden sowohl was die Leistungsfähigkeit der am Bau Beschäftigten als auch den Einsatz bestimmter Baumaterialien betrifft. Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Bautätigkeit können beispielsweise in an extreme Witterung (Hitze u.a.) angepasste Arbeitsbedingungen und in der Verwendung für diese Witterungsverhältnisse besser geeigneter Baustoffe bestehen.

Die Anpassung des Bauwesens an den Klimawandel wird vor allem bei bestehenden Bauwerken und der Infrastruktur erhebliche Investitionen erfordern. Das Ziel der Anpassungsmaßnahmen besteht in der langfristigen Sicherung der Nutzbarkeit und Funktion

von Bauwerken und Infrastruktur sowie in der Erhöhung der Energieeffizienz, insbesondere bei der Innenraumklimatisierung von Gebäuden. Damit können entsprechende Anpassungsmaßnahmen auch dazu beitragen, dass weniger Treibhausgase freigesetzt und das Ausmaß des Klimawandels verringert werden.

Die begonnene Zusammenarbeit mit Planern, Architekten und Ingenieuren sowie für die Erstellung von Baurichtlinien und Regelwerken verantwortlichen Institutionen wird der DWD fortsetzen und vertiefen. Fundierte Erkenntnisse aus der Klimatologie und aus der Analyse globaler und regionaler Klimamodelle zur zukünftigen Klimaentwicklung bilden die Basis einer effektiven, aber auch ökonomischen Anpassungsstrategie der Bauwirtschaft an sich verändernde Klimaverhältnisse.

7. Literaturzitate

BAUER, M., G. HAUSLADEN, M. HEGGER, H.-D. HEGNER, T. LÜTZENKOPF, J. RADERMACHER, K. SEDLBAUER, W. SOBECK (2011):
Nachhaltiges Bauen: Zukunftsfähige Konzepte für Planer und Entscheider. Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, 240 pp.

BICKNELL, J., D. DODMAN, D. SATTERTHWAITE (2009):
Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges. earthscan from Routledge, 397 pp.

BLACKWELL, J. (2003):
Climate change and construction. University of Manchester. Dept. of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, 77 pp.

BLÜMEL, K., HOLLAN, E., KÄHLER, M., PETER, R. (1986):
Entwicklung von Testreferenzjahren (TRY) für Klimaregionen der Bundesrepublik Deutschland. Forschungsbericht T 86-051, Technologische Forschung und Entwicklung – Nichtnukleare Energietechnik -, Bundesministerium für Forschung und Technologie.

BÖHM, R. und GABL, K. (1978):
Die Wärmeinsel einer Großstadt in Abhängigkeit von verschiedenen meteorologischen Parametern. Arch. Meteorol. Geoph. Biokl., Ser. B 26, 219 – 237.

CALTHORPE, P. (2010):
Urbanism in the Age of Climate Change. ISLAND PRESS, 145 pp.

CHRISTOFFER, J., DEUTSCHLÄNDER, T., WEBS, M. (2004):
Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse TRY. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. Main.

FRÜH, B., P. BECKER, T. DEUTSCHLÄNDER, J.-D. HESSEL, M. KOßMANN, I. MIESKES, J. NAMYS-LO, M. ROOS, U. SIEVERS, T. STEIGERWALD, H. TURAU, U, WIENERT (2011a):
Estimation of climate change impacts on the urban heat load using an urban climate model and regional climate projections. J. Appl. Met. And Climatol., Vol. 50, No. 1, 167 – 184.

FRÜH, B., M. KOßMANN, M. ROOS, MARITA (Hrsg.: Deutscher Wetterdienst) (2011b):
Frankfurt am Main im Klimawandel – Eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung. Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, (Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 237) ISBN 978-3-88148-453-4.

GEORGES, M. (2008):
Bauen im Zeitalter des Klimawandels: Klimaschutz für Hamburg: Hinweise für Planer, Bauherren und Architekten. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, 48 pp.

HANDBUCH STADTKLIMA (2011):
Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, mediateam, Erftstadt, 68 pp.

HUPFER, P. (Hrsg.) & KUTTLER, W. (Hrsg.) (2005):
Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. B.G. Teubner, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden.

JACOB, D. (2005):
REMO Climate of the 20th century run No. 006210, 1950-2000 und A1B scenario run No. 006211, 2001-2100. UBA Project, 0.088 degree resolution, 1h Data. CERADatenbank: http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/BrowseExperiments.jsp?proj=REMO-UBA

JACOB, D., H. GÖTTEL, S. KOTLARSKI, P. LORENZ, K. SIECK (2008):
Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland - Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Tech. Rep. Abschlussbericht zum UFOPLAN Vorhaben 204 41 138, 11, 154pp, UBA-Reihe Climate Change, Dessau.

KEULER, K. & M. LAUTENSCHLAGER (2006):
Climate Simulations with CLM. Climate of the 20th Century run No.1, 1960-2000, Data Stream 2 und Scenario AIB run No.1, 2001-2100, Data Stream 2. European region, MPI-M/MaD. CERA-Datenbank: http://cerawww.dkrz.de/WDCC/ui/BrowseExperiments.jsp?proj=CLM_regional_climate_model_runs

KÖHLER, M., 2008:
Green facades – a view back and some visions. – Urban Ecosystems. doi: 10.1007/s11252-008-0063-x.

KREIENKAMP, F. & W. ENKE, 2006:
WETTREG 20C control run 1961-2000 und WETTREG A1B scenario run 2001-2100, UBA Project. CERA-Datenbank: http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/BrowseExperiments.jsp?proj=WETTREG-UBA

KUTTLER, W. (1997):
Städtische Klimamodifikation. VDI-Berichte 1330, 87 – 108.

LANDSBERG, H. E. (1981):
The Urban Climate. Int. Geophys. Ser. 28, Academic Press, New York.

MCCARTHY, J. J. (2001):
Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 1032 pp.

NAUMER, W. (2008):
Energiesparend bauen und modernisieren. Haufe-Verlag, 224 pp.

OKE, T.R. (1987):
Boundary Layer Climates. Methuen 2.ed., London.

ORLOWSKY, B., F.-W. GERSTENGARBE, P.C. WERNER (2008):
A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. Theor. Appl. Climatol, 92 (3-4), 209–223, doi:10.1007/s00704-007-0352-y.

SIEVERS, U. (1990):
Dreidimensionale Simulationen in Stadtgebieten. Umweltmeteorologie, Schriftenreihe Band 15: Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni in Lahnstein. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf. S. 92-105.

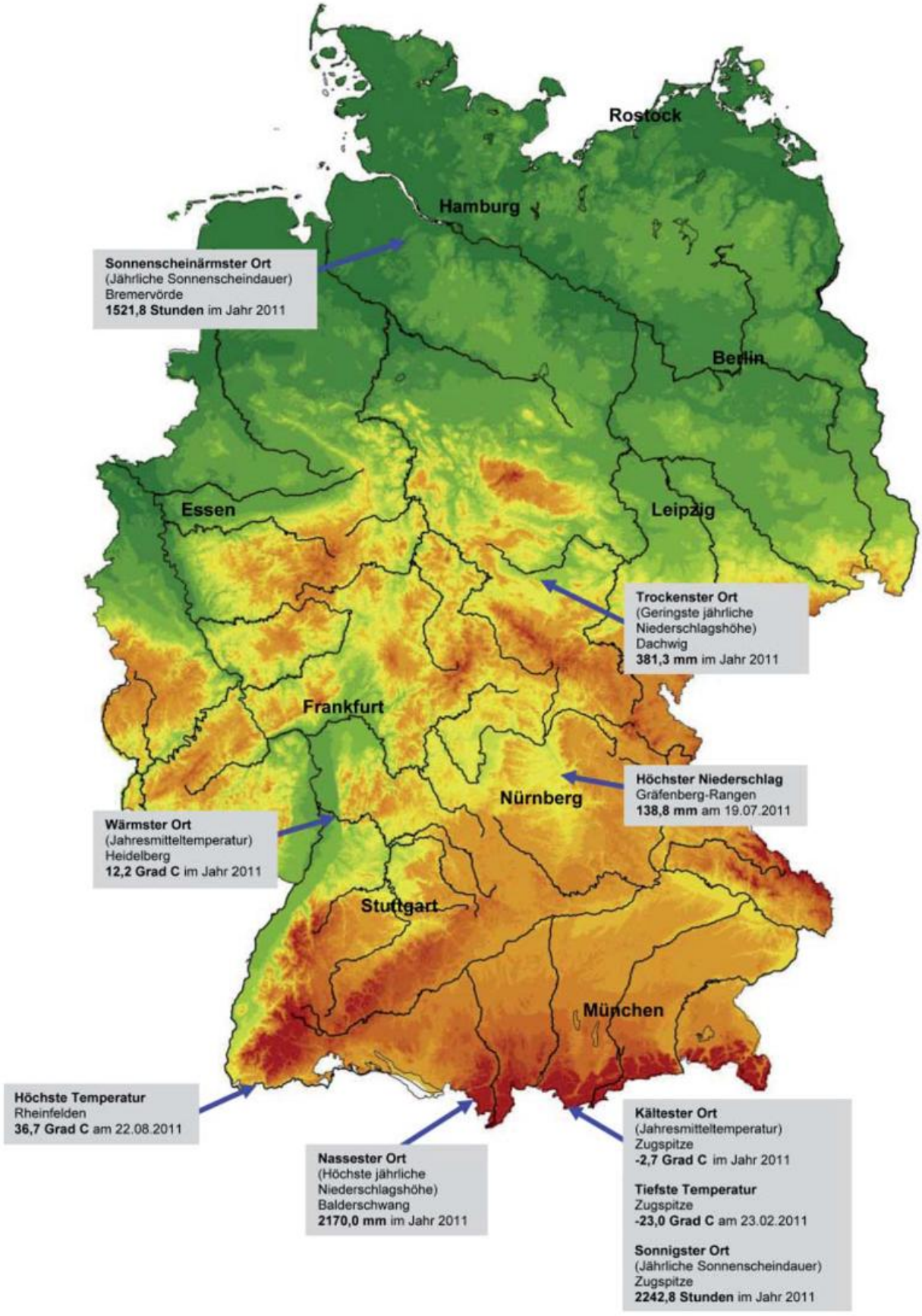
SIEVERS, U. (1995):
Verallgemeinerung der Stromfunktionsmethode auf drei Dimensionen. Meteorol. Zeitschrift, N. F. 4, S. 3-15.

SIEVERS, U. & W. ZDUNKOWSKI (1986):
A microscale urban climate model. Beitr. Phys. At-mosph. 59, S. 13-40.

VDI 4710 BLATT 3 (2009):
Meteorologische Grundlagen für die technische Gebäudausrüstung – t, x – Korrelationen der Jahre 1991 bis 2005 für 15 Klimazonen in Deutschland, Beuth-Verlag, 28 pp.

VIVIAN, S., N. WILLIAMS, W. ROGERS (2005):
Climate change and risks in building. CIRIA, 100 pp.

Extremwertkarte 2011



Die Witterung in Deutschland 2011

M. Böhme, F. Böttcher, C. Lefebvre, F.-J. Löpmeier, G. Müller-Westermeier, S. Pietzsch, W. Riecke, H.-H. Schmitt

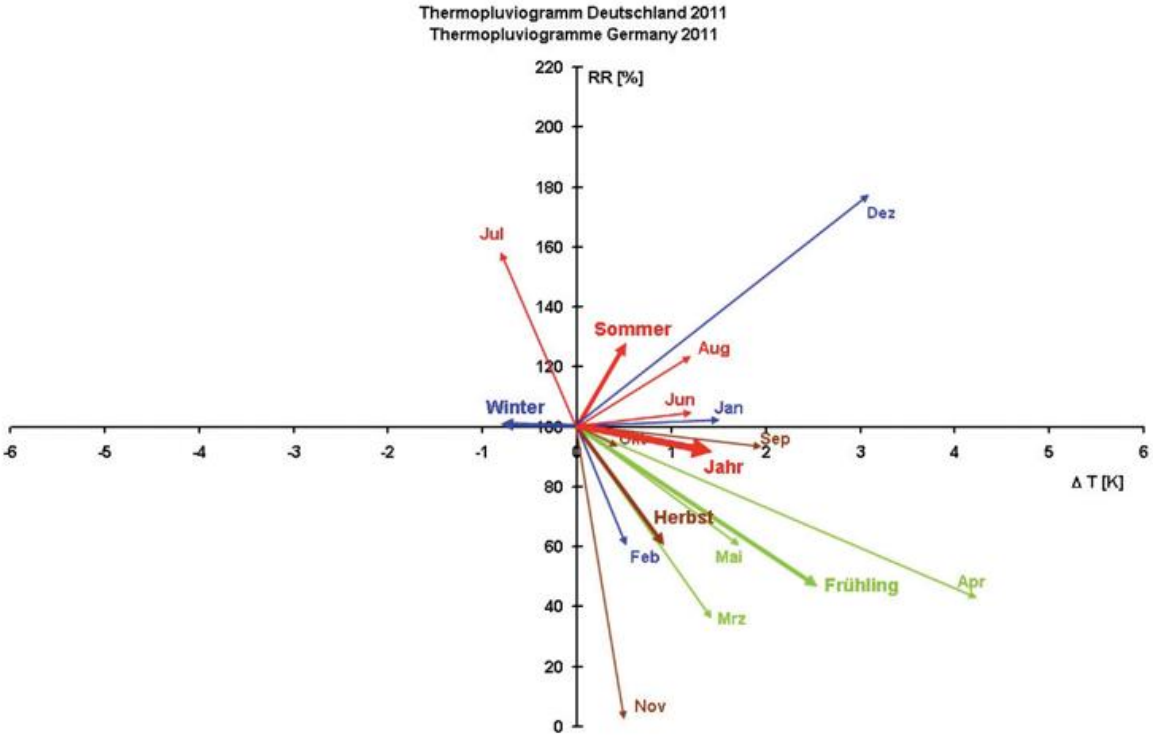
Übersicht

Nach dem „Ausrutscher" im vergangenen Jahr lag Deutschland in diesem Jahr wieder voll im globalen klimatologischen Trend, denn es war wieder deutlich wärmer als in der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90.
Es gab im Gebietsmittel von Deutschland weniger Niederschlag als im Bezugszeitraum. Die Sonnenscheindauer war extrem hoch.

Die **Mitteltemperatur** für Deutschland berechnet aus einem interpolierten 1-km-Raster lag mit 9,6 °C um 1,4 Grad über dem Wert des Bezugszeitraums und um 0,8 Grad über dem Durchschnittswert der Periode 1981-2010. Nur der Juli wies gegenüber der Referenzperiode 1961-90 eine unterdurchschnittliche Mitteltemperatur auf, während alle anderen Monate wärmer als in der Referenzperiode waren. Insgesamt wurde das Jahr 2011 das 4. wärmste Jahr seit Beginn der Gebietsmittelzeitreihe im Jahr 1881 (hinter 2000, 2007 und 1994).

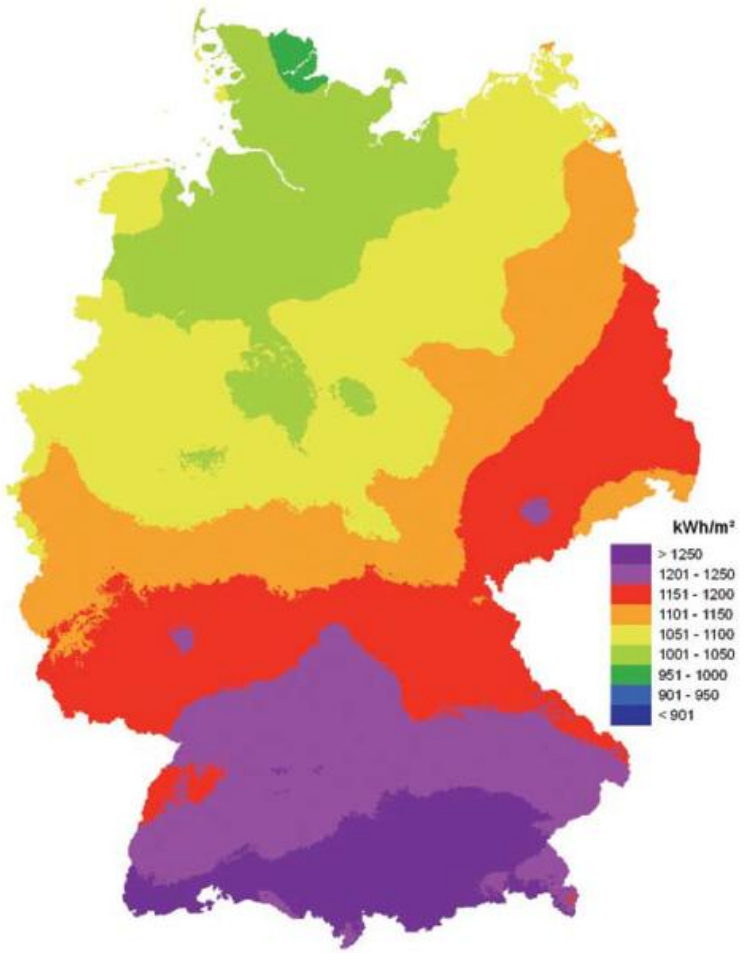
Im Bezug auf die **Niederschlagshöhe** hatte das Jahr 7 Monate mit unterdurchschnittlicher und 5 Monate mit überdurchschnittlicher Niederschlagshöhe. Somit wurde das Jahr recht trocken. Das Gebietsmittel der Niederschlagshöhe für das Jahr 2011 ergab sich zu 722,0 mm. Das sind 66,9 mm oder 8,5 % weniger als in der Referenzperiode 1961-90 und 96,3 mm oder 11,8 % weniger als im Mittel der letzten 30 Jahre. Das Jahr 2011 war damit das 37.trockenste seit 1881.

Hinsichtlich der **Sonnenscheindauer** ergaben sich 8 überdurchschnittlich sonnenscheinreiche Monate und nur 4 Monate mit Sonnenscheindefiziten. Daher wurde das Jahr insgesamt extrem sonnenscheinreich. Als Gebietsmittel für Deutschland ergab sich eine Sonnenscheindauer von 1847,3 Std.. Das sind 319,0 Std. oder 20,8 % mehr als in der Referenzperiode 1961-90 und 259,1 Std. oder 16,4 % mehr als im Mittel der letzten 30 Jahre. Damit wurde das Jahr 2011 das 3.sonnigste seit 1951 (nur übertroffen von 2003 und 1959).



Das Flächenmittel der **Globalstrahlung** weist nun schon im achten Jahr hintereinander über Deutschland eine positive Abweichung zum langjährigen Mittel 1981 – 2000 auf. Die mittlere Jahressumme 2011 betrug 1070 kWh/m² und lag damit 3,2 % über dem langjährigen Mittel von 1037 KWh/m². Die Jahressummen umfassten über Deutschland einen Wertebereich von 982 kWh/m² bis 1191 kWh/m². Dies entspricht einer mittleren Zunahme von 1,5 % zum 20jährigen Mittel.
Die höchsten jährlichen Globalstrahlungssummen wurden wieder in der Südhälfte Deutschlands beobachtet mit über 1180 kWh/m² im Oberrheingraben südlich von Freiburg. Doch auch der Nordwesten entlang der Nordsee und der Osten entlang dem Oderverlauf zeigten sekundäre Maxima. Die größten positiven Abweichungen von über 5 % bis gut 10 % waren großräumig im Westen und Nordwesten sowie im Südosten Deutschlands festzustellen. Über dem südlichen Bayern gab es dagegen Einbußen, meist zwischen – 2 und – 5 %.

Im Jahresgang blieben die Monate Januar und Februar meist knapp unter den langjährigen Monatssummen 1981 – 2000. Die folgenden beiden Monate zeigten dann verbreitet deutlich positive Abweichungen. Doch der Mai wartete mit vergleichsweise geringen Einstrahlwerten auf und machte den bis zum April aufgelaufenen Vorsprung vielerorts wieder zunichte. Juni und Juli lagen erneut über den monatlichen Erwartungswerten (Ausnahme Juni südliches Bayern), bevor dann der August wieder in ganz Deutschland darunter blieb. Die Septembersummen entsprachen etwa den Mittelwerten, die Oktoberwerte überschritten sie in der Regel. Der November blieb mit geringen Ausnahmen in Süddeutschland nochmals hinter den Erwartungen zurück, und im Dezember lagen die Globalstrahlungssummen um den Durchschnittswert.



Der Verlauf der Witterung

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Der **Januar** begann kalt, aber nach einer Woche setzte Tauwetter ein. Zusammen mit kräftigen Niederschlägen führte dies verbreitet zu Hochwasser, bevor sich zum Monatsende wieder kältere Witterung durchsetzte. Insgesamt ergab sich ein milder und hinsichtlich Niederschlag und Sonnenschein durchschnittlicher Monat.

Im **Februar** setzte sich die wechselhafte Witterung fort, und der Monat wurde etwas milder, trockener und sonnenscheinreicher als im Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90.

Da der Dezember des Vorjahrs extrem kalt war, ergab sich wie in den beiden Vorjahren wieder ein recht kalter **Winter**, während Niederschlagsmenge und Sonnenscheindauer weitgehend den Normalwerten entsprachen.

Der **März** war anfangs teilweise noch winterlich kalt, dann aber mild. Dabei blieb es meist recht trocken und es gab sehr viel Sonnenschein. Im Gebietsmittel von Deutschland wurde es der trockenste März seit 18 Jahren und der sonnigste seit 58 Jahren in der Zeitreihe seit 1951, nur noch überboten vom März 1953.

Der **April** war wie in den Vorjahren wieder extrem sonnenscheinreich, trocken und warm.
Es war der zweitwärmste April in Deutschland seit 1881 (hinter 2009 und vor 2007) und er verdrängte auch den April 2010 als dritten in der Reihe relativ sonnenscheinreicher Aprilmonate seit 1951 (hinter 2007 und 2009).

Im **Mai** setzte sich die insgesamt warme und trockene Witterung fort. Die Sonnenscheindauer erreichte im Gebietsmittel den dritthöchsten Wert seit Beginn der Messreihe im Jahr 1951 (hinter 1989 und 1990). Es gab aber auch schon verschiedentlich kräftige sommerliche Gewitter mit Hagel und Starkregen, die lokal beträchtliche Schäden verursachten.

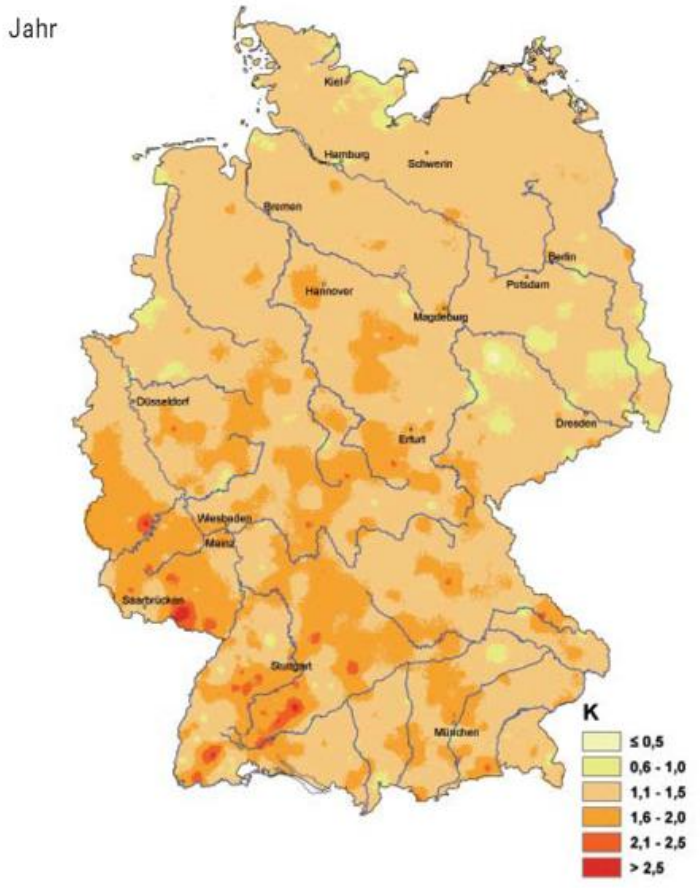
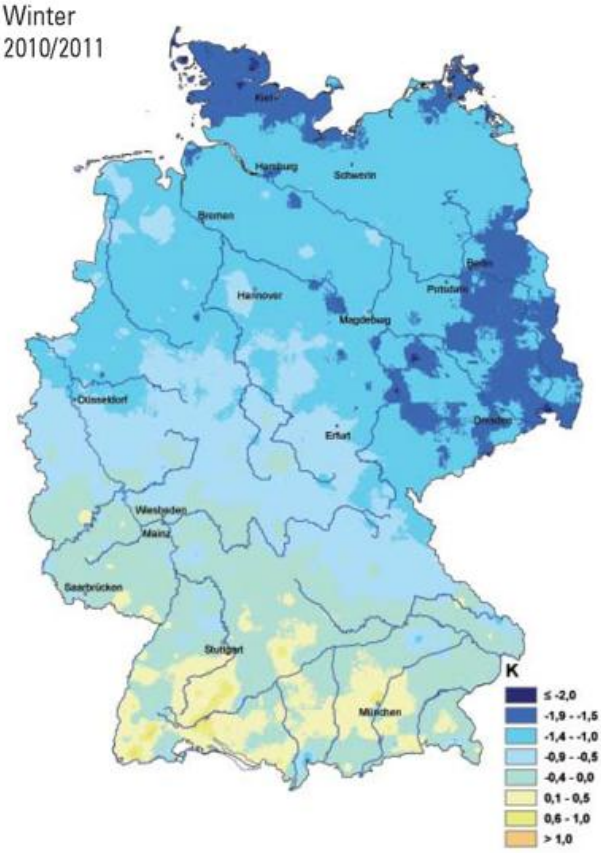
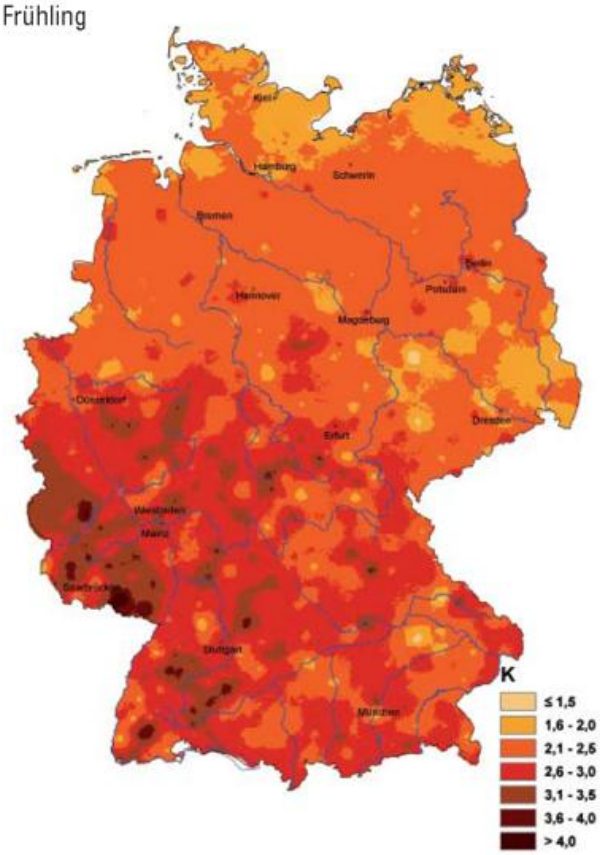


Abb. 1: Temperaturabweichung 2011 vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990

Winter
2010/2011



Frühling



Sommer



Herbst

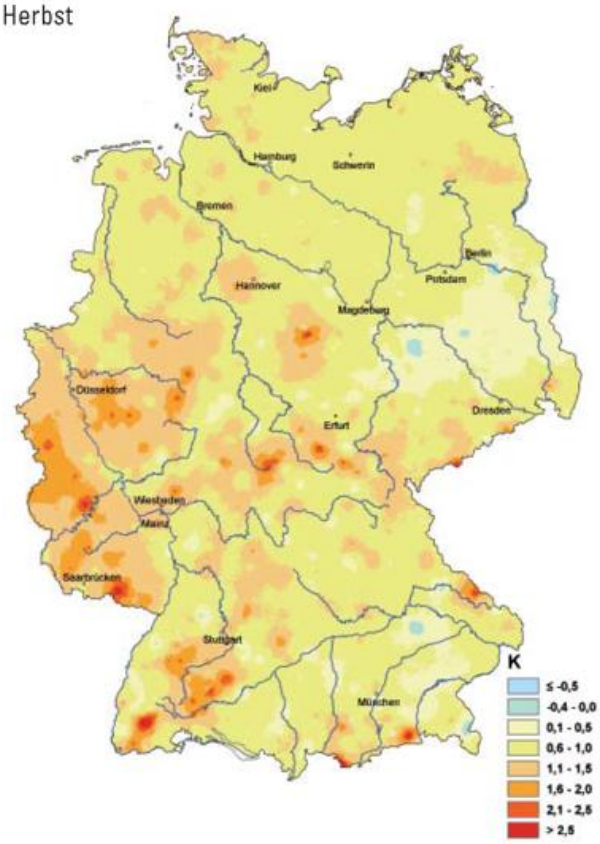


Abb. 1a - 1d: Temperaturabweichung der Jahreszeiten vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990

Da alle Frühlingsmonate warm, trocken und sonnig waren, wurde der **Frühling** extrem in allen drei Parametern. Er wurde der zweitwärmste (hinter 2007) und der zweittrockenste (hinter 1893) seit 1881 und der sonnenscheinreichste seit 1951.

Auch der **Juni** war insgesamt warm und sonnenscheinreich, aber nicht mehr so extrem wie die Vormonate. Dabei ergab sich zum ersten Mal seit Januar wieder ein leichter Niederschlagsüberschuss im Gebietsmittel von Deutschland. Dabei kam es auch wieder vermehrt zu schweren Gewittern mit Starkregen, Hagel und Sturm und entsprechenden Schäden. Vereinzelt wurden auch Tornados beobachtet (am 21. in Seiffen (Erzgebirge) und am 22. in Altenlotheim bei Frankenberg (Hessen)).

Der **Juli** war der einzige etwas zu kühle Monat des Jahres. Er war auch sehr nass und sonnenscheinarm mit zahlreichen weiteren teilweise unwetterartigen Gewitterpassagen.

Der **August** hatte trotz überdurchschnittlicher Temperaturen keine sommerliche Prägung, denn der Durchzug von Tiefdruckgebieten brachte viel Niederschlag und wenig Sonne. In der zweiten Monatshälfte gab es nochmals eine sehr warme Periode, die an vielen Stationen erst die höchsten Temperaturen des Jahres erbrachte.

Der **Sommer** war insgesamt zwar wärmer als im Referenzzeitraum 1961-90, aber zugleich der kühlste seit 2005.
Es gab recht wenig Sonnenschein und im Gebietsmittel beim Niederschlag erhebliche Überschüsse gegenüber der Bezugsperiode. Dabei traten aber große regionale Unterschiede auf. Während es im Nordosten meist der nasseste Sommer seit Beginn der Messungen war, blieb die Regenmenge im Süden und Westen teilweise unterdurchschnittlich.

Der **September** war anfangs noch sommerlich geprägt, so dass er insgesamt sehr warm und sonnenscheinreich wurde. Die hochsommerliche Periode wurde mit einer sehr markanten Kaltfrontpassage beendet, wobei bei Peißen auch wieder ein Tornado beobachtet wurde der große Schäden verursachte. Insgesamt blieben die Niederschläge aber meist etwas unter den Normalwerten.

Der **Oktober** war sehr sonnenscheinreich: Es gab schon kurze Phasen mit Schnee bis in die Mittelgebirge, aber insgesamt war der Monat etwas milder trockener als im Referenzzeitrum.



Abb. 2: Sonnenscheinabweichung 2011 in Prozent des vieljährigen Mittel 1961 - 1990

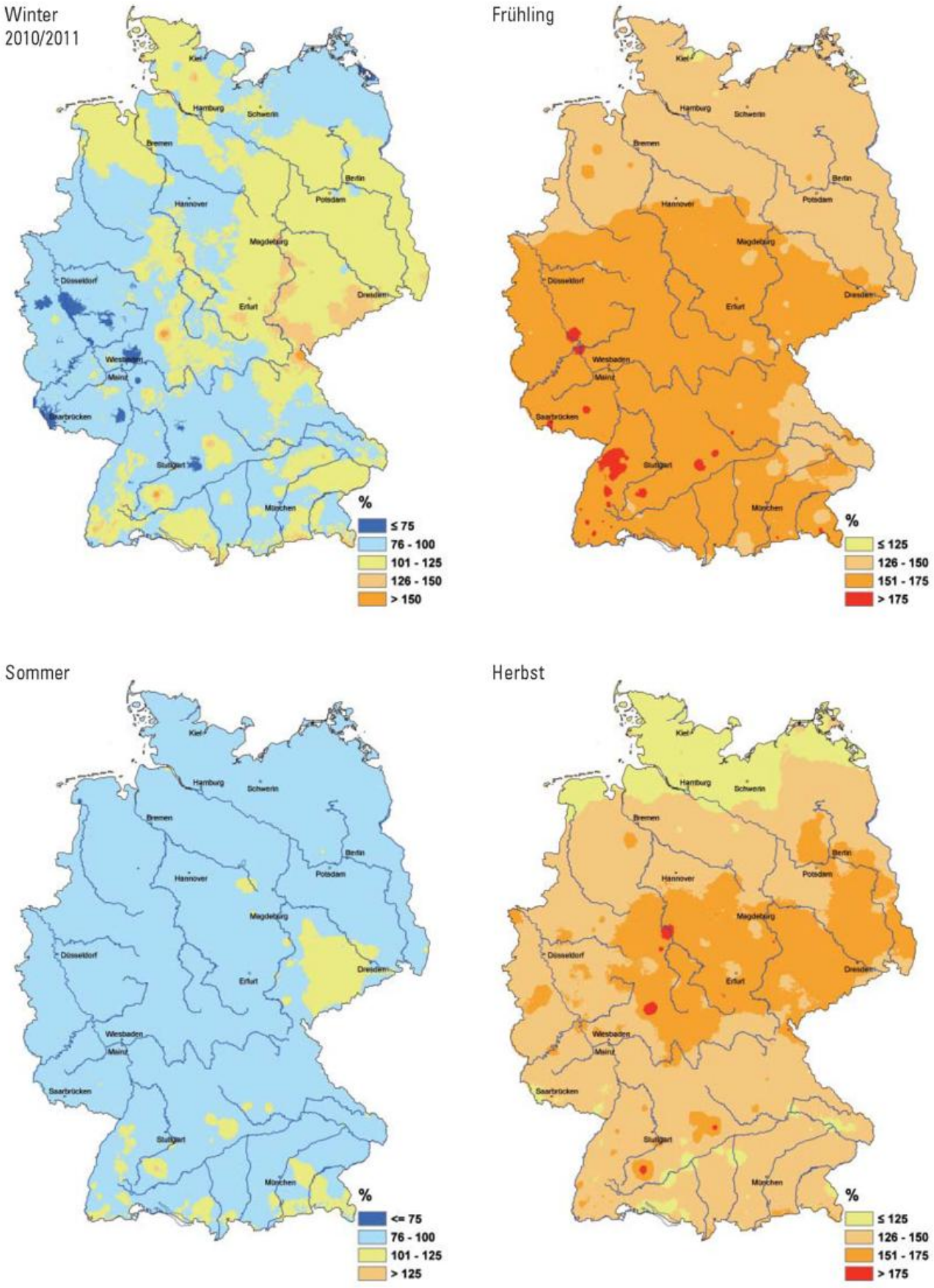


Abb. 2a - 2d: Sonnenscheinabweichung der Jahreszeiten in Prozent des vieljährigen Mittel 1961 - 1990

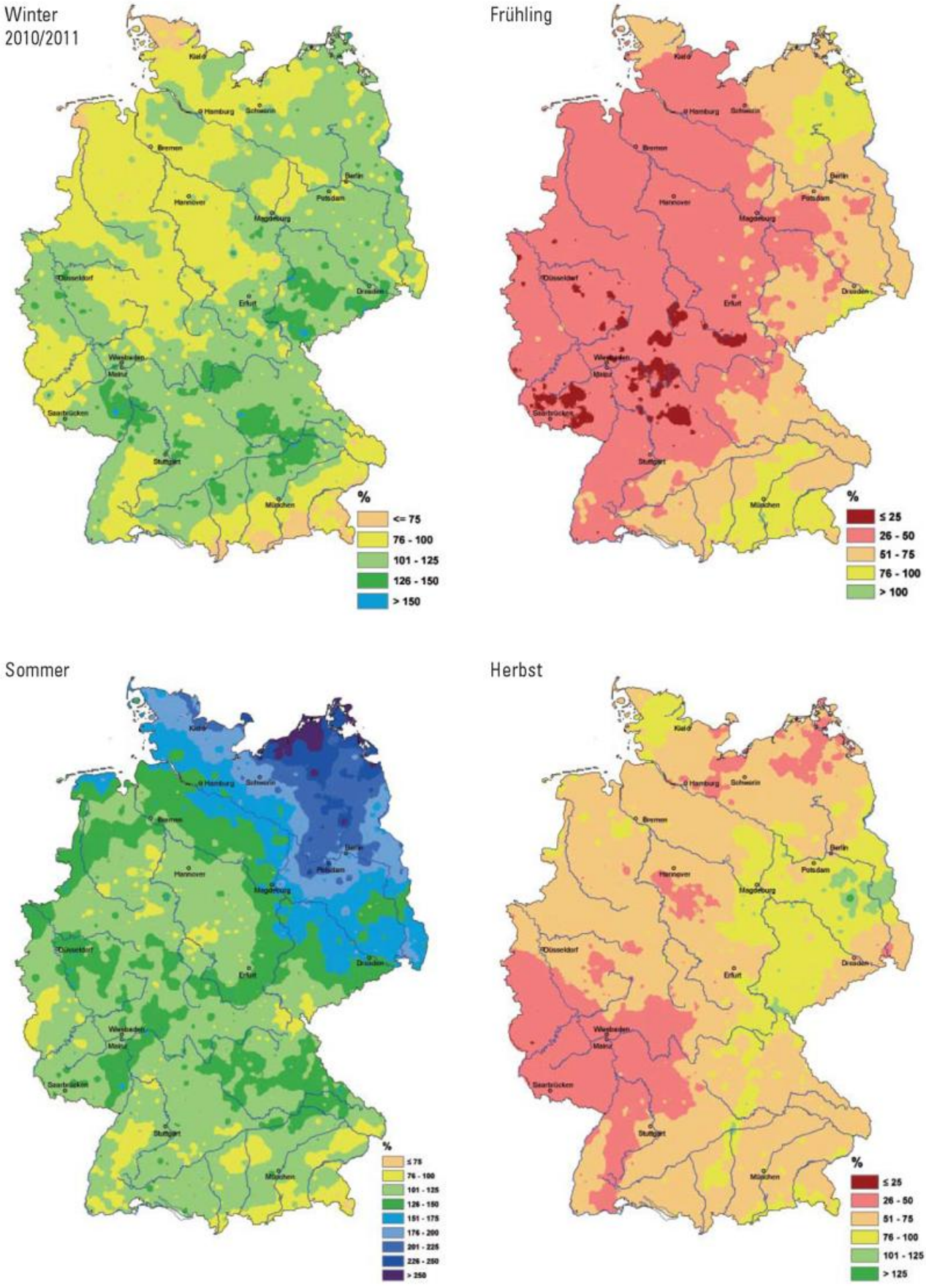


Abb. 3a - 3d: Niederschlagsabweichung der Jahreszeiten in Prozent des vieljährigen Mittel 1961 - 1990

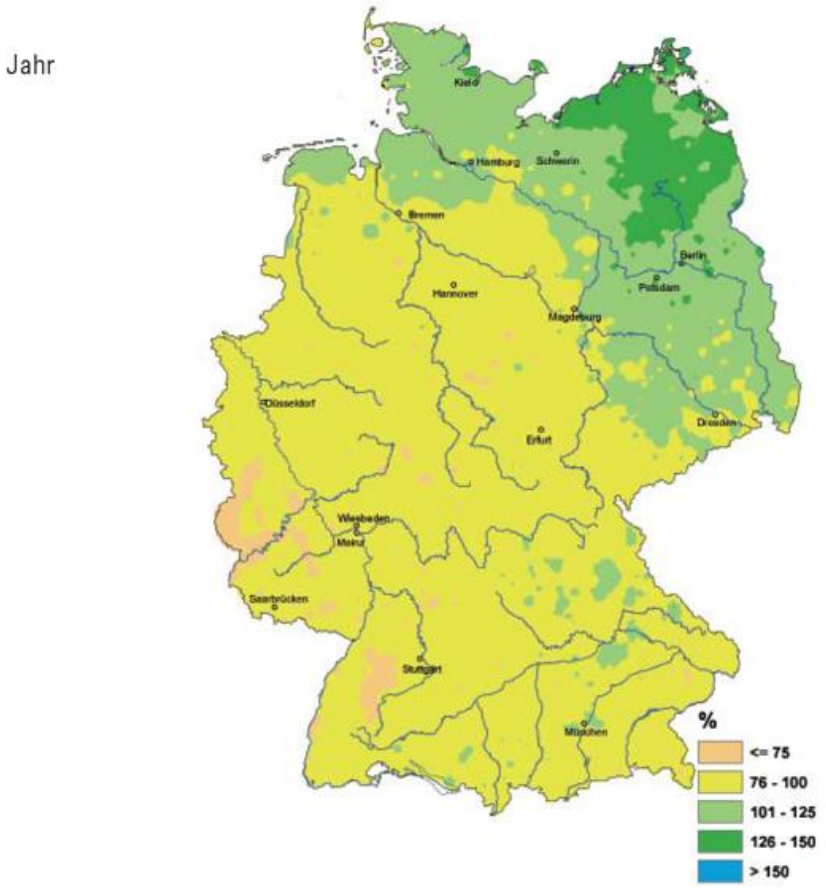


Abb. 3: Niederschlagsabweichung 2011 in Prozent des vieljährigen Mittel 1961 - 1990

Der **November** war extrem trocken. Es war im Gebietsmittel von Deutschland nicht nur der trockenste November seit 1881, sondern der trockenste Monat überhaupt, der je beobachtet wurde. In Bezug auf Sonnenschein war er der zweite in der Reihe relativ sonniger Novembermonate seit 1951, nur übertroffen vom November 1989. Die Mitteltemperatur wich insgesamt nur wenig vom langjährigen Mittel ab. Auf den Bergen war der Monat wegen der lang anhaltenden Inversionswetterlagen extrem mild. Teilweise war die Monatsmitteltemperatur auf den Bergen höher als in den umgebenden Niederungen.

Da alle drei Herbstmonate relativ warm, sonnig und trocken waren, wurde auch die gesamte Jahreszeit mild, sehr trocken und extrem sonnenscheinreich. Im Gebietsmittel von Deutschland war der **Herbst** 2011 der zweite in der Reihe relativ sonnenscheinreicher Herbste seit 1951 nur übertroffen vom Herbst 1989. Für Bergstationen war es oft auch der wärmste Herbst seit Beginn der Messreihen.

Auch der **Dezember** war sehr mild. Im Gegensatz zum Vormonat war er aber sehr niederschlagsreich und sonnenscheinarm.

In den Tabellen 1 - 4 sind die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niedeschlagshöhe, der Sonnenscheindauer sowie der Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung von Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich einige Charakteristika des Jahres wieder. So ist aufgrund der Wärme des Jahres die Zahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0 °C) in ganz Deutschland und die Zahl der Eistage (Temperaturmaximum unter 0 °C) in den meisten Bundesländern geringer als in der Bezugsperiode 1961-90, während die Anzahl der Sommertage (Temperaturmaximum mindestens 25 °C) überall stark erhöht ist. Da der Sommer aber relativ viele wolkenreiche Tage hatte und extreme Hitzeperioden fehlten, lag die Zahl der heißen Tage (Temperaturmaximum mindestens 30 °C) nur wenig über dem langjährigen Mittel.

Die Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag (mindestens 10 mm) entsprach wie die gesamte Niederschlagshöhe weitgehend dem langjährigen Mittel. Gleiches gilt im Gebietsmittel von Deutschland auch für die sommerlichen Hagelereignisse. Hier gab es jedoch große regionale Unterschiede. In Baden-Württemberg sowie in den Stadtstaaten Hamburg und Berlin gab es erheblich mehr Hagelfälle, während in Rheinland-Pfalz und im Saarland, in Schleswig-Holstein sowie in Thüringen und Sachsen Hagel deutlich seltener als im Bezugszeitraum war.

	Mitteltemperatur (Grad C)																													
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90	2011	Abw. von 1961-90
Hamburg	2,0	1,4	1,3	0,1	4,5	0,6	11,8	4,3	13,7	1,3	16,6	0,9	16,7	-0,2	17,2	0,3	15,2	1,5	10,2	0,4	5,4	0,2	4,8	2,8	10,0	2,0	16,8	0,3	10,3	0,7	-0,1	-1,3	9,9	1,1
Bremen	2,2	1,3	2,0	0,6	4,7	0,7	12,1	4,5	13,8	1,4	16,5	1,0	16,4	-0,4	17,2	0,5	15,4	1,7	10,4	0,6	5,7	0,4	5,1	2,8	10,2	2,2	16,7	0,4	10,5	0,9	0,3	-1,2	10,1	1,2
Schleswig-Holstein	1,5	2,0	-0,1	-0,7	5,1	1,1	12,9	4,5	15,2	1,5	18,6	1,5	17,8	-0,5	18,7	0,8	15,9	1,8	10,1	0,5	4,6	-0,1	4,7	3,5	11,1	2,4	18,4	0,6	10,2	0,7	-1,0	-1,4	10,4	1,3
Berlin	1,2	0,9	0,8	0,1	3,8	0,6	10,7	4,1	12,7	1,2	15,9	0,9	16,3	0,1	16,6	0,5	14,7	1,5	10,0	0,5	5,7	0,7	4,5	2,7	9,1	2,0	16,3	0,5	10,1	0,9	-0,6	-1,5	9,4	1,1
Niedersachsen	2,0	1,5	1,8	0,7	4,7	0,8	12,0	4,5	13,8	1,5	16,5	1,1	16,2	-0,5	17,3	0,8	15,3	1,8	10,1	0,5	5,3	0,3	4,9	3,0	10,1	2,3	16,7	0,5	10,2	0,9	0,1	-1,1	10,0	1,3
Nordrhein-Westfalen	2,3	1,1	3,1	1,3	5,8	1,3	12,5	4,6	14,2	1,8	16,4	1,0	15,8	-1,1	17,4	0,8	15,6	2,0	10,3	0,5	6,4	1,3	4,9	2,6	10,8	2,6	16,5	0,2	10,8	1,3	0,8	-0,9	10,4	1,4
Rheinland-Pfalz	1,7	1,4	2,5	1,3	6,4	2,2	12,5	4,7	14,6	2,3	16,5	1,2	15,7	-1,4	17,6	1,1	15,6	2,2	9,8	0,6	5,3	1,2	4,2	2,9	11,1	3,1	16,6	0,3	10,2	1,3	0,5	-0,4	10,2	1,6
Saarland	1,9	1,4	2,7	1,1	6,8	2,2	12,9	4,7	14,8	2,3	16,7	1,1	15,8	-1,7	17,8	0,9	15,8	2,0	9,9	0,4	6,0	1,6	4,4	2,9	11,5	3,1	16,8	0,1	10,5	1,4	0,8	-0,4	10,4	1,6
Baden-Württemberg	0,5	1,2	1,8	1,3	5,6	2,0	11,4	4,0	14,2	2,3	16,3	1,2	15,7	-1,4	18,2	1,8	15,4	2,1	8,8	0,1	4,3	0,7	3,5	3,1	10,4	2,8	16,7	0,5	9,5	1,0	0,0	0,0	9,6	1,6
Hessen	1,2	1,6	1,4	0,8	5,5	1,8	12,0	4,5	14,0	1,9	16,3	1,1	15,7	-1,1	17,5	1,1	15,2	1,9	9,2	0,3	4,5	0,6	3,7	2,9	10,5	2,7	16,5	0,4	9,6	1,0	-0,3	-0,6	9,7	1,5
Bayern	-0,5	1,4	0,0	0,6	4,8	1,9	10,9	3,9	13,6	1,9	16,1	1,2	15,5	-1,1	18,0	1,9	14,8	2,0	8,2	0,1	3,1	0,3	2,5	3,2	9,7	2,6	16,5	0,7	8,7	0,8	-1,4	-0,4	8,9	1,4
Mecklenburg-Vorpommern	1,0	1,6	-0,1	-0,1	3,6	0,8	10,9	4,2	13,3	1,5	16,6	1,2	16,9	0,1	17,3	0,7	15,0	1,6	9,9	0,7	4,7	0,2	4,2	3,1	9,3	2,1	16,9	0,7	9,8	0,8	-1,1	-1,4	9,4	1,3
Brandenburg	1,1	1,9	-0,4	-0,5	4,5	0,9	12,1	4,3	14,5	1,4	17,9	1,4	17,4	-0,5	18,3	0,9	15,4	1,6	9,8	0,4	4,1	-0,3	4,4	3,5	10,4	2,2	17,9	0,6	9,8	0,6	-1,3	-1,4	9,9	1,3
Sachsen-Anhalt	1,5	1,8	0,4	0,0	4,8	1,0	12,0	4,3	14,3	1,5	17,5	1,4	16,9	-0,6	18,2	1,1	15,7	1,9	9,8	0,4	4,2	-0,3	4,5	3,4	10,4	2,3	17,6	0,6	9,9	0,7	-0,8	-1,3	10,0	1,3
Sachsen	0,4	1,6	-0,9	-0,6	4,5	1,3	11,1	3,8	13,7	1,4	17,0	1,4	16,3	-0,9	18,1	1,3	15,3	1,9	9,3	0,3	4,2	0,4	3,5	3,2	9,8	2,2	17,1	0,6	9,6	0,8	-1,8	-1,4	9,4	1,2
Thüringen	0,4	1,7	-0,1	0,3	4,4	1,6	11,1	4,3	13,4	1,7	16,2	1,3	15,7	-0,8	17,5	1,5	14,9	2,1	8,8	0,4	3,8	0,5	3,3	3,2	9,6	2,5	16,5	0,7	9,2	1,0	-1,5	-0,9	9,1	1,5
Deutschland	1,0	1,4	0,9	0,5	4,9	1,4	11,6	4,2	13,9	1,7	16,5	1,2	16,1	-0,8	17,7	1,2	15,2	1,9	9,4	0,4	4,5	0,5	3,9	3,1	10,1	2,5	16,8	0,5	9,7	0,9	-0,6	-0,8	9,6	1,4

Tab. 1: Gebietsmittel der Durchschnittstemperatur

Niederschlagshöhe																																		
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90	2011 (mm)	Proz. von 1961-90
Hamburg	50,2	81,9	74,7	179,2	14,3	25,9	12,3	24,7	33,6	57,6	82,7	117,7	101,4	131,4	141,0	199,7	48,4	71,1	47,9	80,0	6,1	9,1	158,1	224,8	60,1	36,9	325,0	149,1	102,4	52,4	174,2	99,9	770,6	102,8
Bremen	45,6	76,8	48,6	121,1	8,3	16,4	15,2	31,7	34,8	58,2	76,0	103,9	60,5	80,5	138,0	195,2	56,6	92,2	71,8	123,1	2,9	4,4	155,9	243,8	58,3	36,8	274,5	125,3	131,4	70,8	145,8	88,6	714,3	98,3
Berlin	40,2	95,0	26,3	74,8	16,9	46,0	32,7	81,1	24,3	44,7	66,3	94,8	209,2	392,7	74,6	126,4	58,0	127,3	37,0	105,9	0,2	0,5	75,8	142,1	73,9	56,2	350,1	192,1	95,3	74,2	135,8	104,0	661,6	115,5
Schleswig-Holstein	48,1	74,9	62,8	151,1	17,8	33,8	7,8	15,9	43,5	81,4	93,4	135,4	117,7	147,0	177,8	243,1	86,8	115,2	62,1	84,8	11,3	13,5	140,0	191,1	69,0	44,5	388,8	175,0	160,2	69,0	159,1	88,4	869,1	110,2
Niedersachsen	58,2	93,9	40,8	92,2	10,8	19,7	23,1	44,5	31,4	51,3	90,3	118,2	67,5	92,8	119,1	169,3	53,3	88,8	59,4	106,9	3,1	4,6	134,0	191,5	65,4	38,9	276,9	126,2	115,8	63,7	161,1	90,9	691,1	92,7
Nordrhein-Westfalen	95,9	124,8	45,6	79,3	13,4	18,9	28,5	46,1	27,5	38,3	91,2	108,2	68,8	83,5	122,2	167,8	47,6	70,9	63,0	101,1	3,5	4,5	146,6	166,2	69,4	33,9	282,2	117,8	114,1	55,0	223,5	100,3	753,8	86,2
Rheinland-Pfalz	72,4	108,6	31,9	55,7	14,1	22,3	18,8	32,8	28,5	40,6	87,2	114,4	64,5	89,7	97,9	140,2	37,1	61,9	32,9	51,9	2,9	3,8	155,1	203,9	61,4	32,2	249,6	114,5	72,9	36,7	210,8	105,6	643,3	79,7
Saarland	92,4	107,5	28,9	40,3	16,4	20,7	17,8	28,0	25,3	32,1	87,0	108,2	72,9	101,0	106,3	145,4	43,9	63,2	36,2	47,2	6,6	6,9	212,4	215,8	59,5	26,8	266,2	118,0	86,6	35,9	248,2	97,3	746,0	79,0
Baden-Württemberg	76,2	101,8	21,2	31,2	27,2	38,8	27,3	35,2	49,6	51,9	91,1	85,2	138,7	153,0	84,2	89,2	53,9	77,2	61,1	90,3	1,4	1,7	180,0	218,9	104,2	42,8	314,0	107,6	116,4	53,0	237,1	105,8	812,0	82,9
Hessen	67,7	107,2	31,7	60,9	12,2	19,8	24,5	41,6	21,8	31,0	96,5	120,8	68,0	93,5	103,5	148,8	47,3	82,4	47,8	81,1	1,4	1,9	132,8	171,9	58,5	30,6	268,0	120,6	96,5	51,4	188,8	97,9	655,2	82,6
Bayern	73,1	110,0	24,8	42,8	33,9	54,2	27,2	38,8	81,7	90,5	112,5	100,6	144,5	142,7	89,0	87,9	73,5	101,7	66,7	108,5	0,9	1,2	132,7	175,8	142,8	64,1	345,9	110,1	141,0	69,3	205,3	102,7	860,3	91,5
Mecklenburg-Vorpommern	37,1	82,0	34,0	108,1	21,4	52,3	23,2	55,4	45,5	88,6	86,5	138,2	222,8	339,8	100,6	171,4	39,1	76,8	35,7	85,0	4,4	8,5	84,6	162,5	90,1	67,1	409,9	219,3	79,2	54,7	132,5	101,8	734,9	123,6
Brandenburg	37,8	93,8	24,9	76,6	20,8	57,3	26,3	64,4	33,7	62,7	60,6	94,1	202,7	377,2	64,7	110,2	67,3	150,6	37,0	100,5	1,3	2,8	71,3	143,1	80,9	61,7	328,0	185,5	105,5	83,4	133,6	108,6	648,4	116,4
Sachsen-Anhalt	41,2	106,4	14,9	44,9	13,1	33,0	22,5	52,1	26,5	51,0	68,5	109,1	115,1	220,5	72,4	122,8	59,1	142,1	35,9	100,8	0,9	2,2	61,1	131,1	62,1	46,1	256,0	147,1	95,9	80,1	123,5	103,6	531,3	97,1
Sachsen	61,8	126,5	17,1	40,1	23,1	49,5	36,3	63,2	46,0	68,9	62,3	81,6	193,0	280,3	67,5	87,5	69,6	126,2	43,8	92,9	0,2	0,5	75,4	125,4	105,4	61,7	322,8	145,2	113,6	73,5	179,0	117,8	696,2	99,6
Thüringen	59,2	116,0	19,2	43,4	16,1	30,9	25,9	44,4	29,0	44,1	96,8	123,4	86,0	137,5	71,5	103,2	59,4	116,6	50,4	105,6	1,0	1,8	96,6	152,2	71,0	40,3	254,3	120,9	110,8	71,5	171,0	107,3	611,0	87,3
Deutschland	63,8	105,0	30,5	61,8	20,4	36,1	25,0	42,9	44,1	62,0	89,9	106,3	124,0	159,8	97,0	125,6	58,6	95,9	53,1	95,1	2,3	3,5	124,1	176,8	89,5	48,2	310,9	129,9	114,1	62,2	183,4	101,5	732,9	92,9

Tab. 2: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe

	Sonnenscheindauer																													
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90	2011 (Std.)	Proz. von 1961-90
Hamburg	36,2	93,3	63,2	98,7	157,6	156,5	249,8	159,7	242,4	113,7	233,0	115,2	149,4	74,2	134,8	67,1	153,7	110,7	141,4	146,4	51,6	104,9	23,4	74,7	649,8	138,1	517,2	83,7	346,7	121,9	134,5	100,6	1636,4	108,6
Bremen	44,6	113,8	60,7	89,8	162,6	160,2	244,4	157,9	249,3	121,4	210,1	108,3	130,2	67,8	135,8	70,3	163,0	120,3	149,0	152,8	69,8	137,7	24,8	74,3	656,2	142,1	476,1	80,8	381,7	134,6	144,0	103,0	1644,2	111,5
Berlin	44,4	104,4	95,2	135,2	193,7	160,8	218,3	135,5	286,7	127,1	262,4	122,8	168,8	75,5	182,4	85,1	192,9	123,6	158,6	145,2	124,9	249,2	22,2	63,6	698,7	137,8	613,6	92,4	476,4	151,1	153,9	104,5	1950,5	119,3
Schleswig-Holstein	43,8	111,4	57,6	89,0	146,9	140,6	256,7	156,1	247,2	110,9	244,4	116,2	153,8	73,4	138,8	66,0	147,4	103,0	141,0	143,9	44,9	89,1	27,3	78,9	650,7	132,3	537,1	83,2	333,4	114,4	141,7	102,5	1649,9	105,3
Niedersachsen	41,5	108,5	65,2	98,9	168,5	164,9	240,9	159,2	251,2	124,6	215,2	112,9	131,2	68,6	145,8	76,1	164,0	121,6	146,9	149,1	75,9	155,9	23,6	75,2	660,6	145,2	492,2	84,4	386,9	137,1	133,7	98,8	1670,0	114,7
Nordrhein-Westfalen	47,0	113,0	64,2	88,7	191,2	185,3	239,1	161,8	263,6	138,8	192,8	107,2	127,2	67,9	162,6	89,0	165,0	122,2	147,9	138,5	115,0	218,8	22,4	60,6	693,9	157,4	482,7	87,2	427,9	145,3	132,7	88,0	1738,1	120,7
Rheinland-Pfalz	49,5	122,2	57,9	79,3	203,3	184,2	244,0	161,4	293,4	153,3	180,7	95,5	154,5	73,7	190,7	98,6	189,2	125,5	144,0	137,5	88,2	167,5	26,5	69,5	740,7	163,5	525,9	88,4	421,4	136,7	127,3	83,9	1821,9	120,9
Saarland	54,2	137,4	52,2	68,8	203,7	179,1	252,1	162,7	307,6	154,8	181,1	90,3	163,8	72,5	197,3	97,8	195,0	123,5	133,1	125,3	73,7	138,1	21,8	55,1	763,4	163,3	542,1	85,9	401,7	126,6	125,4	81,0	1835,6	116,8
Baden-Württemberg	54,6	112,0	77,4	101,6	196,2	167,7	261,9	173,7	284,3	150,3	178,7	90,6	189,3	82,8	235,8	114,5	208,4	125,4	160,0	137,0	105,6	171,8	30,9	69,6	742,4	162,5	603,8	94,9	474,0	137,7	162,1	95,7	1983,2	123,4
Hessen	44,1	123,4	66,5	96,3	202,2	189,5	239,9	158,2	288,9	149,2	186,4	99,7	144,4	70,7	176,5	93,0	180,3	126,7	145,8	146,6	102,2	236,4	17,8	56,0	731,0	161,7	507,3	86,6	428,3	150,3	126,8	93,0	1795,0	123,0
Bayern	52,6	106,1	86,5	111,2	194,8	163,7	246,6	160,6	280,0	144,7	174,6	90,5	175,3	79,3	232,3	114,9	195,5	121,9	159,0	134,9	103,1	181,4	27,7	63,4	721,4	154,8	582,2	93,5	457,7	136,5	169,6	99,2	1928,1	120,9
Mecklenburg-Vorpommern	39,1	95,5	73,6	109,4	171,9	151,4	257,9	154,2	272,7	115,8	267,6	122,6	149,3	67,1	158,2	72,9	171,6	111,2	142,1	135,6	78,4	149,6	23,9	65,5	702,5	136,1	575,0	85,1	392,1	125,9	136,3	94,6	1806,3	109,6
Brandenburg	48,6	111,2	93,8	133,5	192,9	160,9	226,9	139,5	285,8	127,4	257,6	121,8	166,7	74,7	184,4	86,6	195,1	125,4	156,2	142,7	116,3	230,5	27,8	76,7	705,6	139,2	608,7	92,0	467,6	148,2	162,7	108,6	1952,1	119,5
Sachsen-Anhalt	51,7	121,7	91,8	135,7	193,6	177,0	228,9	150,6	277,3	134,5	245,3	125,0	154,9	74,9	169,7	85,6	192,6	133,9	160,0	153,4	101,0	200,1	30,9	86,8	699,8	149,7	569,9	93,4	453,6	151,9	166,6	114,6	1897,6	124,7
Sachsen	58,3	117,8	103,1	146,7	197,7	180,2	207,8	139,0	285,9	142,3	227,3	119,5	177,2	84,5	193,4	97,3	203,6	137,7	161,8	137,3	136,2	254,1	35,0	85,3	691,4	150,3	598,0	98,2	501,6	157,1	196,2	122,1	1987,4	128,3
Thüringen	51,2	120,1	90,2	130,8	198,0	187,6	229,2	155,5	278,3	142,5	206,3	112,8	159,6	77,8	174,4	90,7	192,1	134,2	157,1	146,8	120,0	246,8	23,3	64,5	705,5	157,4	540,3	91,3	469,2	157,0	167,8	113,5	1879,8	126,5
Deutschland	48,7	111,7	77,4	106,7	188,5	170,5	241,8	158,8	275,1	140,6	207,8	108,4	158,0	75,7	187,2	95,1	184,8	123,7	152,6	140,7	99,0	185,1	26,4	68,6	705,4	153,8	553,0	91,6	436,4	140,2	152,4	98,7	1847,3	120,9

Tab. 3: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer

Gebietsmittelwerte der Anzahl der Tage mit besonderen klimatischen Ereignissen

Land	Eistage (Maximum unter 0 °C)		Frosttage (Minimum unter 0 °C)		Sommertage (Maximum mind. 25 °C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30 °C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit Hagel (Mai-September)		Tage mit einer Schneedecke	
	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90	2011 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	11,1	54,5	68,6	97,3	26,1	122,8	1,3	42,6	22,7	124,1	5,0	161,6	1,6	239,8	0,5	84,1	13,4	43,6
Bremen	7,4	41,2	59,1	85,6	24,4	119,4	1,8	62,9	18,5	111,2	3,6	124,7	1,0	142,5	0,2	31,1	6,6	24,5
Berlin	12,0	49,6	72,2	89,2	45,0	125,3	6,0	85,5	19,1	162,0	5,4	227,3	1,7	258,5	0,4	37,0	10,3	27,5
Schleswig-Holstein	12,5	59,3	67,5	88,8	15,3	101,6	0,4	23,9	26,4	128,3	6,8	186,2	2,2	290,6	0,5	88,6	17,4	51,8
Niedersachsen	9,8	47,8	67,1	89,2	30,5	136,6	2,5	75,7	18,1	100,2	3,9	117,6	0,9	119,3	0,4	59,0	11,4	35,5
Nordrhein-Westfalen	6,4	37,5	61,2	86,9	34,5	138,1	3,0	74,0	21,2	89,0	3,9	77,1	0,7	54,8	0,6	72,9	12,4	40,1
Rheinland-Pfalz	10,0	46,0	69,9	82,8	41,6	143,8	5,0	100,5	17,2	77,2	4,1	84,8	1,0	72,2	0,4	58,2	19,9	53,1
Saarland	7,1	37,3	63,8	79,5	40,0	133,9	4,9	101,9	20,7	72,1	5,3	76,7	1,6	78,8	0,3	40,7	16,9	56,3
Baden-Württemberg	16,1	60,0	91,0	89,6	48,1	154,8	7,6	160,6	25,8	85,7	6,9	85,0	2,1	78,8	1,1	98,7	29,5	50,3
Hessen	12,5	48,6	83,5	93,0	42,4	152,9	4,0	91,3	16,3	76,4	3,8	83,0	1,1	85,9	0,7	86,3	19,3	43,8
Bayern	21,6	62,7	107,3	94,3	43,0	145,8	5,6	144,5	25,9	91,6	7,8	102,8	3,0	118,0	0,9	85,7	38,9	54,7
Mecklenburg-Vorpommern	15,2	57,8	74,0	90,1	23,4	118,6	1,4	55,1	19,4	152,8	6,0	260,3	2,9	502,8	0,5	69,2	12,6	31,3
Brandenburg	13,2	50,9	82,9	95,3	43,4	125,5	5,5	85,9	17,6	150,2	5,5	237,7	2,3	358,7	0,4	47,9	11,6	29,8
Sachsen-Anhalt	13,3	53,7	82,7	97,9	46,0	144,5	4,6	80,2	13,3	111,2	4,0	160,6	1,1	153,8	0,6	95,5	12,2	32,2
Sachsen	19,3	60,7	93,0	98,3	41,9	134,3	4,0	72,8	17,4	100,8	5,2	132,5	1,9	156,6	0,5	58,0	32,8	59,5
Thüringen	19,3	56,9	95,7	93,9	39,3	153,5	3,6	93,5	15,7	87,2	3,5	93,7	1,0	94,7	0,8	96,5	30,2	52,3
Deutschland	14,5	55,2	83,3	91,9	38,4	140,4	4,3	101,0	20,6	97,2	5,5	111,9	1,8	125,8	0,7	77,2	22,1	46,8

Tab. 4: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatischen Besonderheiten

Klimatische Bedingungen der Küstengewässer

Aufgrund der eisigen Witterung im Dezember lag zu Jahresbeginn in den meisten Küstenzonen Nordfrieslands und der Ostsee noch 15 bis 50 cm dickes Eis. An der südlichen Nordsee war das Eis mit nur 5 bis 15 cm weniger dick, wobei Tauwetter dafür sorgte, dass das ostfriesische Wattenmeer schon ab dem 5. Januar wieder überwiegend eisfrei war. Auch in den übrigen Küstengebieten führte die milde Witterungsphase zu einem allmählichen Abschmelzen. Vom 24. Januar an war der gesamte Nordseeküstenbereich dann weitgehend eisfrei, während an der Ostsee noch Eisdicken bis 20 cm beobachtet wurden.
Gegen Ende des ersten Februardrittels war dann auch die westliche Ostseeküste überwiegend eisfrei und im Osten der südlichen Ostsee traten nur noch dünnes Eis oder Eisreste auf. Dauerfrost führte dann ab Mitte Februar zunächst im Osten, später auch im Westen zu erneuter Eisbildung. Während sich in einigen Häfen und geschützten Bereichen entlang der Küste Schleswig-Holsteins nur vorübergehend dünnes Eis bildete, wuchsen die Eisdicken in den Häfen an der Ostseeküste auf bis zu 10 cm an. Im Osten waren nicht nur die Häfen, sondern auch die Küstenzonen vereist, wobei die Eisdicken bis auf 30 cm anwuchsen. Selbst östlich von Rügen bildete sich auf dem Meer eine große Eisfläche.
Der Temperaturanstieg im März ließ zunächst das Eis an der westlichen Ostseeküste abschmelzen und am 14. war dann auch die restliche deutsche Ostseeküste größtenteils eisfrei.

Wie an der Ostsee so blieben auch an der Nordsee die Wasseroberflächentemperaturen im Januar um rund 2 K unter den vieljährigen Mittelwerten.
Im Februar und März waren sie dann noch um rund 1 K zu tief, bevor die sonnige und strahlungsreiche Witterung nach Frühlingsanfang auch eine rasche Erwärmung der Gewässer bewirkte.
Im April lagen die Wassertemperaturen um 1 bis 2 K über dem Durchschnitt.
Im Mai erreichten die Monatsmittelwerte rund 12 °C an der westlichen Ostsee, 10,5 °C auf Helgoland und 13 bis 14 °C an der Nordseeküste. Sie lagen um rund 1 K über dem Durchschnitt.
Auch im Juni waren die flacheren Küstengewässer mit meist 16 bis 17 °C und die tieferen Gewässerzonen bei Helgoland mit 14 °C noch um rund 1 K zu warm.
Danach führte die strahlungsarme Witterung im Juli und August zu einer nur geringen weiteren Erwärmung, so dass die Wassertemperaturen um 1 bis 2 K unter dem Durchschnitt blieben.

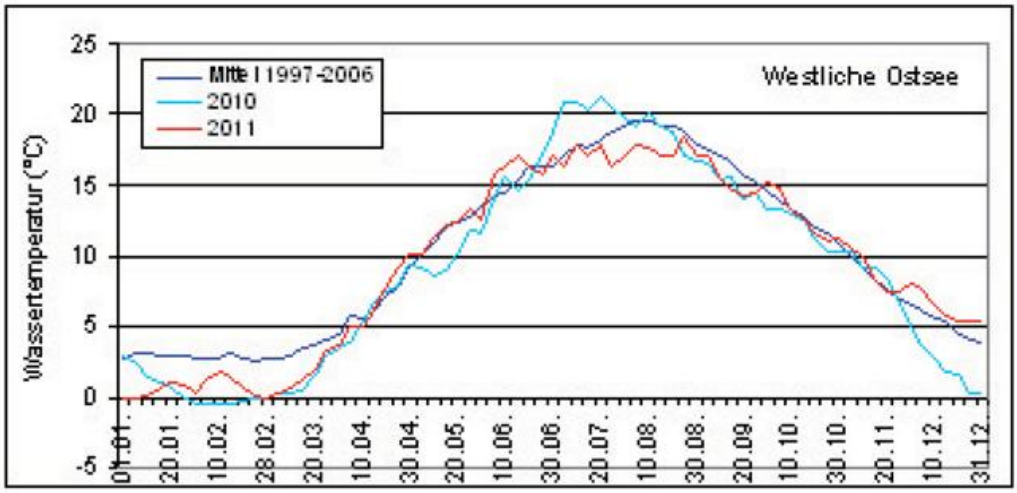


Abb. 4: Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur

Nach zwei sehr windschwachen Vorjahren nahm das Windaufkommen 2011 wieder zu. Wie Abb. 4 zeigt, war das Jahresmittel des geostrophischen Windes* über der Deutschen Bucht mit 11,1 m/s (40 km/h) so hoch wie zuletzt im Jahr 2005, verfehlte aber noch geringfügig das 120-jährige Mittel von 1880 bis 2009. Dabei war auch der Anteil stärkerer Winde höher. In 2 % der Tage lag die Windgeschwindigkeit über 27,4 m/s (99 km/h) und blieb damit noch um 1 m/s unter dem Mittelwert der 98 % Perzentile.

**Geostrophischer Wind: Der geostrophische Wind ist dem horizontalen Gradienten des auf Meeresniveau reduzierten Luftdrucks proportional und damit - wie der reale Wind - ein Maß für die atmosphärische Bewegung.*

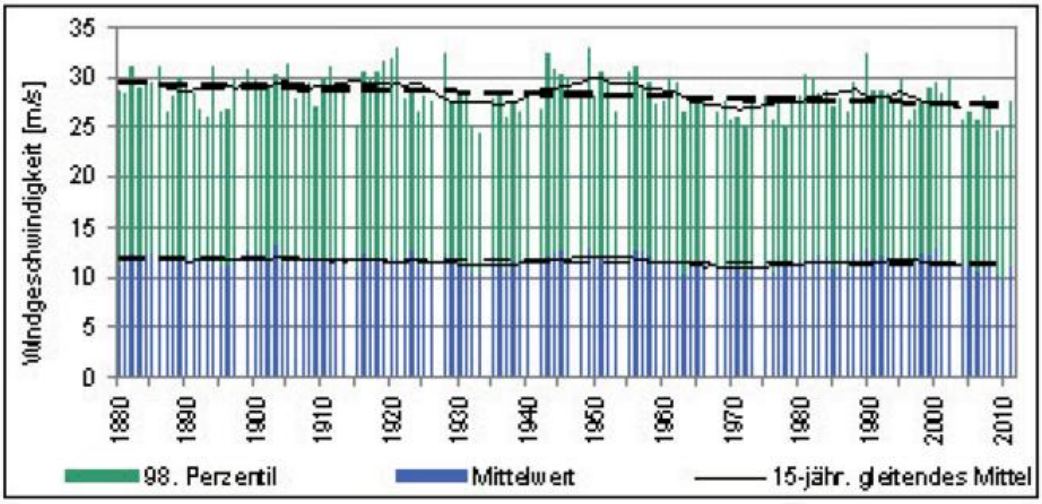


Abb. 5: Jahresmittel und 98 % Perzentile des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

Das Jahr begann vor allem an der Ostsee stürmisch. Am Neujahrstag traten die stärksten Windböen mit einer Stärke bis Bft 10 zwischen dem Darß und Rügen auf. Nachfolgend war der Wind trotz der vorherrschend westlichen Richtungen nur selten kräftig. Das änderte sich in den ersten Februartagen.
Die Ausläufer einer Folge rasch ostwärts ziehender Sturm- und Orkantiefs lösten vom 4. bis 8. Februar über dem deutschen Küstenraum Böen bis Bft 10 bzw. 11 aus. Dabei war der 7. Februar der windigste Tag des Jahres. Kurz vor Monatsmitte stellte sich dann die Wetterlage um. Der Wind drehte auf östliche Richtungen und schwächte sich ab. Winde aus Nordost bis Südost wehten im Monatsverlauf zu 50 bis 60 % der Zeit und damit um 20 bis 30 % häufiger als gewöhnlich.
Im März und April wichen die Windverteilungen nicht besonders markant von den mittleren Verteilungen ab. An einzelnen Tagen traten immer wieder einmal stärkere Winde mit Sturmböen auf, die Stärken von Bft 8 oder 9 erreichten.
Im Mai waren Winde aus nördlichen Richtungen (Nordwest bis Nordost), die gewöhnlich zu gut 40 % der Zeit auftreten, deutlich seltener, womit dann auch die für Mai typischen Kaltlufteinbrüche wie zu den Eisheiligen ausblieben. Höhere Windgeschwindigkeiten gab es im Wesentlichen nur in der 4. Maiwoche. Am 26. löste der Durchzug einer Kaltfront sogar starke Sturmböen bis Bft 10 aus.
Im Juli und August verursachten Kaltfronten und Gewitter an einigen Tagen Sturmböen, die maximal der Stärke Bft 8 oder 9, am 26. August bis Bft 11 entsprachen. Aufgrund der stürmischen Böen kam es auf der Reede vor Helgoland am 26. August bei bis zu Bft 10 zu einer Kollision von zwei Ausflugsschiffen, bei der aber niemand verletzt wurde. Der Anteil südlicher Winde lag im August um rund 10 % höher als gewöhnlich und erreichte damit an der Ostsee einen Anteil von 50 bis 60 %. Winde aus nördlichen Richtungen waren dagegen seltener und wehten nur zu rund 10 bis 20 % der Zeit.
Noch ausgeprägter war diese Verlagerung der Hauptwindrichtungen im September. Winde aus südlichen Richtungen, die in diesem Monat gewöhnlich zu 40 bis 50 % der Zeit wehen, kamen zu 65 bis 75 % der Zeit vor. Kräftiger Wind mit stürmischen Böen trat vorwiegend in der ersten Septemberhälfte auf. Stürmisch ging es vor allem am 6. und 7. und in der Zeit von 12. bis 15. September zu. Für das letztgenannte Sturmereignis war der zu einer außertropischen Zyklone umgewandelte ehemalige Hurrikan KATIA verantwortlich, der in diesem Zeitraum von den Britischen Inseln Richtung Finnland zog.
Im Oktober kamen die ohnehin schon vorherrschenden südlichen Winde noch häufiger vor und erreichten einen Anteil von rund 60 bis 70 %. Windreich war vor allem die erste Monatshälfte, wobei die stärksten Windböen an der Nordsee vorkamen. Der ehemalige Hurrikan OPHELIA, der sich in der Zeit vom 6. bis 8. Oktober von der Norwegischen See nach Nordskandinavien verlagerte, löste Sturmböen bis Bft 10 aus, an exponierten Standorten sogar bis Bft 11. Im ungewöhnlich trockenen November zeigte die Windverteilung markante Abweichungen. Wie Abb. 6 zu entnehmen ist, war das Auftreten von Winden aus östlichen Richtungen mit einem Anteil von 50 bis 60 % doppelt bis dreifach so hoch wie gewöhnlich. Winde aus West bis Nord kamen dagegen nicht einmal zu 10 % der Zeit vor. Dabei war das Windaufkommen bis in die 4. Novemberwoche hinein unter Hochdruckeinfluss gering.
Nach Umstellung der Großwetterlage brachten vom 25. November an Sturmtiefs, die vom Ostatlantik nach Skandinavien zogen, Sturmböen bis Bft 10, in exponierten Lagen sogar bis Orkanstärke. Diese Westwetterlage setzte sich im Dezember fort und prägte eindrucksvoll die Windverteilung. Wie Abb. 6 zeigt, wehte der Wind zu 60 bis 70 % der Zeit aus westlichen Richtungen (Südwest bis Nordwest) und anders als im November kamen östliche Winde so gut wie nicht mehr vor. Dabei erreichten die westlichen Winde zu einem Drittel der Zeit eine Windstärke von mindestens Bft 6 im 10-Minuten-Mittel. Sturmböen entsprachen Windstärken bis Bft 10. Vereinzelt wurden an der Nordfriesischen Küste auch orkanartige Böen (Bft 11) registriert.

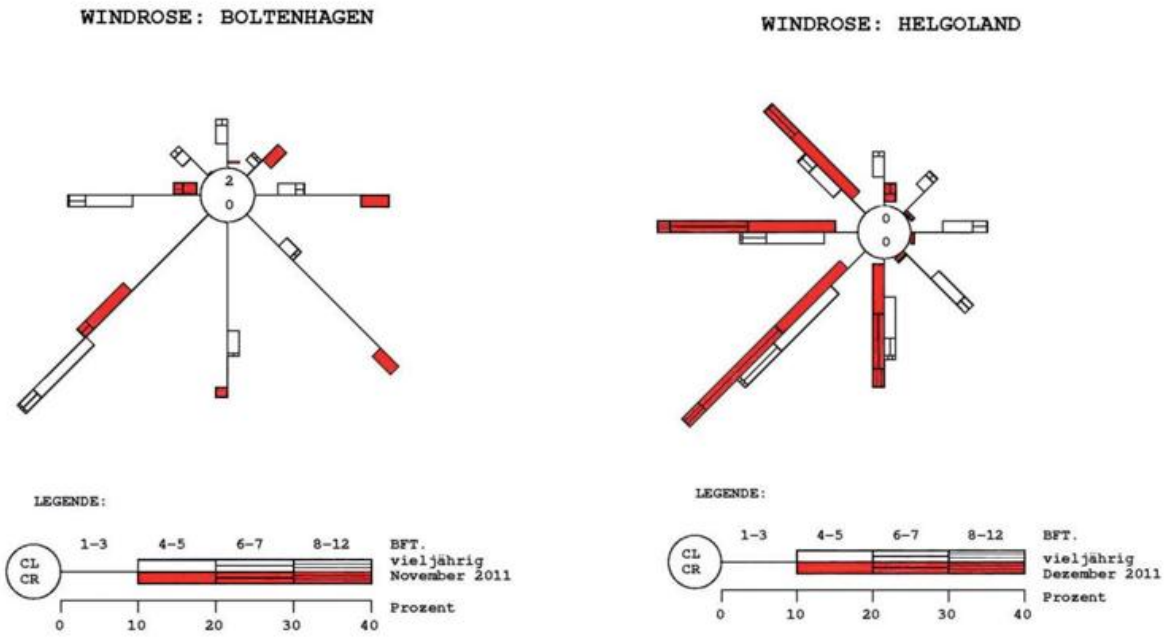


Abb. 6: Windverteilungen an der Station Boltenhagen im November und auf Helgoland im Dezember 2011 (rot) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2011)

Die Verteilung der Wetterlagen

Im Folgenden wird die Häufigkeit der 2011 aufgetretenen Wetterlagen beschrieben:

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt, seit 22.11.1999 das neue operationelle erweiterte Globalmodell (GME), das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügt; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.
Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit nachvollziehbar mit dem gleichen Ergebnis. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „**Objektive** Wetterlagenklassifikation" abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 25jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z_{950} z_{500} f mit:

aa =: Anströmrichtung: XX = keine vorherrschende Richtung, NO = Nordost, SO = Südost, SW = Südwest, NW = Nordwest;

z_{950} z_{500} =: Zyklonalität in 950 bzw. 500 hPa: Z = zyklonal, A = antizyklonal;

f =: Feuchte F = feucht, T = trocken.

Beispiel:
NOAZT = Nordost, antizyklonal in 950 hPa, zyklonal in 500 hPa, trocken.

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2011

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2011 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	XXAAT	39	10.68
2	NWAAT	35	9,59
3	NWAAF	34	9,32
4	SWAAF	30	8,22
5	SWZAF	30	8,22
6	NWAZT	29	7,95
7	SWAAT	26	7,12
8	NOAAT	15	4,11
9	SWAZT	15	4,11
10	SWAZF	13	3,56
11	SWZZF	13	3,56
12	SOZAT	9	2,47
13	XXZAT	7	1,92
14	XXZZF	7	1,92
15	XXAAF	6	1,64
16	XXAZT	5	1,37
17	NOAZT	5	1,37

Rang	Wetterlage	Anzahl
18	SWZAT	5
19	SWZZT	5
20	SOZZF	5
21	XXAZF	4
22	NWAZF	4
23	SOZAF	4
24	XXZZT	4
25	XXZAF	3
26	NWZAF	3
27	NWZZT	3
28	SOZZT	2
29	SOAAT	1
30	SOAAF	1
31	SOAZT	1
32	NWZAT	1
33	NOZZT	1

Die Wetterlagenklassen NOAAF, NOAZF, SOAZF, NOZAT, NOZAF, NOZZF und NWZZF sind im Jahr 2011 nicht vorgekommen.
Besonders häufig traten in diesem Jahr die hochreichend antizyklonalen, trockenen Wetterlagen ohne eindeutig vorherrschende Strömungsrichtung XXAAT auf. Auch die hochreichend antizyklonalen Nordwestlagen NWAAT und NWAAF sowie die Südwestlagen SWAAF und SWZAF waren häufig vertreten. Ihre Häufigkeit entsprach aber insgesamt nur dem langjährigen Mittel. Deutlich häufiger als im langjährigen Mittel war die hochreichend antizyklonale Südwestlage SWAAT. Demgegenüber wurde die hochreichend zyklonale, feuchte Südwestlage SWZZF deutlich weniger häufig beobachtet als im Mittel. Die 7 Lagen NWAAT, NWAAF, SWAAF, SWZAF, NWAZT, SWAAT und XXAAT stellten zusammen 61 % aller Lagen dar.

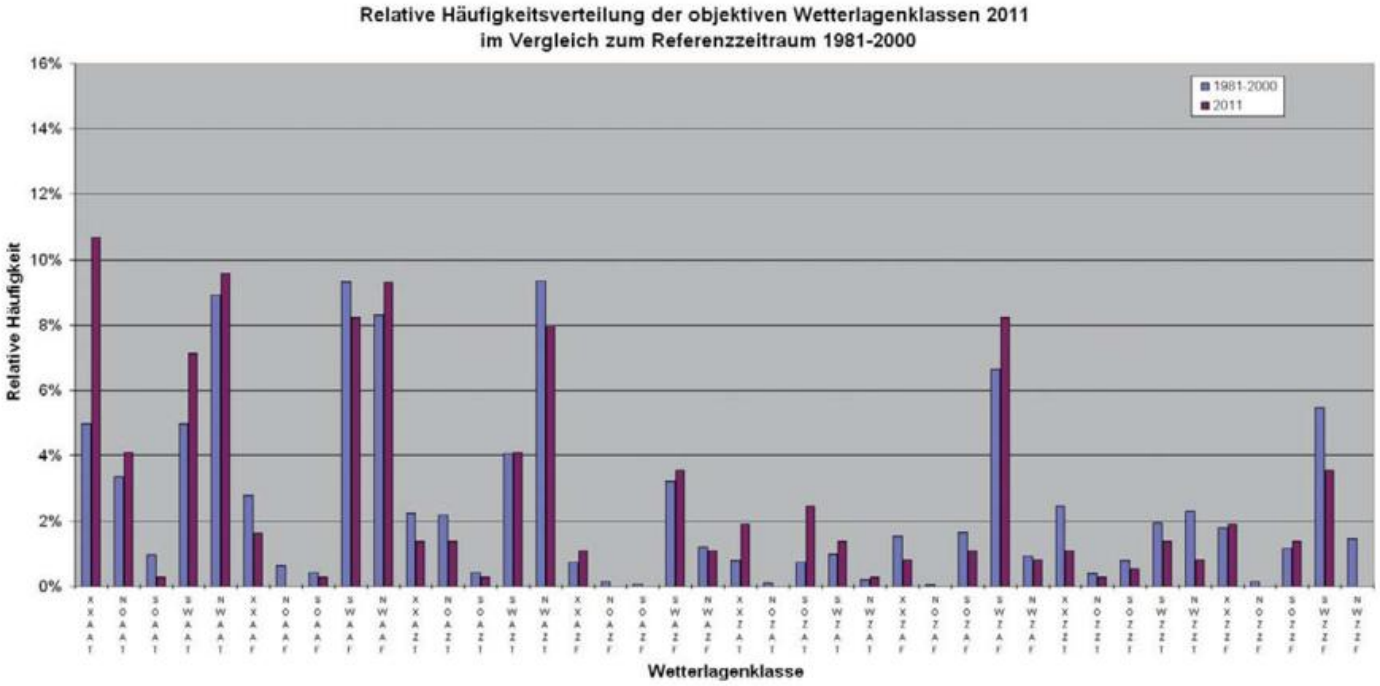


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2011 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000.

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2011

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2 und 3) ist festzustellen, dass die Lagen ohne eindeutig vorherrschende Windrichtung etwas stärker vertreten waren als im Referenzzeitraum 1981-2000. Ansonsten entsprach die Windrichtungsverteilung weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode.
In Bodennähe und in der freien Atmosphäre ergaben sich noch mehr antizyklonale Lagen als im Bezugszeitraum. Die feuchten Lagen traten wieder etwas seltener auf als in der Referenzperiode.

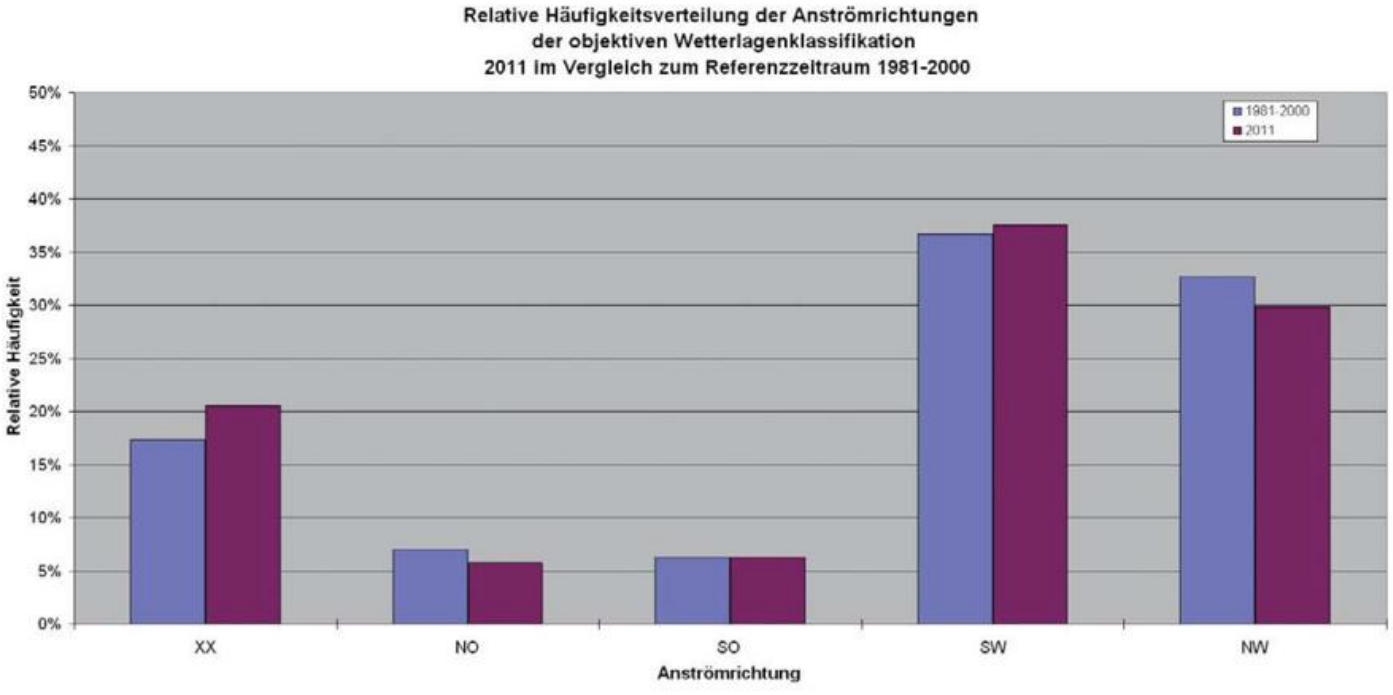


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2011 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000.

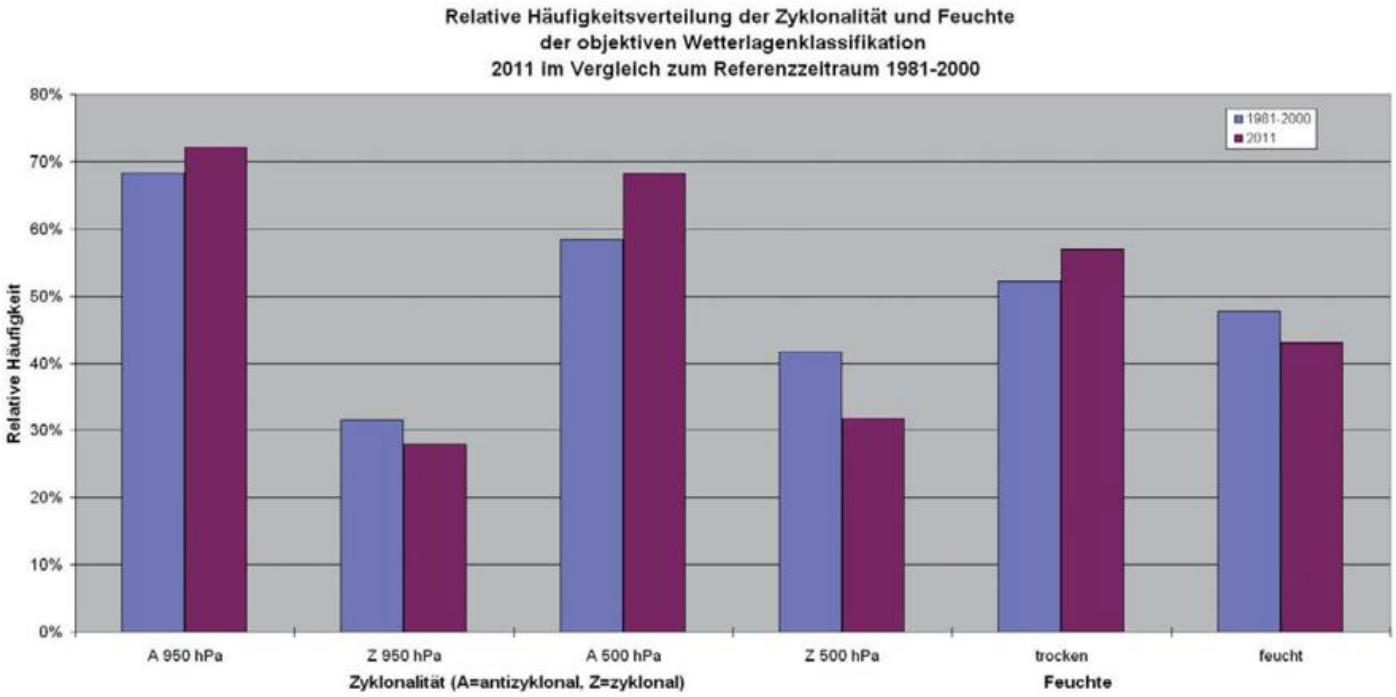


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2011 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	5	9	8	9	4	4	10	4	5	7	10	0	75
NO	4	2	6	5	1	1	0	0	0	1	1	0	21
SO	1	1	4	5	1	3	0	0	9	2	6	0	23
SW	10	5	6	2	15	15	14	22	17	9	9	13	137
NW	11	11	7	9	10	7	7	5	8	12	4	18	109
A 950 hPa	23	19	22	18	25	22	22	20	27	27	15	23	263
Z 950 hPa	8	9	9	12	6	8	9	11	3	4	15	8	102
A 500 hPa	22	22	25	22	25	18	10	17	25	25	27	11	249
Z 500 hPa	9	6	6	8	6	12	21	14	5	6	3	20	116
trocken	21	17	23	16	19	14	14	11	15	22	19	17	208
feucht	10	11	8	14	12	16	17	20	15	9	11	14	157
Temperatur	1.5	0.5	1.4	4.2	1.7	1.2	-0,8	1.3	1.9	0.4	0.5	3.1	1.4
Niederschlag	95	55	32	49	61	114	144	122	85	83	3	169	88

Tab. 5: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2011. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatlichen Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

• Anströmrichtung

Südwestlagen traten von Mai bis September besonders häufig auf, während sie von Januar bis April sowie im Oktober und November relativ selten waren. Nordwestlagen waren im Januar und Februar sowie im Oktober und besonders im Dezember relativ häufig, während sie im März, von Juni bis September und im November recht selten auftraten. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war im März und April verhältnismäßig hoch, während sie im Juli und August sowie im Dezember gar nicht auftraten. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung waren von Februar bis April, im Juli sowie im Oktober und November sehr häufig.

• Zyklonalität

In 950 hPa waren antizyklonale Lagen in 11 Monaten häufiger als die zyklonalen Lagen. Besonders deutlich dominierten sie im September und Oktober. Nur im November lagen die zyklonalen Lagen gleichauf. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen in 10 der 12 Monate vorherrschend. Zyklonale Lagen dominierten nur im Juli und im Dezember.

• Feuchte

Nur von Juni bis August herrschten feuchte Wetterlagen vor. Von Januar bis Mai und von Oktober bis Dezember dominierten trockene Lagen.

Ein klarer Zusammenhang zwischen der Witterung und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich kaum feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2011

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) wurden die Trends zu einer Abnahme der Nordwest- und Nordostlagen bestätigt.
Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) ist die langfristige Zunahme der feuchten Lagen weiterhin vorhanden, wurde aber erneut geschwächt.
Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) ist nun in 950 hPa eine Tendenz zu einer Zunahme der antizyklonalen Lagen erkennbar. In 500 hPa sind weiterhin keine langfristigen Tendenzen feststellbar.
Weitere Details zur objektiven Wetterlagenklassifikation können dem Internet entnommen werden:
http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/monitoring/wlk/wlk.htm

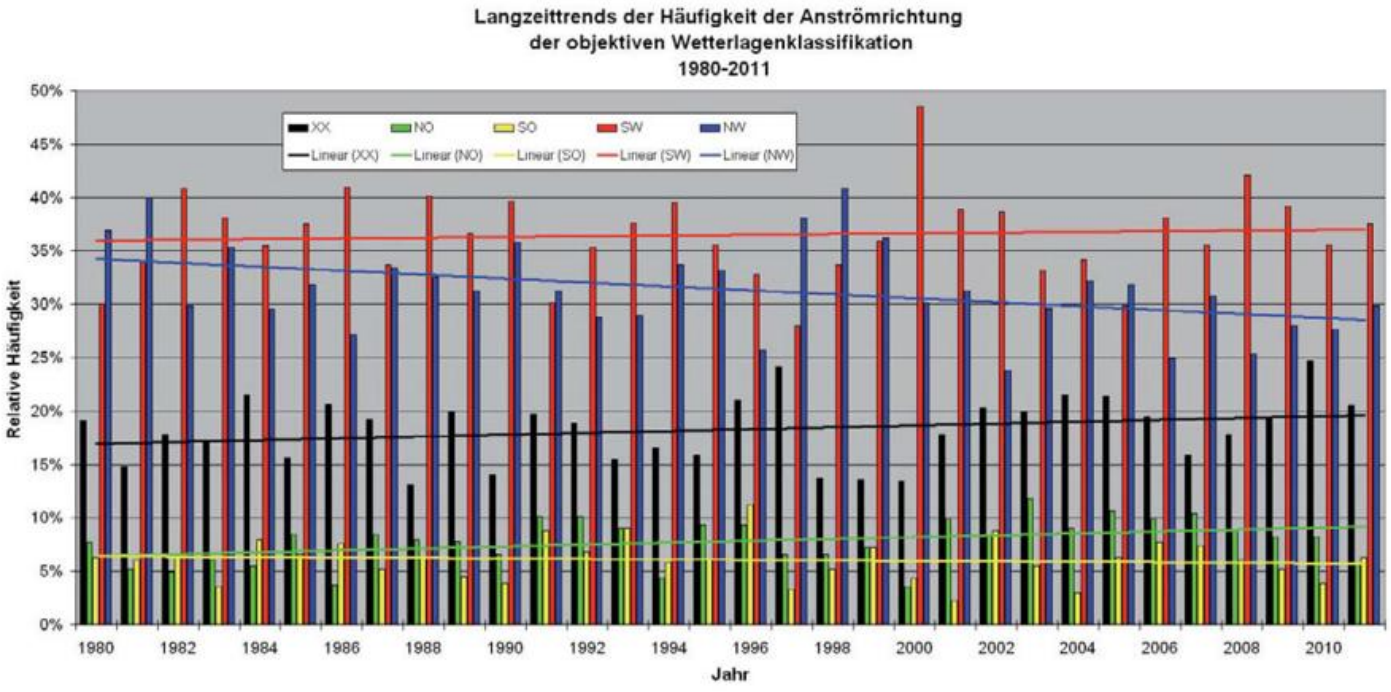


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2011.

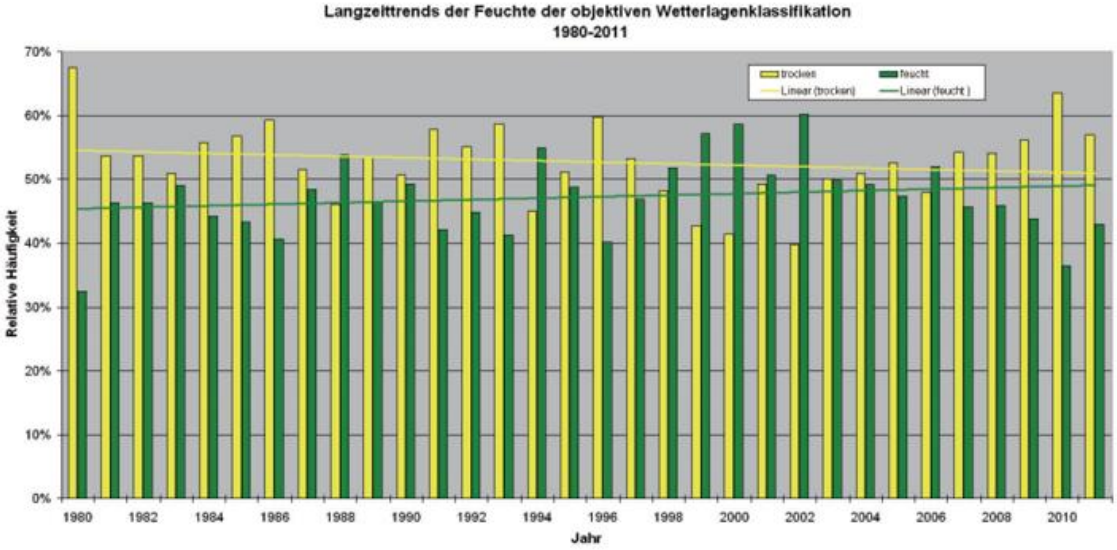


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2011.

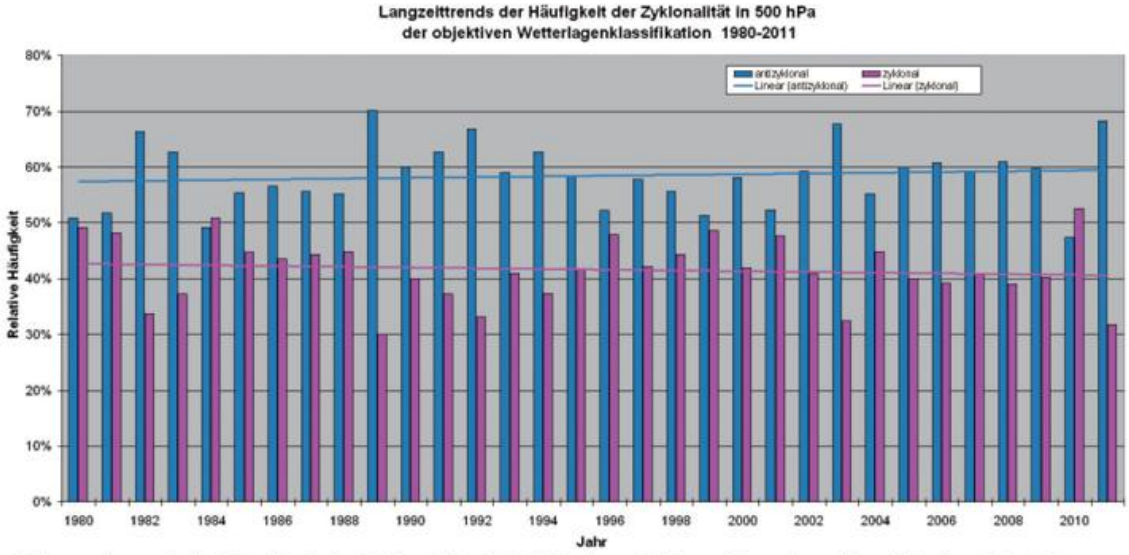


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2011.

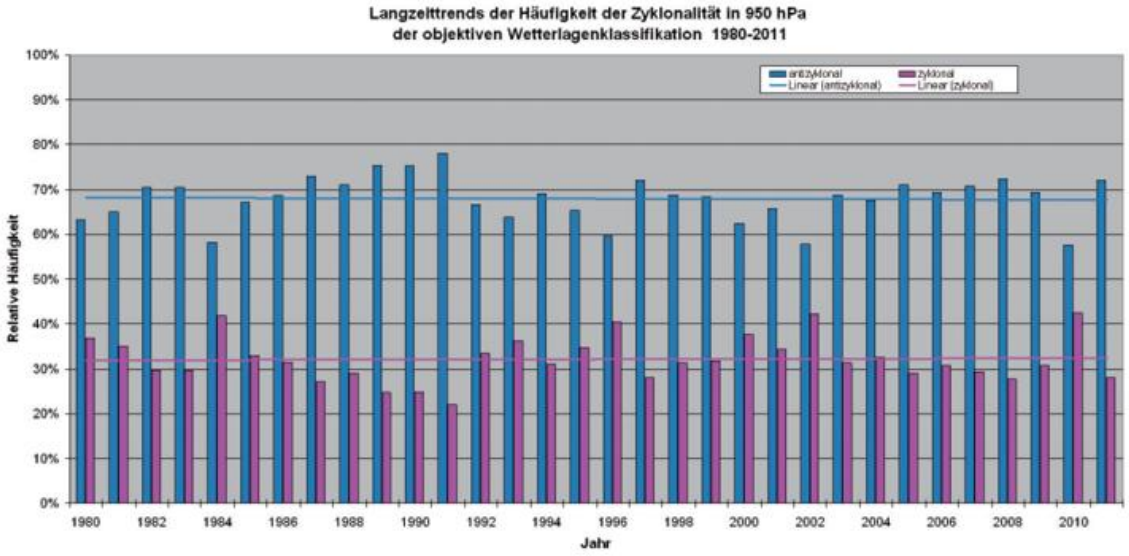


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2011.

Die Agrarmeteorologische Entwicklung

Tauwetter, Überschwemmungen und anschließende Wechselfröste ließen zu Jahresbeginn kaum Feldarbeiten zu. Darauf folgte ein warmer, sonniger, extrem trockener Frühling, der die Landwirtschaft in ihre Grenzen wies. Der nasse, sonnenscheinarme Sommer erschwerte vielerorts die Getreideernte und wirkte sich negativ auf die Erträge aus. Wiederum außergewöhnlich trocken zeigte sich der Herbst. Die Witterung schaffte gute Bedingungen für Feldarbeiten wie die Zuckerrübenernte. Spät gedrilltes Wintergetreide hingegen hatte Probleme aufzulaufen. Das Jahr endete niederschlagsreich und mild.

Während Anfang **Januar** noch Frost in Deutschland herrschte, folgte ab dem 06. 01. eine deutliche Milderung. Die Schneedecken auf den bereits wassergesättigten Böden schmolzen rasch ab, was zu verstärkter Sickerung und Staunässe führte. Gebietsweise kam es, besonders auf unbewachsenen Schlägen, zu erheblicher Bodenerosion, und entlang von Flüssen traten Hochwasser und Überschwemmungen auf. Durch die Wassersättigung und den fehlenden Frost im Boden waren die Böden nicht befahrbar. Die milde Witterung sorgte um die Monatsmitte herum für erste blühende Schneeglöckchen und Haselsträucher, die bezeichnend für den Beginn des phänologischen Vorfrühlings sind. Um den 20. Januar herum gingen die Temperaturen wieder zurück und brachten erneut Bodenfrost mit sich, der örtlich bis in eine Tiefe von 20cm vordringen konnte. Trotz einer Sperrfristverschiebung bis zum 15. 01. war die Gülleausbringung unter diesen Bedingungen nur regional möglich. Die nun wieder befahrbaren Böden erlaubten die Ernte der auf manchen Feldern verbliebenen Körnermaisbestände und eine weitgehend schonende Holzwerbung im Wald.

Im **Februar** sorgten milde Tage zu Anfang des Monats für Vegetationsregungen. Es wurden Haselblüten, Schneeglöckchenblüten und in wärmeren Regionen die ersten Erlenblüten gesichtet. Ein Kaltluftvorstoß zur Mitte des Monats stoppte das Pflanzenwachstum allerdings wieder. Erneut konnten Kahlfröste regional bis zu 40cm tief in den Boden eindringen. Trotz der dadurch verbesserten Bodenbefahrbarkeit konnten bis auf die zeitweise mögliche Gülleausbringung kaum landwirtschaftliche Arbeiten getätigt werden. Zum Monatsende sorgten Wechselfröste für eine gute Krümelstruktur des Bodens (Frostgare).

Im **März** brachten das frühe Einsetzen und der kalte Verlauf des vorangegangenen Winters bereits Auswinterungsschäden bei den Kulturen mit sich. Dazu kamen die Wechselfröste, die die Entwicklung der Winterkulturen behinderten. Zunehmend austrocknende obere Bodenschichten erschwerten das Auflaufen der Frühjahrssaaten und verhinderten, dass die Wurzeln Düngemittel aufnehmen konnten. Gebietsweise wurden die ersten Zuckerrüben gedrillt, Kartoffeln gelegt und in vielen Regionen begann das Grünlandwachstum. Starke Trockenheit ließ zum Ende des Monats die Waldbrandgefahr steigen.

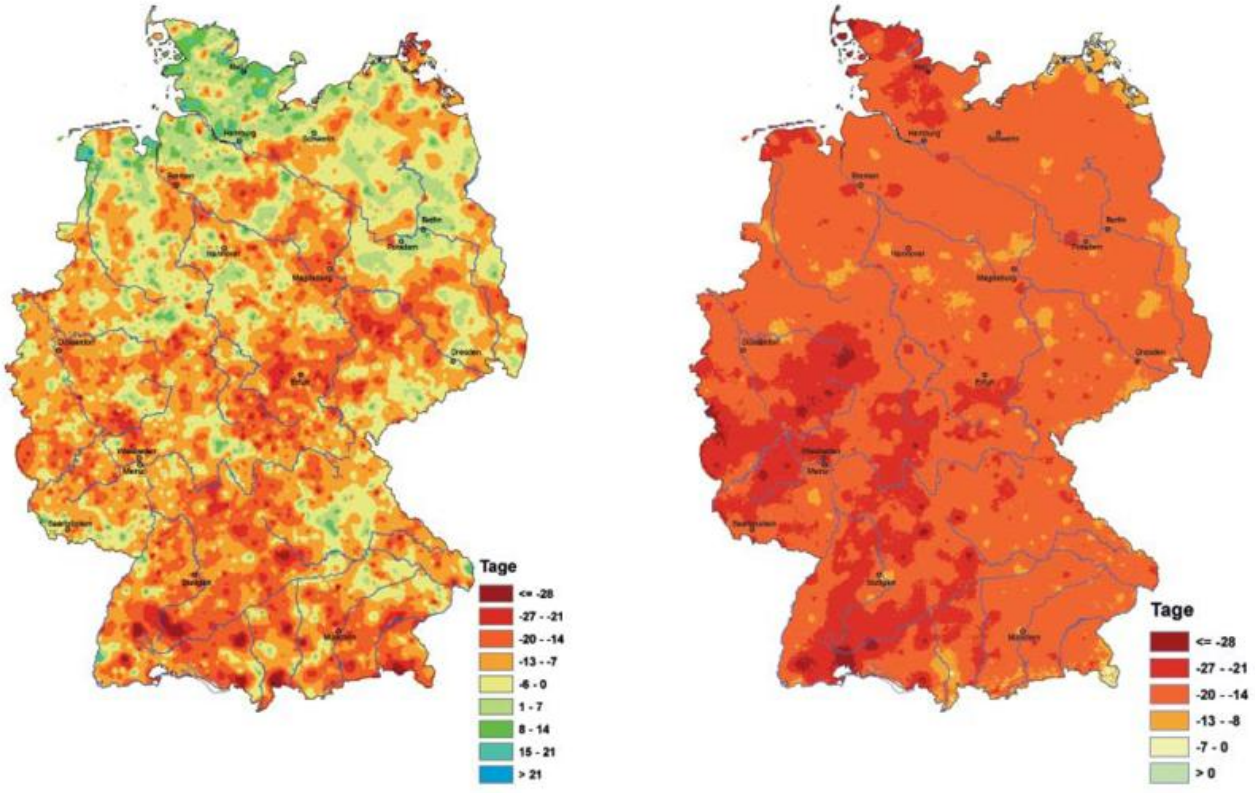


Abb. 1: Abweichung der Schneeglöckchen- (links) und Apfelblüte (rechts) vom vieljährigen Mittel

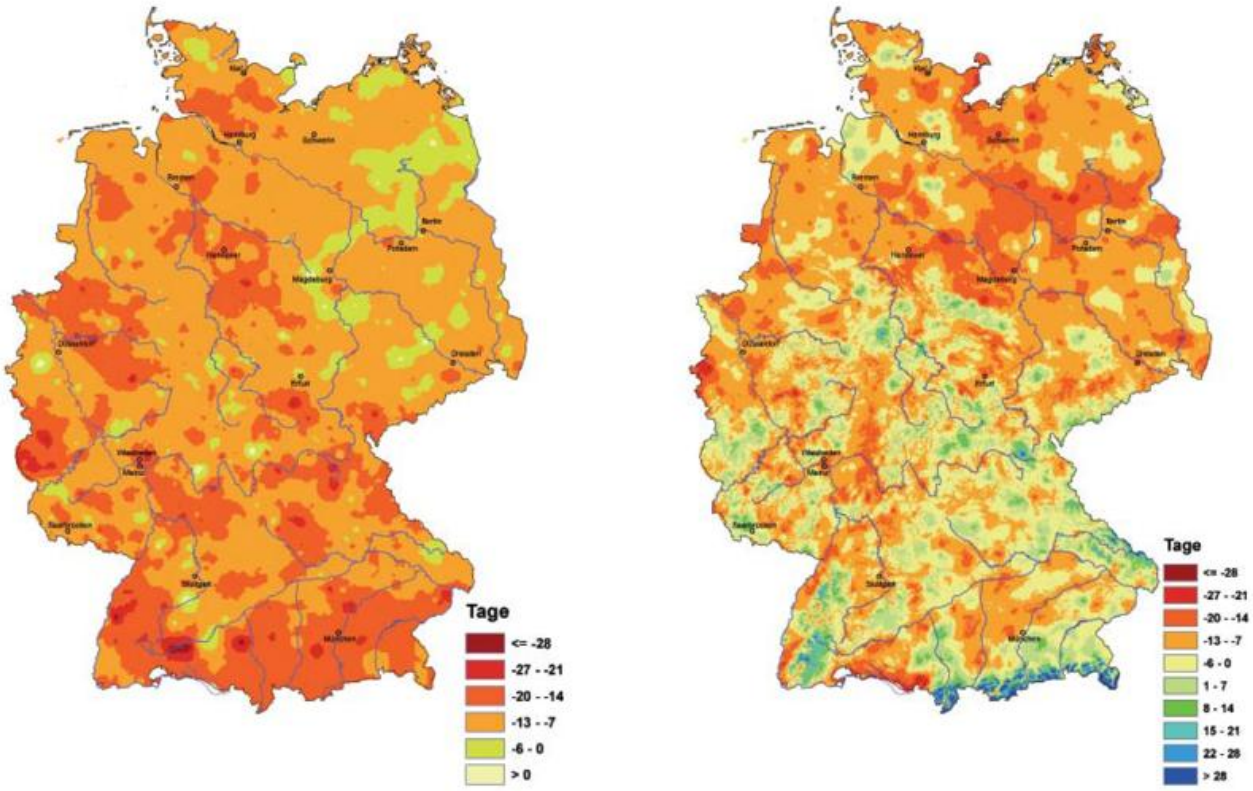


Abb. 2: Abweichung der Eintrittsdaten für das Ährenschieben vom Winterroggen (links) und der Fruchtreife der Rosskastanie (rechts) vom vieljährigen Mittel

Aufgrund der sonnigen, warmen und sehr trockenen Witterung im **April** waren in vielen Bundesländern Wald- und Graslandbrände zu beklagen. Gebietweise kam es zu Bodenerosion, die gepaart mit starkem Wind in Mecklenburg-Vorpommern Anfang des Monats zu starken Sandstürmen führte. Die Vegetation entwickelte sich rasch. Allerdings wirkte sich die anhaltende Trockenheit im Monatsverlauf negativ auf die Entwicklung des Winter- und Sommergetreides sowie auf den Raps aus.

Auch im **Mai** wurde durch den Wassermangel die Entwicklung von Natur und Kulturen gebremst, die hohen Temperaturen verhalfen aber der phänologischen Entwicklung zu einem Vorsprung. Der Blühbeginn des Schwarzen Holunders, der für den Beginn des Frühsommers steht, wurde in diesem Jahr schon am 16. April gemeldet. Das mittlere Eintrittsdatum 26. Mai (1992-2011) wurde hier um fast 10 Tage unterschritten. Verfrühte Eisheilige mit nächtlichem Bodenfrost sorgten zu Beginn des Monats für starke Schäden im Mais-, Kartoffel-, Wein- und Erdbeeranbau, sowie in Obstplantagen. Die Bodenfeuchten sanken dramatisch weiter, so dass es vor allem auf leichten Böden zu starken Welkeerscheinungen sowie Ausdünnungen der Kulturen kam und mit teils massiven Ertragsverlusten gerechnet werden musste. In Abb. 3 ist zu erkennen, dass Ende des Monats die Bodenfeuchte in den oberen Zentimetern fast flächendeckend katastrophale Werte von < 10 % nutzbare Feldkapazität angenommen hatte. Wer die Möglichkeit hatte, beregnete seine Kulturen fast ununterbrochen. Regional wurde bereits mit der Heuwerbung begonnen. Teilweise starke Niederschläge am letzten Maitag konnten die angespannte Lage kaum mildern.

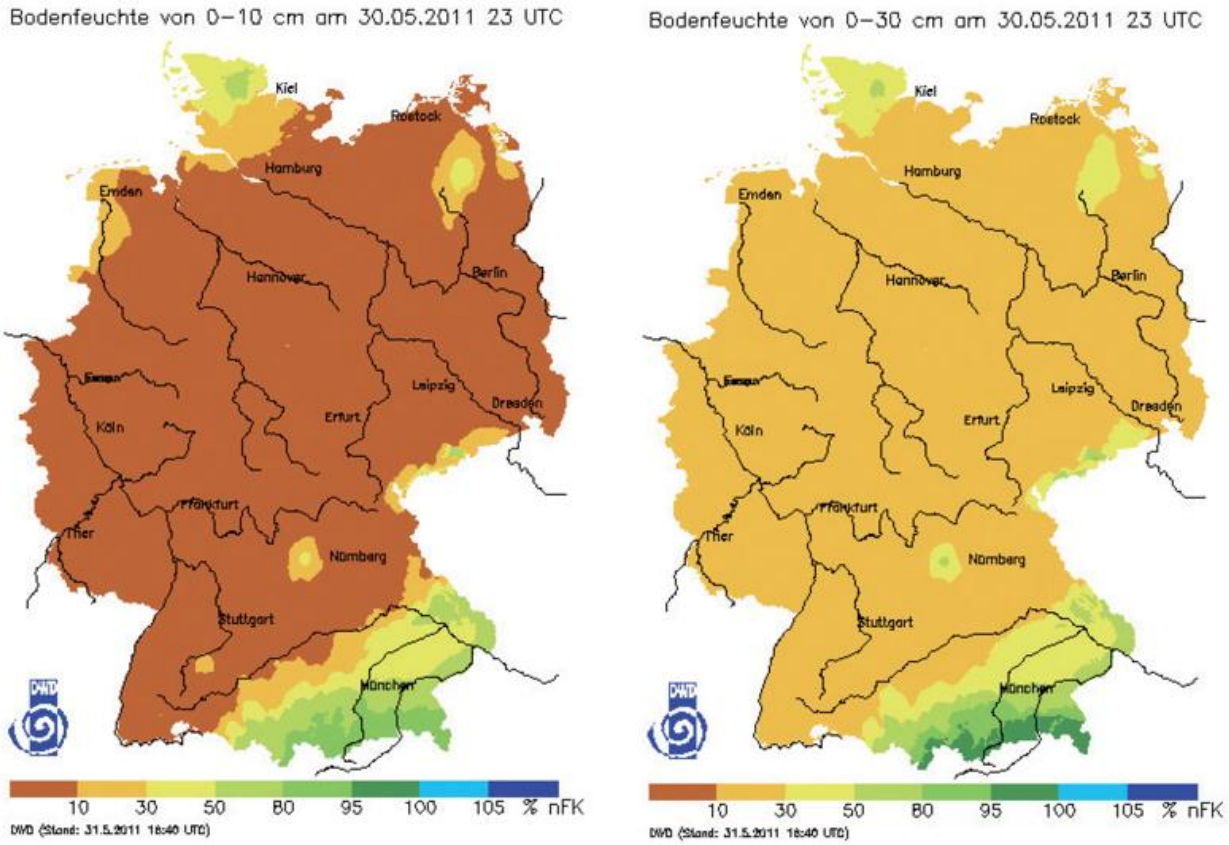


Abb. 3: Bodenfeuchte (unter Gras) in 0-10 und 0-30 cm Tiefe am 30.05.2011

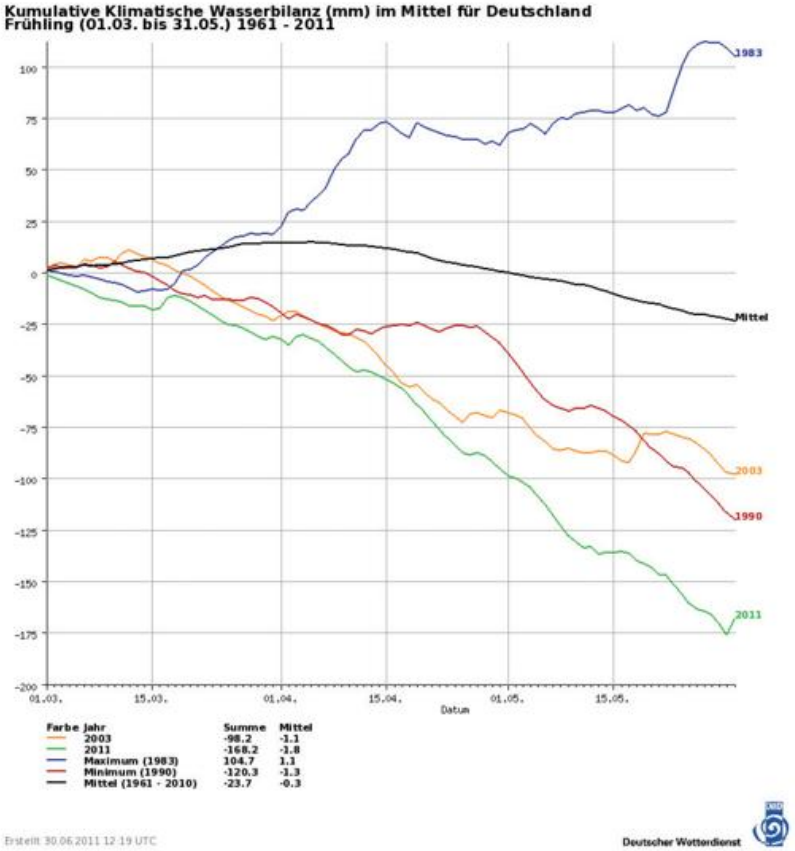


Abb. 4: Kumulative Klimatische Wasserbilanz in Deutschland im Frühling 1961 bis 2011

Abb. 4 verdeutlicht, dass die Klimatische Wasserbilanz der Frühlingsmonate 2011 im Vergleich zu den Jahren 1961-2010 die mit Abstand niedrigsten Werte aufwies.

Die Trockenheit des Frühjahrs fand im **Juni** endlich ein Ende, und das langjährige Niederschlagsmittel wurde wieder erreicht. Für frühe Getreidearten kamen die Niederschläge allerdings meist zu spät und Ertragseinbußen waren zu beklagen. Späte Weizenarten, Zuckerrüben und Mais hingegen konnten trotz der vorangegangenen Trockenperiode gut gedeihen. Die Niederschläge begünstigten allerdings auch den pilzlichen Infektionsdruck. Insgesamt blieb ein Vegetationsvorsprung von rund zwei Wochen erhalten.

Der **Juli** brachte starke Niederschläge gebietsweise in Form von Stark- und Dauerregen, teilweise in Verbindung mit heftigen Gewittern. Das unbeständige Wetter bot kaum Möglichkeiten zur Heuwerbung. Durch regional eingeschränkte Bodenbefahrbarkeit und gebietsweise hohe Kornfeuchten kam es zu Ernteverzögerungen bei Winterraps und Wintergetreide. Außerdem wurde die Ausbreitung pilzlicher Schaderreger, wie Schwärzepilze im Getreide und Cercospora bei Zuckerrüben, begünstigt, sowie regional Auswuchs am Getreide beobachtet. Zum Monatsende zeigten sich bereits die ersten Früchte des schwarzen Holunders, welche in der Phänologie den Frühherbst markieren und im langjährigen Mittel erst am 23. August auftreten.

Auch im **August** wurde durch viele Niederschläge die Ernte weiterhin beeinträchtigt. Die wassergesättigten oder –übersättigten Böden mit nutzbaren Feldkapazitäten von teilweise > 100% vor allem im Norden und Süden Deutschlands waren schwer bis nicht befahrbar. Bei Weizen, Roggen und Triticale waren hohe Kornfeuchten bei gleichzeitig sinkenden Fallzahlen zu beklagen. Auswuchs war weiterhin ein Problem, und gebietsweise ging das Getreide ins Lager. Auch pilzliche Schaderreger wie Phytophthora bei Kartoffeln und Cercospora bei Zuckerrüben hatten weiterhin Bestand. Erntemaßnahmen und Saatbettbereitungen konnten nur während der kurzen von Hochdruck geprägten Abschnitte vonstatten gehen. Gegen Mitte des Monats begann die Winterrapsaussaat. Mais, Zuckerrüben und Zwischenfrüchte konnten weiterhin von den Niederschlägen profitieren und vereinzelt fand schon die Ernte von Silomais statt. Auch mit der Weinlese wurde in diesem Jahr besonders früh begonnen.

In den wechselhaften ersten zwei Dekaden des **Septembers** gab es gebietsweise Probleme mit der Befahrbarkeit der Böden, die von den vorangegangenen nassen Sommermonaten noch wassergesättigt waren. Die Niederschläge kamen vor allem dem Wachstum von Mais und Zuckerrüben zugute. Im letzten Monatsdrittel bescherte dann Hochdruckeinfluss verbreitet trockenes Altweibersommerwetter. Die Ernte von Silomais und Kartoffeln konnte problemlos vonstatten gehen und bereits Mitte des Monats wurde mit der Weinlese begonnen, die einen besonders guten Jahrgangswein hervorbrachte.

Im **Oktober** konnte trotz starker Gegensätze im Wettergeschehen verbreitet mit den landwirtschaftlichen Arbeiten, wie Hackfruchternte und Bestellung der Wintersaaten fortgefahren werden. Die Zuckerrüben gediehen gut und versprachen Spitzenerträge. Bereits zu Monatsbeginn wurde das Auflaufen von Winterweizen beobachtet. Der durchschnittliche Beginn dieser Phase (21.10.) wurde somit, beginnend im Nordosten des Landes, deutlich unterschritten. Die phänologische Entwicklung befand sich hingegen im Hinblick auf den herbstlichen Blattfall etwas im Rückstand.

Die sonnige und extrem trockene Witterung im **November** schuf optimale Bedingungen für Feldarbeiten. Die in diesem Jahr sehr ertragsreichen und qualitativ hochwertigen Zuckerrüben konnten problemlos geerntet werden. Spät gedrillter Winterweizen allerdings hatte bei ausgetrockneten Oberböden Probleme aufzulaufen. Die Wald- und Grasbrandgefahr stieg erneut an. Am Alpenrand wurde diese durch zeitweiligen Föhn verstärkt. Eine kalte Phase zur Monatsmitte sorgte für Vegetationsruhe, die im Zuge des milden Monatsausklangs wieder gelockert wurde. Zum Monatsende erreichten die Bodenfeuchten bis in 30cm Tiefe gebietsweise kritische Werte von < 30% nutzbare Feldkapazität.

Die Klimatische Wasserbilanz erreichte im Herbst ihren Tiefpunkt Anfang Oktober und sank nach darauffolgendem Ansteigen wieder kontinuierlich in den negativen Bereich (Abb. 5).

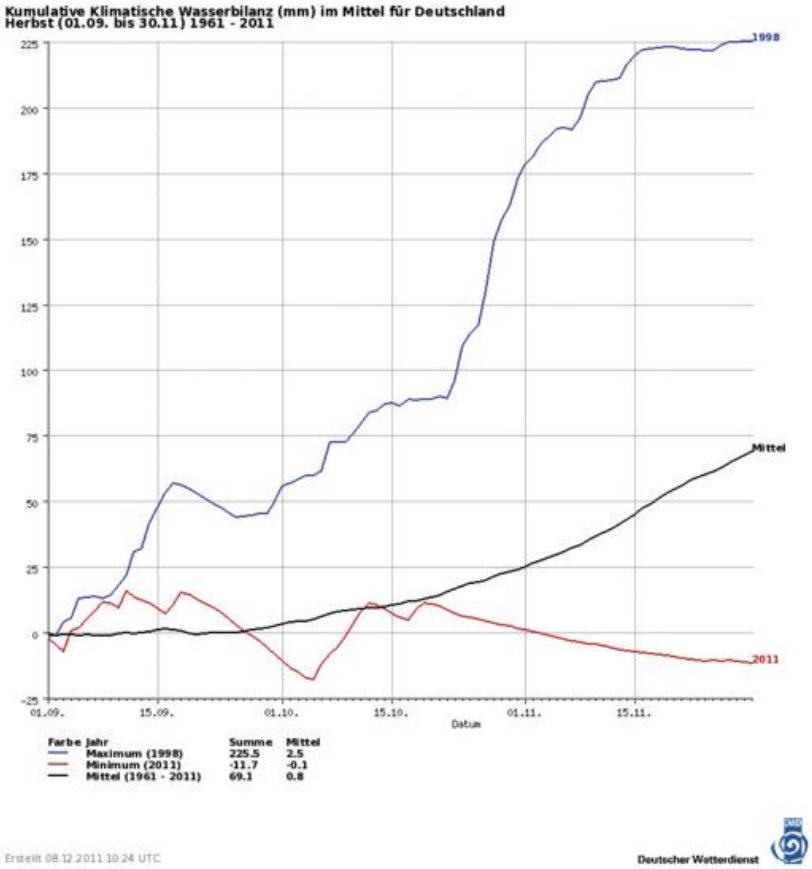


Abb. 5 : Kumulative Klimatische Wasserbilanz in Deutschland im Herbst 1961 bis 20111

Das Niederschlagsdefizit der Herbstmonate konnte im **Dezember** wieder ausgeglichen werden. Die Bodenwasservorräte füllten sich und die nutzbare Feldkapazität lag ab der Monatsmitte verbreitet über 100%. Die milde Witterung führte dazu, dass die Vegetationsruhe vielerorts unterbrochen wurde und sich das Wintergetreide langsam weiterentwickelte. Der für die Pflanzenentwicklung wichtige Kältereiz (Vernalisation) blieb aus. Durch unzureichende Phasen von Wechselfrost konnte der Ackerboden meist keine Frostgare ausbilden. Ende des Monats begann bereits die Hasel zu blühen, die den phänologischen Vorfrühling einleitet.

Bodenfeuchte und Mikroklima

Schlagzeile:

Das Jahr 2011 war geprägt durch eine große Frühjahrstrockenheit. Der deutlich zu warme und zu trockene April sorgte dafür, dass bis in den Juni hinein die Pflanzen unter Wasserstress zu leiden hatten. Im Sommer erfolgte vielerorts ein Ausgleich des Wasserdefizits.

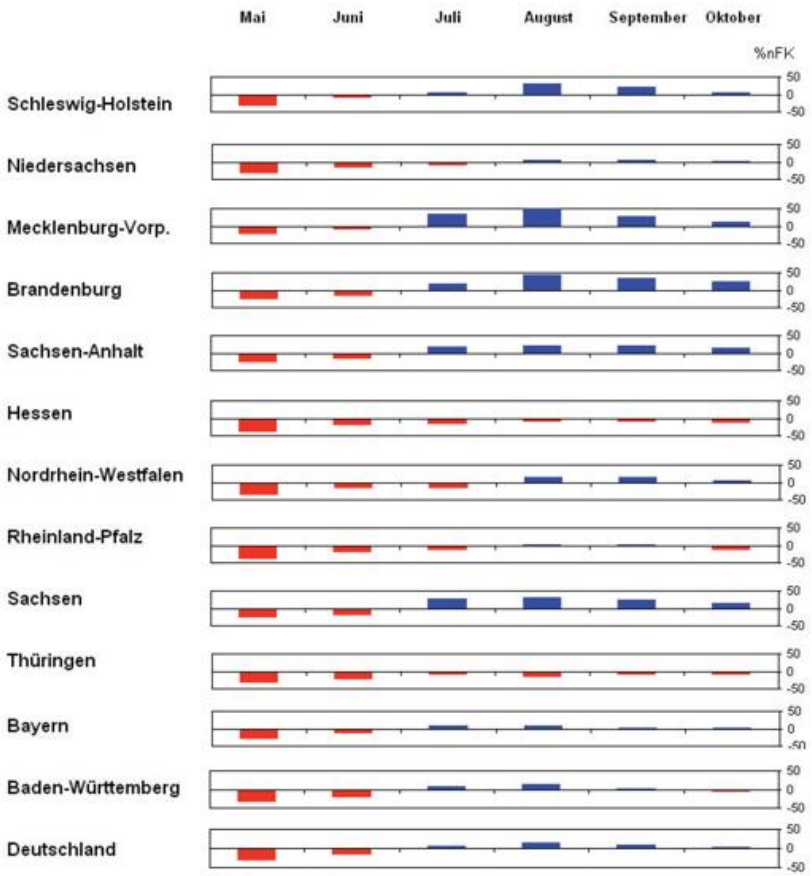


Abb. 1: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (% nFK) im Jahr 2011 vom langjährigen Mittelwert 1962 – 2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2011

	Januar		Februar		März				April				Mai				Juni			
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	0.1	1.1	-0.4	0.9	0.4	0	111.5	-17.1	4.0	2.4	146.9	55.0	1.0	0.4	113.8	84.5	1.3	0.5	105.5	111.0
Niedersachsen	0.6	2.0	-0.1	1.5	0.7	-0.6	112.8	-17.1	4.0	2.3	140.8	62.5	1.2	0.0	118.5	67.8	1.0	0.4	105.0	113.5
Mecklenburg-Vorp.	0.5	1.8	-0.7	0.2	0.2	0	114.9	-12.9	3.6	2.8	132.1	63.2	1.1	0.2	115.2	74.5	1.7	0.7	108.8	108.2
Brandenburg	0.9	2.0	-1.1	0.0	0.6	-0.1	121.0	-15.1	3.8	3.2	132.7	66.0	1.3	0.1	119.0	67.8	2.0	1.1	110.9	89.3
Sachsen-Anhalt	1.1	2.3	-0.4	0.9	1.0	-0.4	123.9	-17.6	4.0	2.8	134.5	73.3	1.9	-0.1	123.7	63.3	1.9	0.8	115.5	96.5
Hessen	1.0	1.6	0.0	1.8	1.6	0.1	138.8	-19.3	4.1	2.3	142.3	53.7	2.1	-0.6	135.8	39.8	0.6	0.7	104.9	113.4
Nordrhein-Westfalen	0.7	1.0	0.9	2.1	1.5	-0.3	123.0	-14.1	4.4	2.6	139.3	57.1	1.9	0.0	128.3	42.7	0.8	0.4	103.0	118.4
Rheinland-Pfalz	1.3	1.4	0.9	1.7	2.1	1.1	149.3	-16.9	4.8	3.3	141.7	48.4	2.8	0.4	137.4	31.6	0.8	1.1	99.8	114.2
Sachsen	1.1	1.2	-0.6	-0.1	1.2	0.5	124.7	-14.9	3.8	2.7	129.5	63.5	1.9	-0.2	126.9	70.4	1.7	1.0	110.2	101.5
Thüringen	1.1	2.1	-0.6	1.2	1.1	0.4	126.4	-15.1	3.9	2.7	134.0	49.0	1.6	-0.2	125.4	57.4	1.2	0.8	113.0	101.2
Bayern	1.0	1.8	0.0	2.3	1.5	0.6	133.7	-16.2	3.7	1.7	141.3	57.6	1.7	-0.6	127.0	53.6	0.6	1.3	94.5	105.4
Baden-Württemberg	1.1	1.3	0.7	1.8	1.5	0.5	130.9	-12.5	4.1	1.7	137.5	58.1	2.4	-0.2	129.3	57.3	0.7	0.9	96.1	102.0
Gesamt BRD	0.9	1.6	0.0	1.4	1.2	0.2	126.1	-15.5	4.0	2.4	138.7	58.6	1.8	-0.1	124.8	59.3	1.1	0.8	103.2	107.0

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	-0.7	0.1	83.4	1.3	-0.3	0.8	77.7	5.7	1.1	1.2	99.0	4.9	0.7	0.0	114.5	-3.8	1.0	0.9	2.0	3.3
Niedersachsen	-1.4	-0.4	83.3	-0.4	0.0	0.6	87.6	3.8	1.4	0.9	110.6	1.0	0.6	-0.4	114.8	-1.4	0.6	0.0	2.4	3.7
Mecklenburg-Vorp.	-0.9	0.4	75.8	4.1	-0.1	0.4	83.0	4.9	1.4	0.7	109.3	4.8	0.9	0.4	112.8	-3.7	0.7	0.0	2.1	3.2
Brandenburg	-1.4	0.1	77.2	2.4	0.3	1.0	88.5	2.8	1.7	1.1	107.7	14.0	0.8	0.1	108.2	3.0	0.2	-0.4	2.5	3.9
Sachsen-Anhalt	-1.3	0.2	83.7	1.3	0.6	1.4	94.0	3.0	2.0	1.3	114.2	10.0	0.6	-0.5	105.3	3.4	0.1	-0.9	2.5	4.2
Hessen	-1.8	-1.1	87.0	1.7	0.4	0.6	96.9	2.8	1.6	0.8	114.9	4.2	0.3	-1.1	121.9	-3.9	0.4	-0.6	2.1	3.2
Nordrhein-Westfalen	-1.8	-1.3	82.3	1.8	0.2	0.2	93.4	3.5	1.6	1.2	113.1	.9	0.6	-0.1	111.8	-2.6	1.6	0.3	2.1	2.8
Rheinland-Pfalz	-1.7	-1.3	84.2	1.8	0.4	0.5	96.9	2.0	2.1	1.4	114.4	3.3	0.7	0.0	115.9	-7.8	1.4	0.9	2.3	2.8
Sachsen	-1.2	-0.5	86.6	0.6	0.9	1.2	95.8	1.6	2.3	1.4	115.5	8.9	0.9	-0.2	112.1	1.6	0.6	-0.3	1.9	3.8
Thüringen	-1.5	-0.5	92.3	-0.5	0.4	1.2	96.6	1.4	1.9	1.5	121.1	7.5	0.7	-0.4	120.7	0.4	0.3	-0.3	2.0	4.0
Bayern	-1.6	-1.0	85.9	2.2	1.2	0.9	106.7	-0.3	2.0	1.2	113.3	2.0	0.3	-0.7	119.5	-0.2	0.2	-0.2	1.9	4.4
Baden-Württemberg	-1.5	-1.8	87.8	2.5	1.1	0.5	106.3	-0.5	2.2	1.3	115.3	-1.1	0.3	-0.8	115.6	-1.4	0.7	0.3	2.2	3.4
Gesamt BRD	-1.4	-0.7	83.8	1.7	0.5	0.7	94.8	2.2	1.8	1.2	111.9	3.8	0.6	-0.4	114.9	-1.6	0.7	0.1	2.1	3.6

Legende:

A = Bodentemperatur unbewachsener Boden 5 cm (rot = zu warm, blau = zu kalt)
B = Minimumtemperatur in Bodennähe für unbewachsenen Boden (rot = zu warm, blau = zu kalt)
C = Penman-Verdunstung, Abw. in % (rot = zu hohe Verdunstung, blau = zu geringe)
D = Benetzungszeiten, Abw. in % (rot = rel. geringe Benetzungszeiten, blau = relativ hohe)
E = Krumenbodenfeuchte, %nFK (rot = relativ trocken, blau = relativ feucht)
F = Kornfeuchte (%, 19 Uhr) (rot = relativ gering, blau = relativ hoch)

Tab. 1: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2011. Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2011 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman–Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot markierten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2011

Der wesentlich zu trockene April, verbunden mit extrem hohen Verdunstungsraten in diesem Monat, sorgte in der gesamten Bundesrepublik für negative Abweichungen bei der Bodenfeuchte von bis zu 40 % NFK vom langjährigen Mittelwert (Tab. 1). Das Bodenwasser wurde zwar im Juni etwas aufgefüllt, aber in nahezu allen Regionen Deutschlands wies der Juni noch ein Bodenfeuchtedefizit auf. Erst im Juli erfolgte der Ausgleich mit positiven Abweichungen u.a. in Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt. Für den August wurden für alle Bundesländer, mit Ausnahme von Hessen und Thüringen, z. T. deutlich höhere Bodenfeuchten als im langjährigen Mittelwert berechnet. Ein relativ trockener Herbst sorgte dann für das dem langjährigen Mittelwert entsprechende Bodenwasser.

Mikroklima 2011

Mit Ausnahme des Monats Juli erwiesen sich bezüglich der Bodentemperaturen und der Minimumtemperaturen am Boden nahezu in allen Regionen alle Monate als zu warm. Herausragend war, wie schon 2010 und nahezu so extrem wie 2009, der April. Potenzielle Verdunstungsraten von 120 – 140 % in den Monaten April – Mai sorgten für extrem geringe Bodenfeuchten. Die deutlich zu hohen Kornfeuchten im Juli und August deuten z. T. auf massive Probleme beim Mähdrusch hin.

Besondere Situation 2011

Markant war 2011 die Bodenfeuchtesituation im Frühjahr. Die Abb. 2 zeigt die berechneten Bodenfeuchten, beispielhaft für einen leichten Boden mit Wintergetreide, Mitte Mai für den Zeitraum 1962 – 2011. Es wird deutlich, dass in den meisten Bundeslän-dern der Mai 2011 zu den fünf trockensten Jahren bezüglich der Bodenfeuchte zu zählen ist.

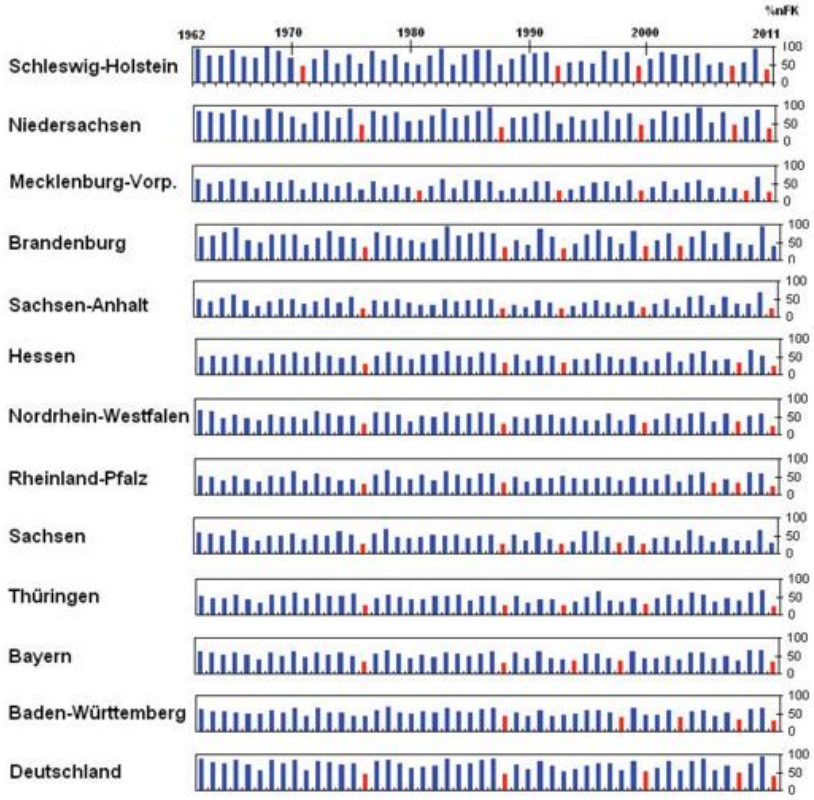


Abb. 2: Bodenfeuchtezustand (% nFK) jeweils Mitte Mai, 1962 – 2011, für leichte Böden, Wintergetreide
rot = die fünf geringsten Bodenfeuchten seit 1962

Das Weinjahr 2011 im Rheingau

Aus einem trockenen Frühjahr, verfrühten Eisheiligen, einem verregneten Sommer und letztendlich einem Bilderbuch-Altweibersommer resultierte ein außergewöhnlich guter Jahrgangswein.

Jahresrückblick

Das Wetter im Jahr 2011 brachte allerlei Überraschungen - und letztendlich doch noch ein gutes Ende. Zumindest für die meisten Winzer dürfte dieses Fazit gelten. Für einige war das Jahr indessen schon sehr früh "gelaufen": Nach dem ungewöhnlich frühen Austrieb Mitte April reichte schon eine kalte Nacht in den ersten Maitagen, um in "Frostlöchern" für erhebliche Schäden zu sorgen. Auch wenn es im Rheingau - verglichen mit benachbarten Anbaugebieten - nur wenig Frostschäden gab, waren die Einbußen für die Betroffenen doch beträchtlich. Wieder einmal zeigte sich, dass ein allzu früher Start ins Jahr mit Risiken behaftet ist. Doch im Zeitalter der Klimawende werden wir uns wohl an solche Eskapaden gewöhnen müssen.
Der März wurde dann schon zu einem richtigen Frühlingsmonat, im April war es fast frühsommerlich. Da war der frühe Austrieb nur die logische Konsequenz.

Ein sommerliches Frühjahr

Noch gravierender als die positive Temperaturabweichung war aber das Niederschlagsdefizit: Statt der in Geisenheim zu erwartenden Regenmenge von 119 mm fielen nur 44 mm. Das bedeutete schon ein Defizit von fast zwei Monaten! Sonne im Überfluss - auch hier wurde 2011 mit einem Überschuss von 250 Stunden (Gesamt 775 Stunden) nur von 1893 übertroffen. Die Entwicklung in der Pflanzenwelt überschlug sich fast - soweit nicht die Trockenheit die Entwicklung auf leichten Böden bremste. Am 26. Mai begann am Referenzweinberg des Weinbauamts Eltville schon die Blüte - in der im Jahr 1955 beginnenden Reihe war sie nur 2007 zwei Tage früher. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte der Vorsprung in der Natur schon drei Wochen gegenüber einem "Normaljahr" erreicht.

Verregneter Sommer

Ende Mai setzte dann der Umschwung ein: Endlich gab es Regen - doch bald erwies sich dieser Segen auch wieder als Fluch. Denn einem nassen Juni folgte zwar ein unterdurchschnittlich nasser Juli, dann aber kam der August, der es mit 105 Liter Regen in Geisenheim unter die "Top Ten" bezüglich der Regenmenge schaffte. Obwohl es im Sommer 2011 auch bei der Sonne ein deutliches Defizit gab, wurde der Zeitraum von Juni bis August doch wärmer als der vieljährige Durchschnitt. Dank des großen Entwicklungsvorsprung zum Blütezeitpunkt und dieser feucht-warmen Bedingungen ging die Rebentwicklung so zügig weiter, dass am Eltviller Sonnenberg der früheste nachweisbare Reifebeginn registriert wurde: Am 30. Juli hatte der Riesling schon 25 Grad Oechsle erreicht.

Bilderbuch- Altweibersommer

In Verbindung mit dem vielen Regen wurde die frühe Entwicklung zusehends zum Problem: Denn die Reifephase fiel in eine feuchte, ab Mitte August bis weit in den September hinein auch noch in eine warme Periode. Wespen machten sich über die früh-süßen Trauben her, schädigten die Beerenhaut und öffneten damit die Pforte für Fäulnisbakterien. Zunächst nur bei kompakteren Traubenstrukturen, später auch bei lockerbeerigen Trauben breitete sich die Fäulnis stark aus.
Vor allem das Auftreten der Essigfäule machte eine Negativ-Vorlese, insbesondere als Vorbereitung zum Vollerntereinsatz, in vielen Fällen erforderlich. Mit dem Termin 14. September wurde eine neue Rekordmarke für den Lesebeginn gesetzt, der sich - hoffentlich - nicht so bald wiederholen wird.

Weine für kommende Generationen

Als sich fast schon wieder die 2006er-Panik breit machen wollte, nahm das Wetter eine positive Wende: Ein Altweibersommer wie aus dem Bilderbuch rettete den Herbst 2011. Ab dem 20. September blieb es trocken, Sonne und Wärme trockneten die verbliebenen Fäulnisnester aus. In den Beeren setzte ein Konzentrationsprozess ein, der letztendlich Spitzenqualitäten ermöglichte, von denen man Mitte September nicht einmal mehr zu träumen gewagt hätte. Bis in die letzten Oktobertage gab es tagtäglich neue Rekordmeldungen zu den Oechslegraden - ein famoser Abschluss eines verrückten Weinjahres! Und was das Beste ist: Nicht nur die Mostgewichte sind sensationell, auch die Säure passt. Der Jahrgang 2011 wird auch unseren Nachkommen noch in Jahrzehnten schmecken!

Den Verlauf des Jahres 2011 hinsichtlich der Mitteltemperaturen im Vergleich zu den letzten 30 Jahren, der Verteilung der Niederschläge und die Termine für Austrieb, Blüte, Reife und Lese zeigt die untenstehende Grafik (Abb. 1)!

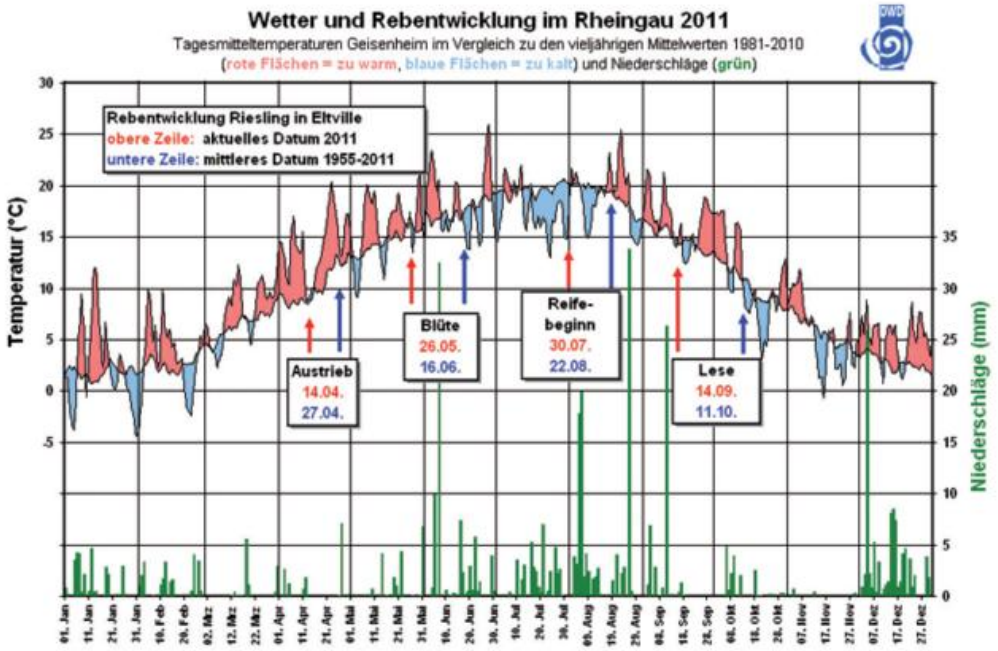


Abb.1: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2011. *(Quelle: Hans Helmut Schmitt, Außenstelle Geisenheim des Deutschen Wetterdienstes)*

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann, H. Nitsche

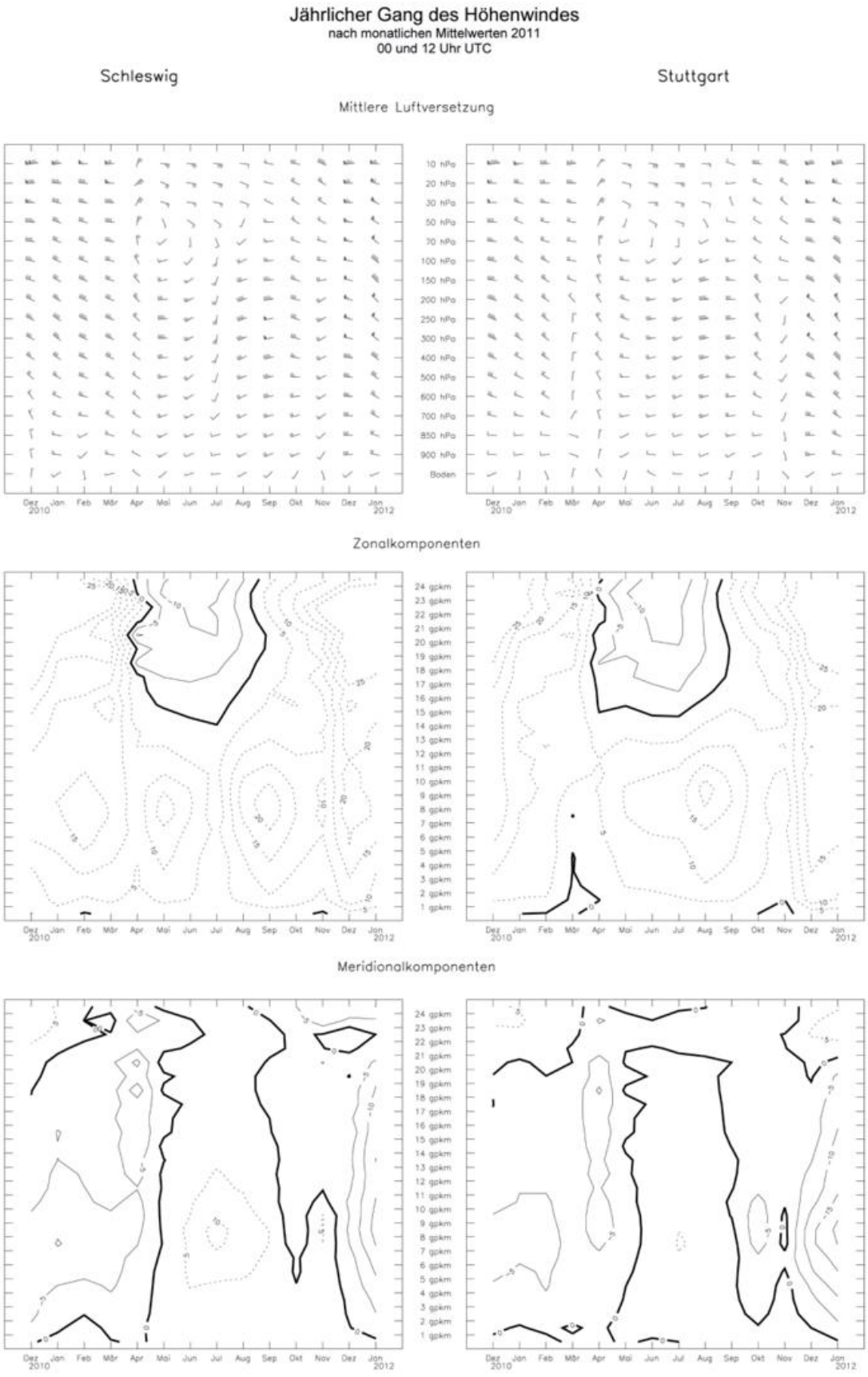
Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) und Windpilotierungen (Höhenwind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde. Die Messwerte wurden über das Global Telecommunication System GTS empfangen.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2011 dargestellt.

Die Strömungsmuster von Schleswig und Stuttgart weisen eine sehr große Ähnlichkeit auf. Im Januar und Februar wurden an beiden Stationen bodennah südliche Winde registriert, die mit der Höhe auf Nordwest drehten, so dass in der mittleren und oberen Troposphäre die für diese Monate typische Nordwestströmung vorherrschte. Während Schleswig im März in der Westdrift verblieb, war die Strömung über Stuttgart eher meridional geprägt. Über den Monat gemittelt war über Stuttgart eine schwache Nordströmung, die bis in die untere Stratosphäre reichte, wetterwirksam. Im April drehte auch über Stuttgart die Strömung wieder auf Nordwest. Hochdruckeinfluss im März und April führte insbesondere über Stuttgart zu einer Abschwächung der troposphärischen Strömung. Im Mai und Juni waren in ganz Deutschland vermehrt Wetterlagen mit Westkomponente in der Anströmrichtung wirksam. Im Juli wurde für Schleswig in der höheren Troposphäre eine markante Südkomponente ermittelt, die aus den in diesem Monat häufig aufgetretenen Südwest- und Südostlagen resultiert. Von August bis Oktober ergibt sich im Mittel für beide Stationen eine stabile westliche Strömung. Im November dominierten Wetterlagen mit südlicher Anströmung. Die gemittelten Windgeschwindigkeiten waren für November relativ niedrig, dies hängt mit der hochreichend antizyklonalen Zirkulation zusammen. Im Dezember befanden sich beide Stationen wieder in der für die Wintermonate typischen Westdrift.

In der Stratosphäre dominierte über beiden Stationen von Januar bis März die Westwindzirkulation. Im April drehte die Strömung in den oberen Stratosphärenschichten auf östliche Richtungen. Die daraus resultierende Ostwindzirkulation blieb bis Ende August stabil. Ab September herrschte über ganz Deutschland wieder eine stratosphärische Westströmung vor.



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten.

Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.

Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1kn=0,514 m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2011

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	100*	243	144*
	50	103*	212*	110*
GREIFSWALD (WEWA)	20	100*	243	144*
	50	103*	218*	116*
EMDEN (BW)	20	99*	243	143*
	50	103*	217*	115*
BERGEN (BW)	20	100*	243	144*
	50	103*	218*	116*
LINDENBERG (OBS)	20	100*	243	144*
	50	103*	218*	116*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	100*	243	144*
	50	91	219*	129*
MEININGEN (WEWA)	20	98*	243	146*
	50	103*	218*	116*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	98*	239*	142*
	50	103*	217*	115*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	96*	243	148*
	50	96*	219*	124*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	97*	243	147*
	50	104*	217*	114*
OBERSCHLEISSHEIM	20	95*	243	149*
	50	95*	217*	122*

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 11 Radiosondenstationen für das Jahr 2011 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 11 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1987 bis 2011.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über allen Stationen in der ersten Aprilhälfte ein. Damit drehte die Strömung einen Monat früher als im Vorjahr auf Ost. Die Ostströmung blieb in der Höhe bis Ende August beständig.

In 30 hPa setzte die Ostzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, Anfang April ein und blieb ebenso wie in 20 hPa bis Ende August stabil. Damit gehört 2011 zu den Jahren mit längerer Ostwindperiode. Ähnlich lange Zeiträume wurden in den Jahren 2000 und 2003 beobachtet.

In 50 hPa wurde die sommerliche Zirkulation an allen Stationen in der ersten Aprilhälfte registriert. In Schleswig endete sie Ende Juli, an den anderen Stationen erst Anfang August.

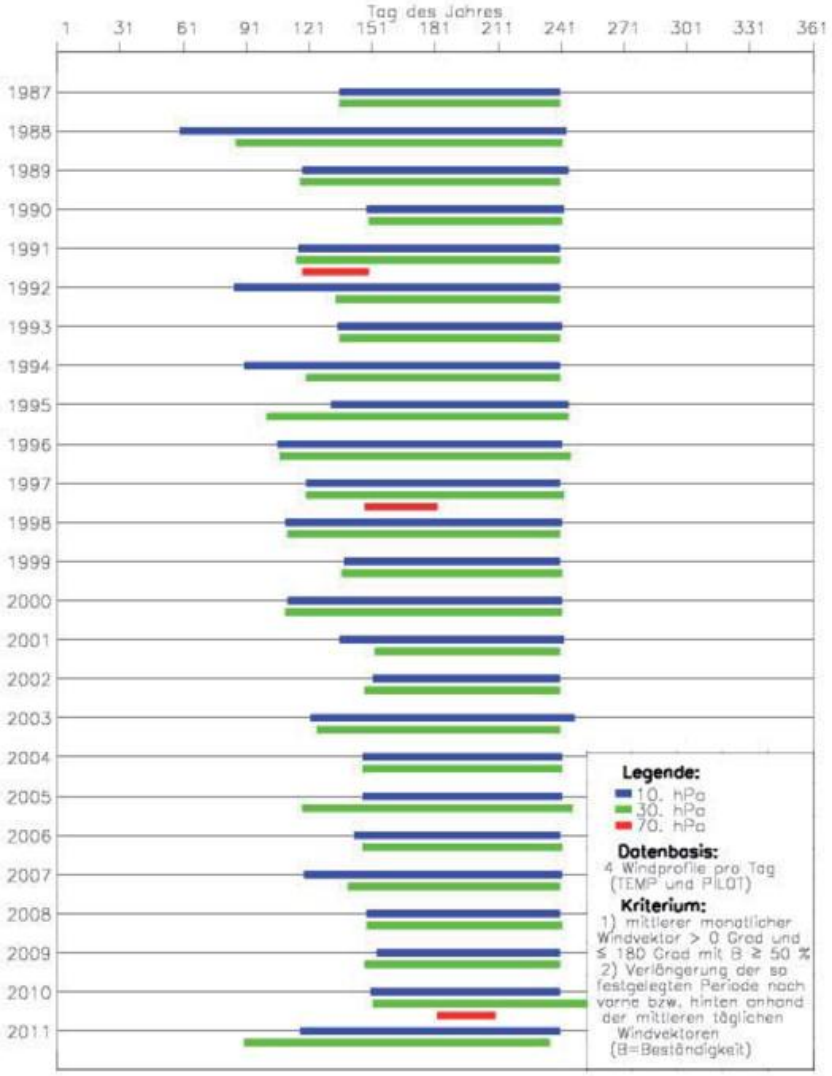


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1987-2011

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2011 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1971. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten. Die Wettersituation im Jahr 2011 wird am besten von der Frühlings- und Herbstkurve widergespiegelt. Beide Jahreszeiten fielen besonders in der unteren und mittleren Troposphäre durch eine hohe positive Temperaturabweichung auf. Ursache hierfür waren länger andauernde, oft hochreichend trockene Hochdrucklagen. Dagegen war die Stratosphäre in beiden Jahreszeiten zu kühl.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2011 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Neben der Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause fällt im Zeitraum Oktober bis Dezember auch eine Drängungszone in der unteren Troposphäre auf. Diese hat ihre Ursache in den herbstlichen Inversionswetterlagen. Sehr deutlich wird dies bei der Betrachtung des gemittelten Profils der 00-UTC-Temperaturgradienten für Stuttgart. Im November ist zunächst ein positiver Temperaturgradient bis zur Inversionsschicht zu erkennen. Oberhalb der Drängungszone bzw. der Inversionsschicht verhält sich der Temperaturgradient wieder jahreszeitengemäß.

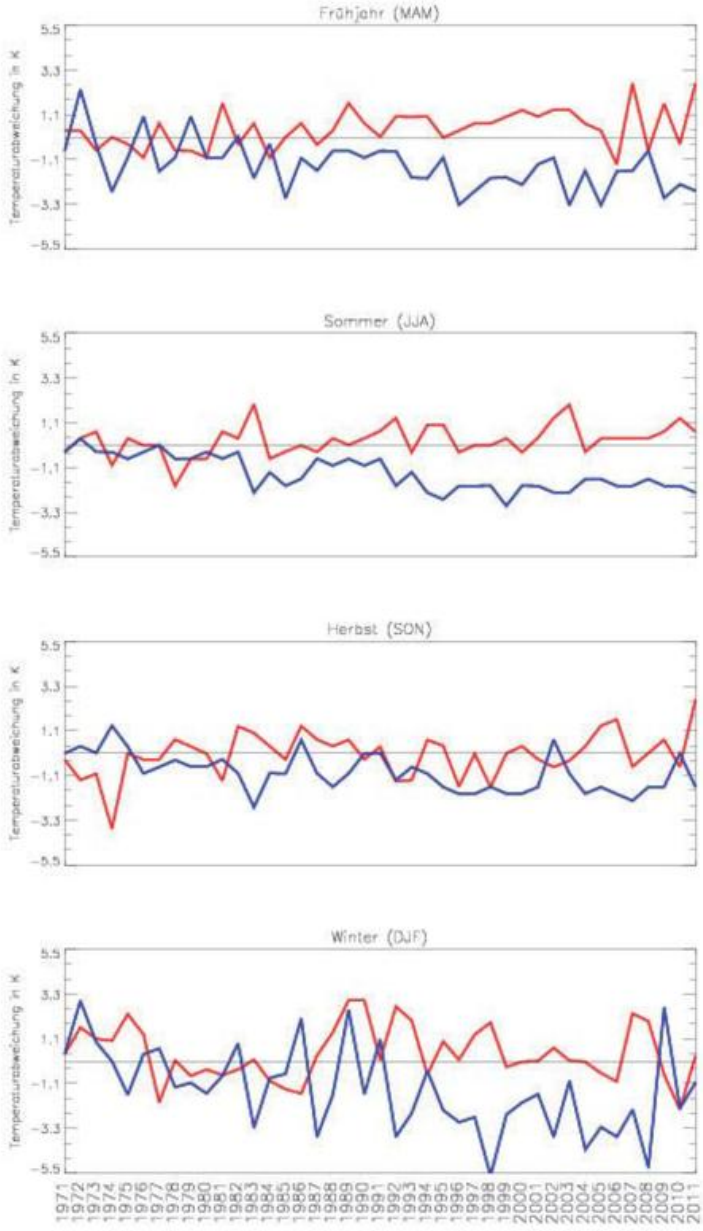


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2011 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

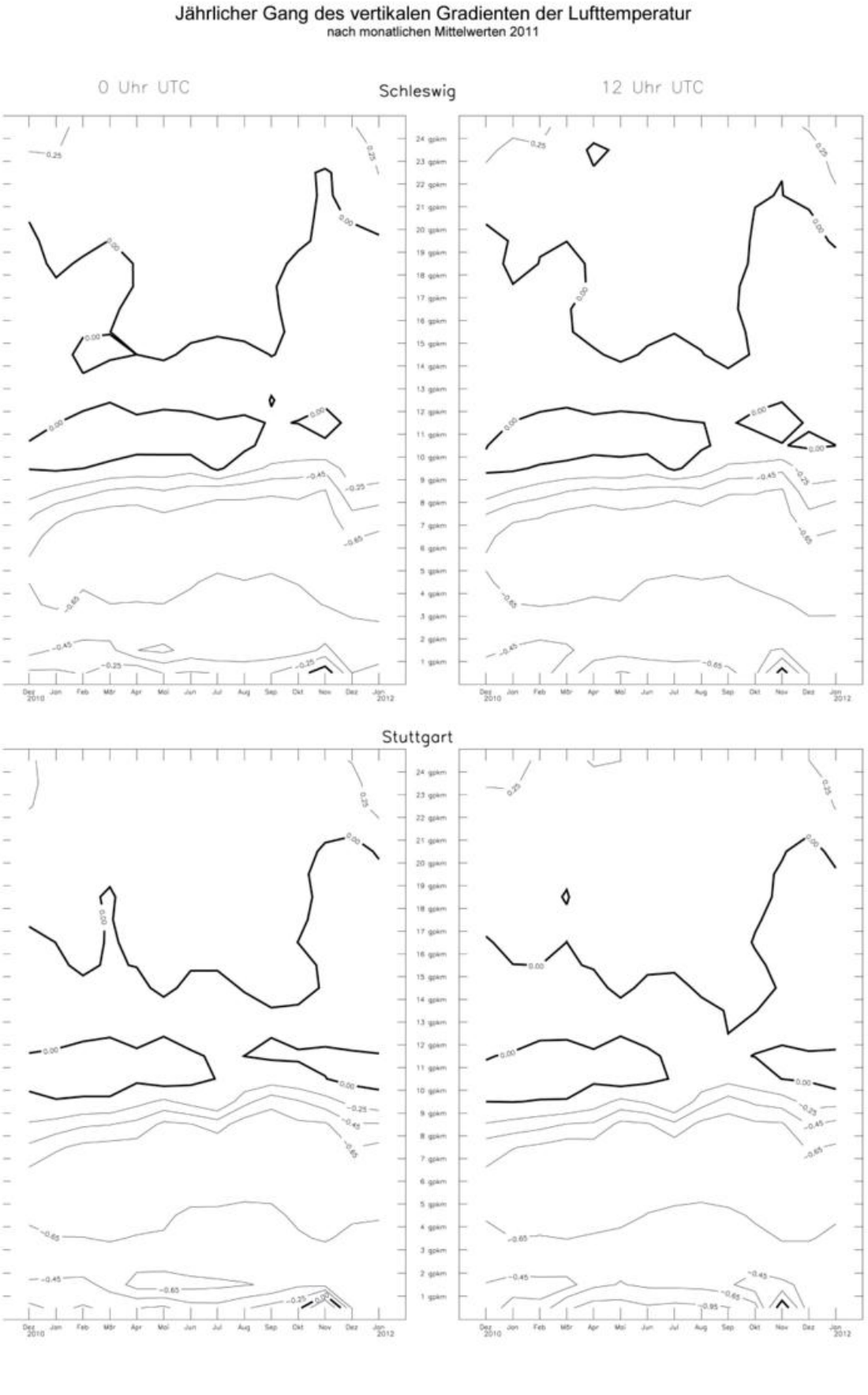


Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2011

Temperaturminima in der Stratosphäre

Temperaturminima in der Stratosphäre von -80,0 °C und darunter wurden in Tab. 2 eingetragen. Anfang des Jahres wies die Stratosphäre noch keine besonders extremen Temperaturminima auf. Lediglich in Schleswig und Emden wurden Minima von -80,0 °C registriert. Im Februar wurden nur in der unteren Stratosphäre über Essen -80 °C gemessen. Ende März sank die Stratosphärentemperaturen über Schleswig nochmals auf -81 °C ab. Diese Abkühlung ging einher mit einer nicht unerheblichen Abnahme des stratosphärischen Ozons um 12% - 14%. (Mehr zum Thema Ozonschicht kann in diesem Klimastatusbericht im Artikel „Ozon in der Stratosphäre" von U. Köhler, W. Steinbrecht und H. Claude und im Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes Nr. 128 vom 16. Mai 2011 nachgelesen werden.) Erst Ende Dezember wurden wieder an allen Stationen in einer Höhe zwischen etwa 20 und 30 km Extremwerte bis -85,0 °C (Schleswig) registriert. Für Emden konnte im Dezember kein stratosphärisches Temperaturminimum mehr gemessen werden, da dort der Radiosondenbetrieb am 31. August 2011 eingestellt wurde.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
	Jan	5	12	-80	24856
	Mar	29	0	-80	21896
SCHLESWIG (WST)	Mar	29	12	-81	22204
	Dez	27	0	-82	28735
	Dez	27	12	-85	27710
	Mar	29	12	-80	21863
GREIFSWALD (WST)	Dez	28	0	-80	24530
	Dez	27	12	-84	27291
EMDEN-KOENIGSPOLDER (BW)	Jan	5	0	-80	22440
BERGEN (BW)	Dez	28	12	-82	25109
LINDENBERG (OBS)	Dez	29	0	-83	25969
	Dez	29	12	-84	25644
	Feb	6	12	-80	13531
ESSEN-BREDENEY (AWST)	Dez	23	0	-80	28200
	Dez	28	12	-82	25510
MEININGEN (WEWA)	Dez	29	0	-84	26164
	Dez	29	12	-83	25736
IDAR-OBERSTEIN (BW)	Dez	28	0	-80	25127
	Dez	29	12	-81	24300
STUTTGART (SCHNAR. AWST)	Dez	29	0	-80	26665
	Dez	29	12	-80	24900
OBERSCHLEISSHEIM (WEWA)	Dez	31	0	-82	23578
	Dez	29	12	-80	25000

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2011

Ozon in der Stratosphäre

U. Köhler, W. Steinbrecht, H. Claude

Nach 2010 war auch das Jahr 2011 erneut für eine Überraschung gut, diesmal jedoch mit entgegengesetztem Vorzeichen. War die stratosphärische Ozonschicht im Jahr 2010 mit 339 DU so dick wie seit 25 Jahren nicht mehr, so erreichte der Jahresmittelwert 2011 mit 310 DU zusammen mit 1997 den 3.niedrigsten Wert seit Beginn der Messreihe. Nur die vom Ausbruch des Pinatubo-Vulkans beeinflussten Jahre 1992 und 1993 wiesen eine noch dünnere Ozonschicht auf (Abb. x1).

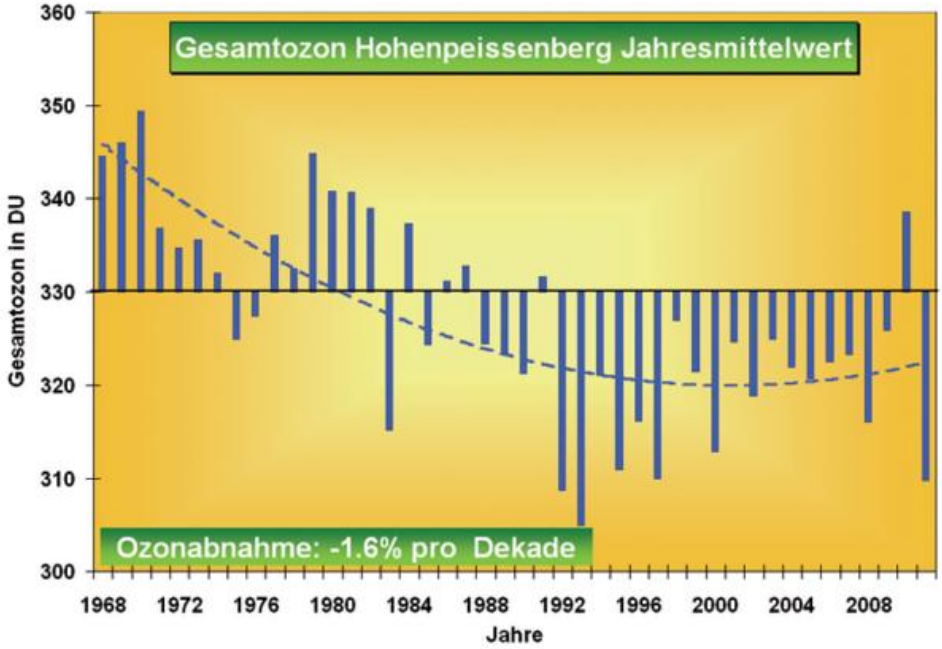


Abb. x1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus den Spektrometermessungen am Hohenpeißenberg.

Abb. x2 zeigt den Verlauf der Ozonsäule am Hohenpeißenberg über das Jahr 2011. Bis auf den Januar und den Juli lagen alle Monatsmittel deutlich unterhalb des langjährigen Medians (50-Perzentil) und unterhalb des 33-Perzentils, sechs Monate (April, Juni, August, September, November und Dezember) sogar unterhalb des 10%-Perzentils. April und September markierten neue absolute Tiefststände. Diese Rekordminima wurden nicht nur am Hohenpeißenberg beobachtet, sondern auch an anderen Gesamtozonmessstationen in Mitteleuropa wie in Hradec Kralove (Tschechische Republik) und in Arosa (Schweiz).
Im Klimastatusbericht 2010 wurden die Ursachen für die hohen Werte im vergangenen Jahr ausführlich diskutiert. Dabei wurden als natürliche Haupt-Ursachen die Phasen der QBO und der sogenannten NAO (North Atlantic Oscillation) identifiziert. Ein Umschwung in beiden Faktoren hat 2011 zur völlig entgegengesetzten Entwicklung in der Ozonschicht und zu den niedrigen Ozonsäulen geführt. Dies zeigen z.B. die nordhemisphärischen Daten aus Satellitenmessungen in Abb. x3.

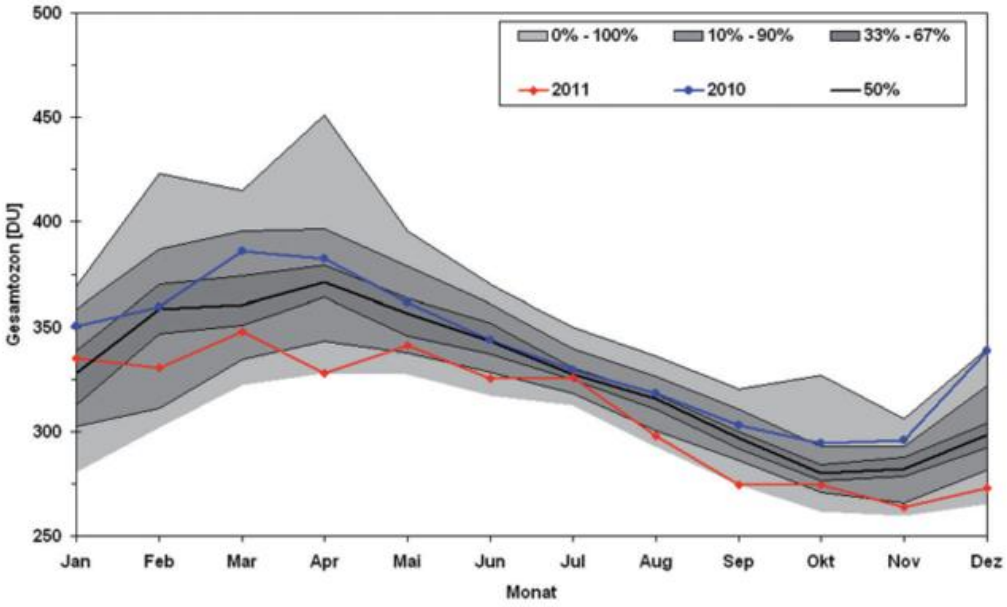


Abb. x2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2010 und 2011. Der schattierte Bereich gibt die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

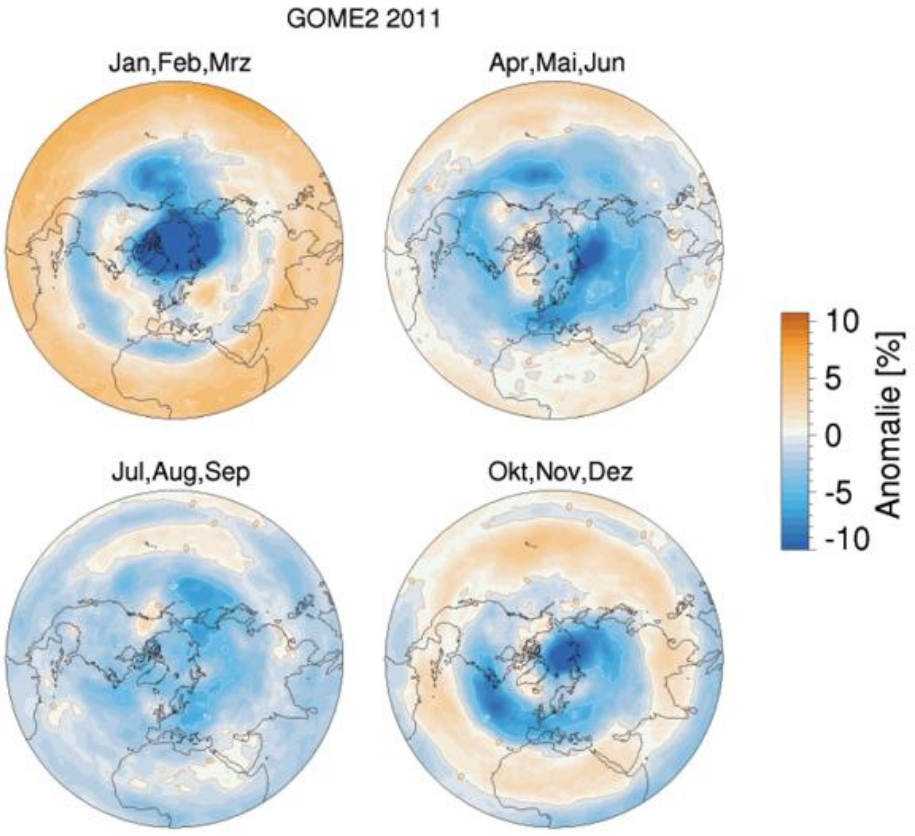


Abb. x3: Abweichungen des Ozon-Quartalsmittel 2011 vom langjährigen Mittel der Jahre 1979 bis 2011 anhand der GOME2 Daten.
Datenquelle: www.temis.nl

Schon in den ersten Monaten fallen hier die relativ hohen Ozonwerte südlich von 30°N und die niedrigen Säulen nördlich davon auf (Abb. x3, links oben). Dieses Muster ist typisch für westliche QBO Windscherung in den vorangehenden Monaten über den Tropen. Im Gegensatz zu 2011 bremste diese QBO Phase den Meridionaltransport und die Brewer-Dobson Zirkulation. Die meteorologische Situation führte allein so schon zu hohen Ozonsäulen in den Tropen und zu niedrigen Säulen in nördlichen Breiten.
Zusammen mit der schwachen Brewer-Dobson Zirkulation konnte sich dann ein ungewöhnlich stabiler und kalter stratosphärischer Polarwirbel entwickeln, in der Troposphäre begleitet mit positiver Phase der Arctic- und Nord-Atlantik Oszillation (AO und NAO) ab Februar. In diesem kalten Polarwirbel entstanden im Frühjahr 2011 extrem ausgedehnte und stabile Polare Stratosphären Wolken (PSCs). Weil nach wie vor viel Chlor in der Stratosphäre vorhanden ist, waren alle Bedingungen geschaffen für das Auftreten eines arktischen Ozonlochs im Frühjahr 2011, wie es über dem Nordpol noch nie so intensiv beobachtet wurde (Abb. x3 links oben). Nach Auflösung des Polarwirbels verteilte sich ab April und im Frühsommer (Abb. x3 rechts oben, links unten) diese ozonarme Luft über weiten Teilen der Nordhemisphäre. Das führte u.a. im April zu Rekordminima in den langjährigen Datenreihen vieler Bodenstationen.
Das oben erwähnte Umschlagen der AO (oder NAO) von fast durchgehend negativer Phase im Jahr 2010 auf überwiegend positive Phase ab dem Februar 2011 war bemerkenswert. Es führte zu ausgedehnten Hochdrucklagen speziell im Frühjahr und auch in der zweiten Jahreshälfte. Abb. x4 zeigt anhand der Tropopausenhöhen und der Ozonsäulen über dem Hohenpeißenberg deutlich diesen Umschwung von 2010 auf 2011. Sichtbar wird dabei auch die Antikorrelation zwischen den Anomalien (Abweichungen von den langjährigen jeweiligen Monatsmitteln) der Tropopausenhöhe und der Gesamtozondicke

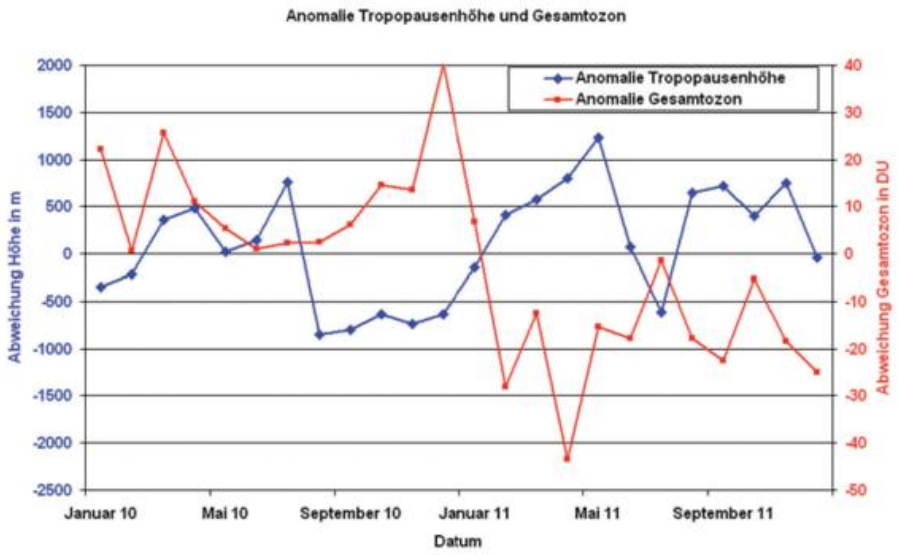


Abb. x4: Anomalien der Monatswerte von Tropopausenhöhe und Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg.

Für Deutschland (und Europa) war 2011 aufgrund der genannten meteorologischen Rahmenbedingungen ein Jahr mit sehr warmer Troposphäre (wärmstes Jahr am Hohenpeißenberg seit Beginn der Aufzeichnungen 1781), hoher Tropopause und mit sehr niedriger Ozonsäule. Die überwiegend positive Phase der AO/NAO führte von Oktober bis Dezember zu Hochdrucklagen und niedrigen Ozonsäulen (vgl. Abb x3 rechts unten: Niedrige Ozonsäulen über dem Atlantik, hohe Ozonsäulen über Grönland und Island). Im Frühjahr 2011 führte die positive AO/NAO Phase zusammen mit dem nach wie vor hohen Chlorgehalt der Stratosphäre auch zum extrem starken chemischen Ozonabbau über der Arktis - ein weiterer Beitrag zum 3.niedrigsten Jahresmittelwert der Ozonsäule.
Trotz der positiven Entwicklung bei den ozonzerstörenden Substanzen und der langsam beginnenden Erholung der Ozonschicht ist immer noch genug Potenzial für sehr niedrige Ozonschichtdicken vorhanden. Es wird sich zeigen, ob die fortschreitende Klimaänderung und die mögliche weitere Abkühlung der arktischen Polarwirbel auch in den nächsten Jahren zu massivem Ozonabbau über dem Nordpol führen und damit auch zu weiteren ozonarmen Frühjahren und Frühsommern in unseren Breiten beitragen können.

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (RA VI) 2011

A. Meyer-Christoffer, H. Nitsche

Der jahreszeitliche Rückblick auf das Klima in Europa behandelt die Jahreszeiten Winter 2010/2011, Frühjahr, Sommer und Herbst 2011. Der Dezember 2011 wird nur ausnahmsweise angesprochen, da er mit dem Winter 2011/2012 im Klimastatusbericht 2012 behandelt wird. Monatliche Rückblicke in englischer Sprache sind unter http://www.dwd.de/rcc-cm zu finden. Anomalien beziehen sich grundsätzlich auf die von der WMO definierte Normalperiode 1961-1990, sofern es nicht anders angegeben ist.

Lufttemperatur

Im Jahresmittel bemerkenswert ist, dass es in den polaren Gebieten im Mittel über die Nordhalbkugel z. T. erheblich wärmer als normal war.

Winter 2010/2011

Der Winter 2010/2011 war in West-, Mittel-, Nord- und Osteuropa sowie teilweise im westlichen Mittelmeergebiet kälter als normal. Die negativen Anomalien waren über Russland und Skandinavien am größten. Sie sind der westliche Ausläufer eines Sibirischen Kältegebietes, das räumlich relativ begrenzt negative Anomalien von mehr als 4 K aufwies. In Nord- und Ostdeutschland lagen sie aber immerhin noch im Bereich von -1 bis -2 K. Ähnliche negative Abweichungen gab es auch in Irland und Teilen Englands. Dies Ergebnis für den Winter ist hauptsächlich vom kalten Dezember 2010 geprägt, während Januar und Februar 2011 wärmer als normal waren. Bemerkenswert ist andererseits die positive Anomalie über Grönland, die mehr als 4 K beträgt. Die im gesamten arktischen Gebiet positive Temperaturanomalie war über Kanada und Westgrönland extrem ausgeprägt und erreichte Werte bis + 6.4 K (http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/) Deutlich wärmer als normal war es auch im Nahen Osten und Südosteuropa.

Frühling 2011

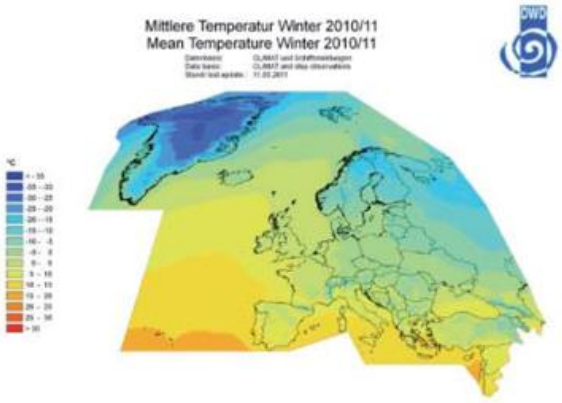
Im Frühling 2011 waren die Verhältnisse nahezu umgekehrt. Es war nahezu in ganz Europa wärmer als normal. Lediglich der Nahe Osten sowie der westliche Nordatlantik mit Südgrönland. waren kälter als normal Wiederum war die positive Anomalie am größten in der Arktis, diesmal im Nordosten. Über dem Norden Sibiriens und dem angrenzenden Arktischen Ozean wurden positive Anomalien bis +6.6 K analysiert. Das Gebiet der negative Anomalien beschränkt sich auf die Region Schwarzes Meer - Türkei - Südrussland.und ist mit negativen Anomalien bis -2 K in der Türkei und dem Schwarzen Meer am stärksten.

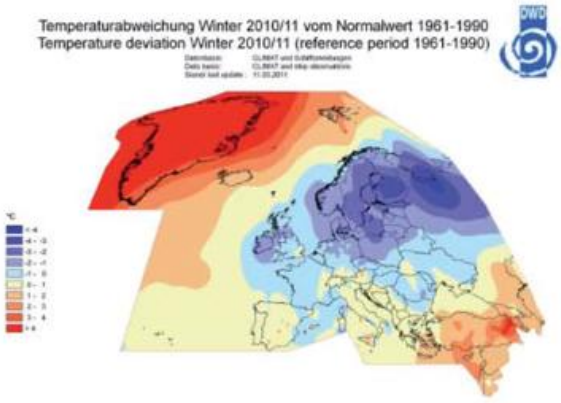
Sommer 2011

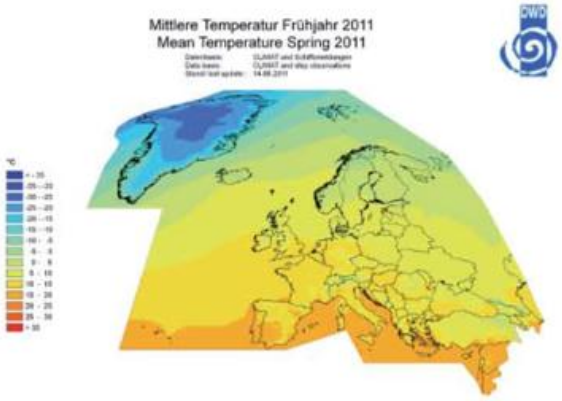
Der Sommer 2011 war im Mittel im Westen Europas noch von einer negativen Temperaturanomalie über dem Atlantik beeinflusst, während es sonst überall wärmer als normal war.

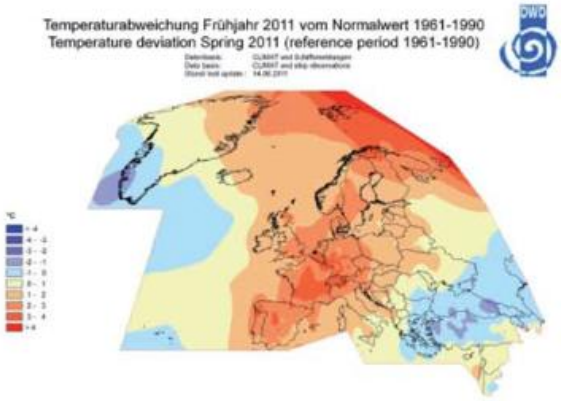
Herbst 2011

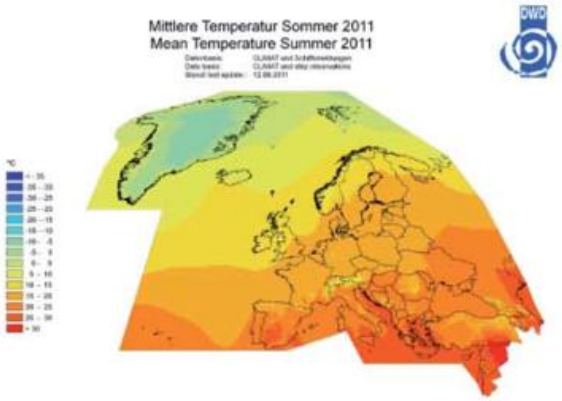
Im Herbst 2011 war es ähnlich wie im Frühjahr in einem Gebiet mit dem Zentrum über dem Kaukasus kälter als normal. Die Abweichungen betrugen auch in der Türkei bis zu -2 K. Auch über dem Atlantik und Südgrönland waren die Anomalien negativ. Sonst war es wiederum überall wärmer als normal, am stärksten über dem Nordosten des Gebietes, einschließlich Nordschweden, Nordnorwegen und Finnland.

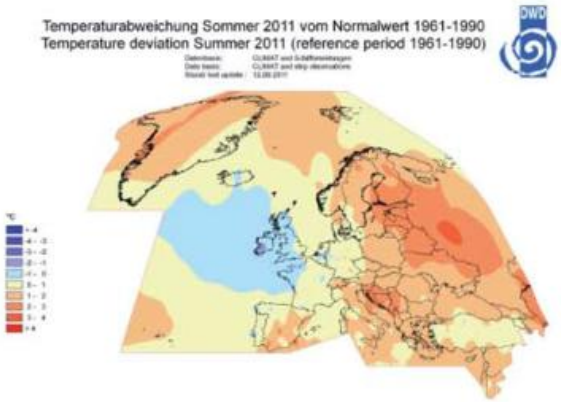


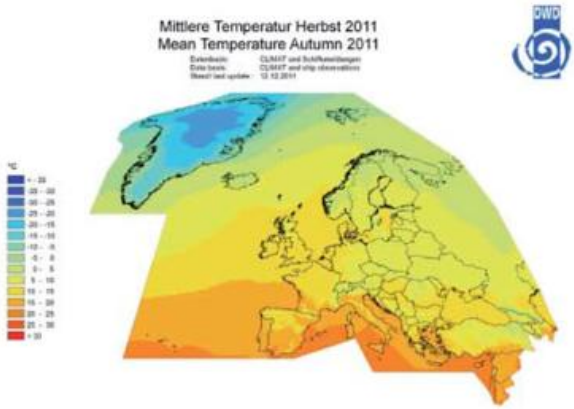












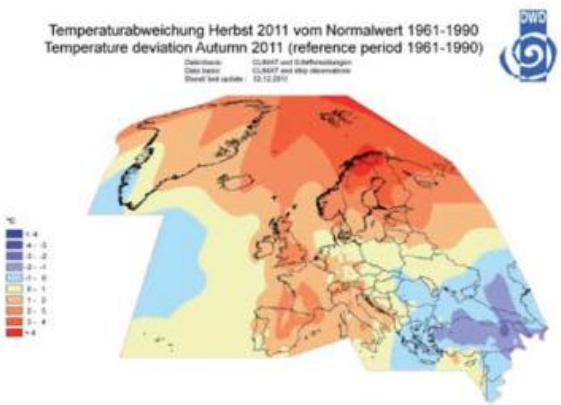


Abb. 1a: Mittlere Lufttemperatur (2m) in Grad C im Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011, und Herbst 2011

Abb. 1b: Mittlere Anomalie der Lufttemperatur (2m) in K im Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011

Niederschlag

Die Analysen des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN) zeigen für das Jahr 2011 überwiegend geringe Abweichungen des Niederschlags von den vieljährigen Mittelwerten des Zeitraums 1951-2000, allerdings mit einer deutlichen zonalen Aufteilung in zu trockene und zu feuchte Gebiete.
In der Anomaliekarte (Abb. 1b) fällt vor allem ein großflächiges sich von Nordwestspanien, über England, Frankreich, bis nach Südosteuropa erstreckendes Niederschlagsdefizit auf. Dort fielen teilweise weniger als 60% des durchschnittlichen Niederschlags. Vorwiegend in Norwegen, Schottland und Island sowie vereinzelt im Süden Europas (Sizilien, östlicher Teil der türkischen Schwarzmeerküste) war es zu feucht.

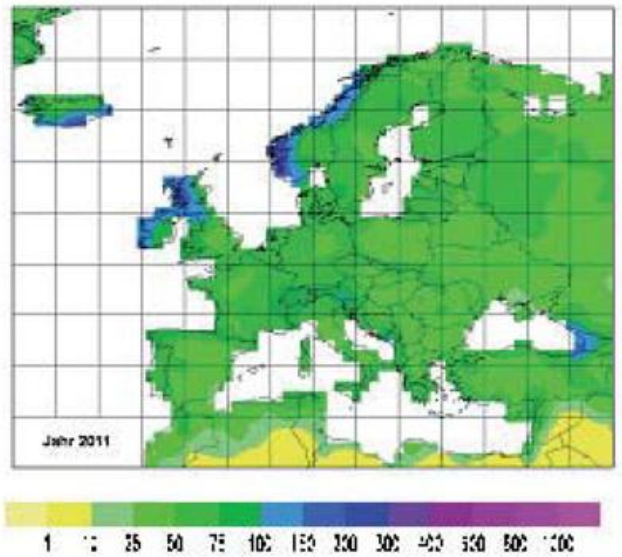


Abb. 2a: Niederschlagshöhe im Jahr 2011 in mm/Monat

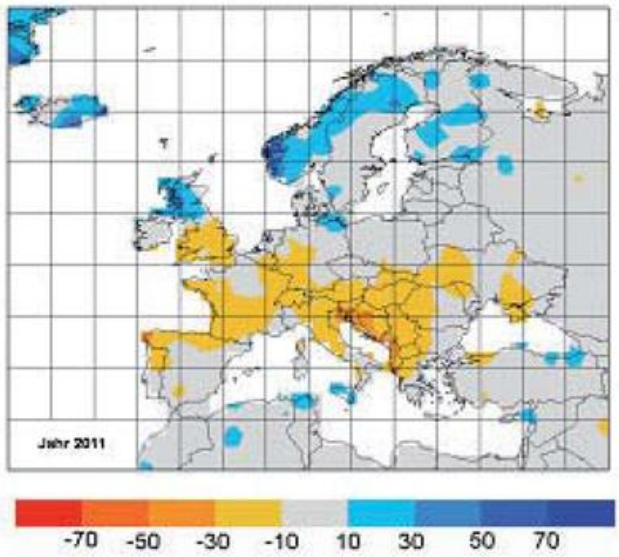


Abb. 2b: Niederschlagsanomalie im Jahr 2011 als Abweichung in mm/Monat vom Mittelwert des Zeitraums 1951-2000

Ein differenzierteres Bild zeigt sich bei den einzelnen Jahreszeiten (Abb. 2):

Im **Winter** gab es große Gebiete mit Trockenheit, vor allem in Großbritannien, Norwegen, Dänemark, Frankreich - hier vor allem im Süden und Norden -, Nordostspanien und rund um die Adria. In Südfrankreich fiel in allen Wintermonaten zu wenig Niederschlag. Im Februar wurden in Teilen Frankreichs (Nordosten, Languedoc und Alpen) nur Niederschlagsmengen von 20% des Normalwerts erreicht (Meteo France). Auch Großbritannien und Irland sowie Norwegen hatten insgesamt ein Niederschlagsdefizit, obwohl es in Irland, Nordengland und Schottland im Februar feuchter als üblich war.
Zu viel Niederschlag im Vergleich zum langjährigen Mittel fiel vor allem in Spanien und Portugal und von Ostestland, Lettland und dem Osten Weißrusslands bis weit nach Russland hinein.

Im **Frühjahr** waren weiterhin große Teile in Europa von England, Frankreich bis weit nach Russland hinein und im Süden bis Nordspanien zu trocken.
In allen 3 Frühlingsmonaten fiel zu wenig Niederschlag. In der Schweiz war es im April ähnlich trocken wie 1884 und 1921 (World weather news), die Flüsse führten sehr wenig Wasser. In England und Wales gab es den trockensten März seit einem Jahrhundert. Und auch im April fielen in England teilweise weniger als 20 % des normalen Niederschlags für 1961-90 (UK Met.Office). Über ganz England und Wales war es das zweittrockenste Frühjahr seit 1910 und das trockenste seit 1990. England und Wales hatten im Frühjahr nur etwa 45% des langjährigen Niederschlags, in East Anglia und in Teilen Südenglands war es das trockenste Frühjahr seit 101 Jahren (World weather news)
Auch in Frankreich fiel im ganzen Frühjahr extrem wenig Regen. In Südfrankreich, wo nach einem trockenen Winter im März etwas mehr Niederschlag gefallen war, regnete es im April und Mai am wenigsten.
In Island, Schottland und Norwegen sowie in Teilen Spaniens, in Südportugal, Süditalien und Griechenland fiel dagegen mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel.
Im März führte ein Mittelmeertief zu Starkniederschlag in Süditalien und Schneefall in Nord- und Mittelitalien Auch in Griechenland gab es Starkniederschläge mit Erdrutschen.

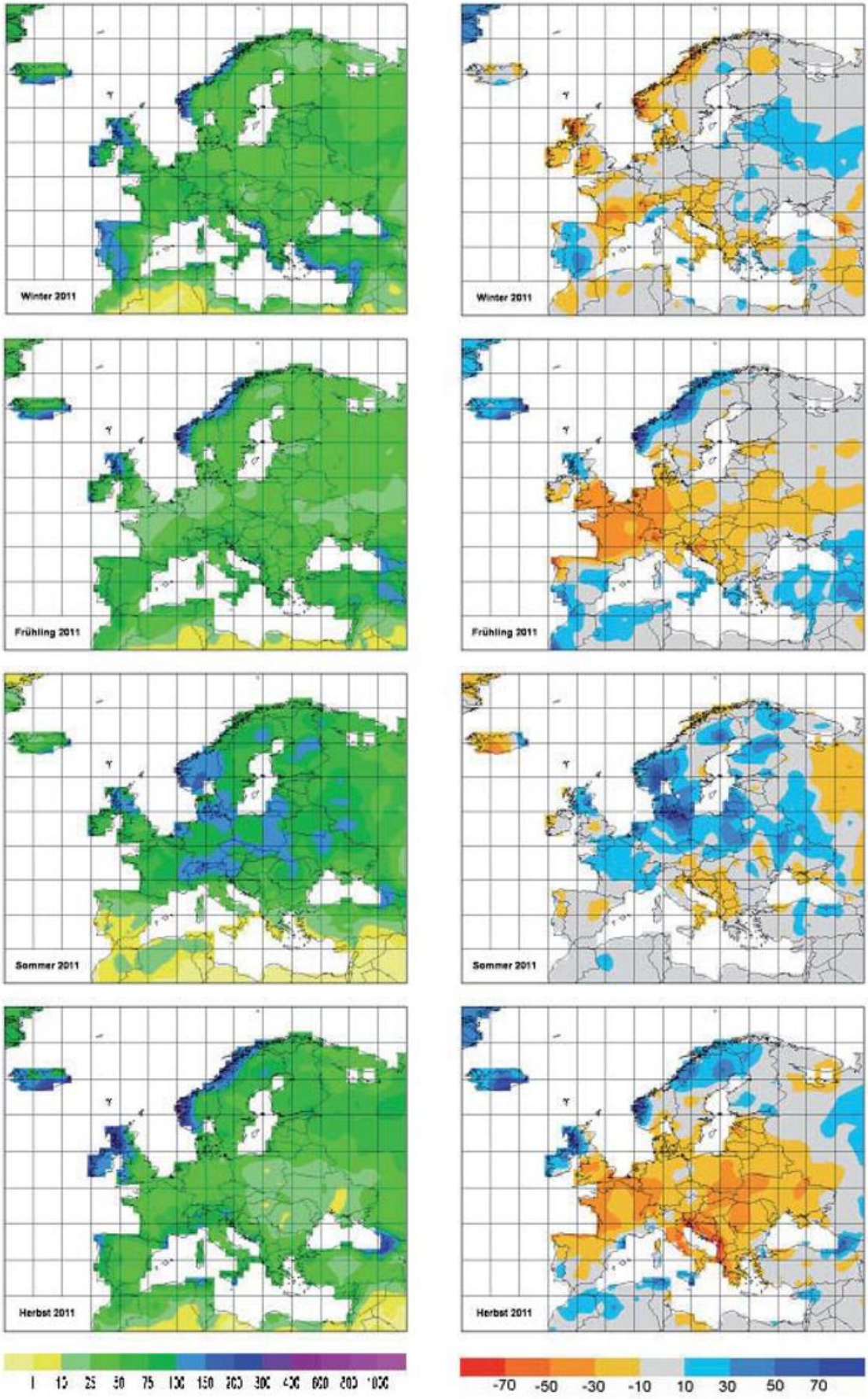


Abb. 3a: Niederschlagshöhe in mm/Monat

Abb. 3b: Niederschlagsanomalie in mm/Monat (Bezugszeitraums 1951-2000)

Im **Sommer** kehrt sich das Bild größtenteils um. In Frankreich, Schottland, Deutschland, Polen, in weiten Teilen Skandinaviens und nach Osten bis weit nach Russland war es feuchter als üblich.
Rund um die Adria regnete es allerdings auch im Sommer insgesamt zu wenig, lediglich im Juli fielen etwas mehr Niederschläge, im August war es dagegen extrem trocken. Südengland hatte zwar im Juni einen kleinen Niederschlagsüberschuss, aber im Juli und August war es wieder zu trocken.
Ende Juni brachten Gewitterstürme, die über Deutschland, Österreich und nach Tschechien und Polen zogen, Niederschläge von 20-30 mm in wenigen Stunden und lokale Überflutungen (World weather news).
Am 2. Juli wurden in Kopenhagen durch heftigen Niederschlag von mehr als 150 mm hunderte von Häusern und zahlreiche Straßen überflutet (World weather news).
In Teilen Schottlands fiel am 10./11. August innerhalb von 2 Tagen so viel Regen, dass zahlreiche Flutwarnungen herausgegeben wurden. In Glasgow wurden die höchsten 24-Stundenwerte seit Aufzeichnung gemessen (World weather news).

Die drei Monate im **Herbst** waren alle in großen Teilen Europas zu trocken, wobei im Mittel über alle 3 Monate die Region rund um die Adria das größte Defizit aufwies.

Im **November** (s. Abb. 4) waren die Niederschlagswerte am niedrigsten, die Karte des Monatsniederschlags (Abb. 4a) zeigt große gelbe Flächen. In weiten Teilen Europas fielen weniger als 10 mm, teilweise sogar weniger als 1mm. Vor allem rund um die Adria und Ägäis fielen über 70 mm weniger als im Monatsdurchschnitt. Die Karte der relativen Anomalie (Abb. 4c) zeigt in einem großen zusammenhängenden Gebiet weniger als 20% des normalen Niederschlags.
In Deutschland fiel in diesem Monat im bundesweiten Mittel mit rund 3 mm die niedrigste Niederschlagsmenge seit Beginn der Aufzeichnungen (Witterungsreport Express 11/2011).
In anderen Gebieten fiel mehr Niederschlag als üblich, vor allem in Irland, Schottland, Norwegen, Nordschweden und Nordfinnland.

Im **Oktober** führten einzelne Niederschlagsereignisse zu Überschwemmungen, teils auch in Gebieten, die insgesamt zu trocken waren,. Am 20. Oktober führten heftige Regenfälle in Rom zu Überflutungen im morgendlichen Berufsverkehr, von 06-06 UTC am 19.-20. Oktober fielen mehr als 100 mm. Am 24./25. Oktober kam es infolge heftiger Niederschläge in Südwestengland, Nordirland und Wales zu Überschwemmungen; der nasseste Ort war Cardinham in Cornwall mit 68.4 mm (etwa die Hälfte des Monatssolls (World weather news)). Am 27. Oktober kam es in Norditalien, besonders in der Region Cinque Terre in Ligurien, zu heftigen Überschwemmungen. Dort waren einzelne Orte nur über das Meer erreichbar (World weather news, Dartmouth Flood Observatory).
Im **November**, der an der Mittelmeerküste Frankreichs einen Niederschlagsüberschuss hatte, fiel vom 1. – 6. November ein mehrfaches des üblichen Monatssolls (Valleraugue 936 mm (6-facher Monatswert) , Sablières 719 mm (2-facher Monatswert)). In Corte auf Korsika fielen am 5. November 210 mm, ein 24h Rekord, von denen 172 mm in 6 Stunden fielen (Das entspricht einem Monatssoll (World weather news).).

Die Niederschlagskarten dieses Beitrags beruhen auf dem „GPCC Monitoring Pro-duct" (Schneider et al.. 2011) des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN, engl. Global Precipitation Climatology Centre, GPCC) http://gpcc.dwd.de.

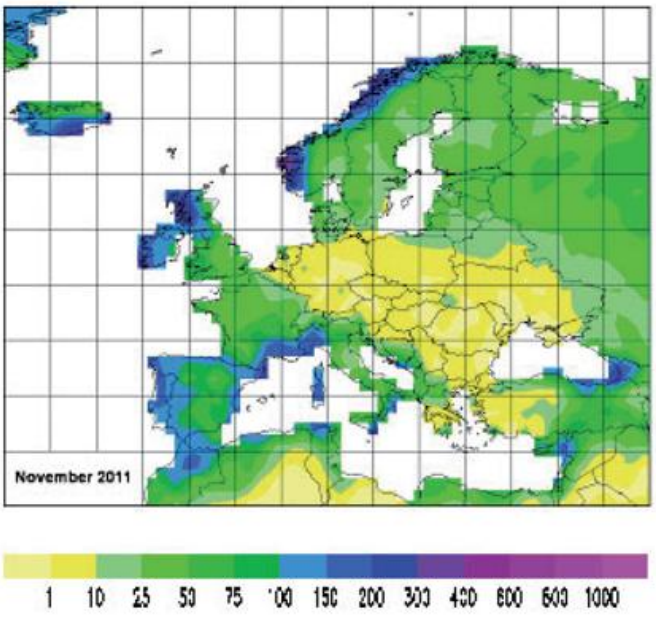


Abb. 4a: Monatliche Niederschlagshöhe in mm

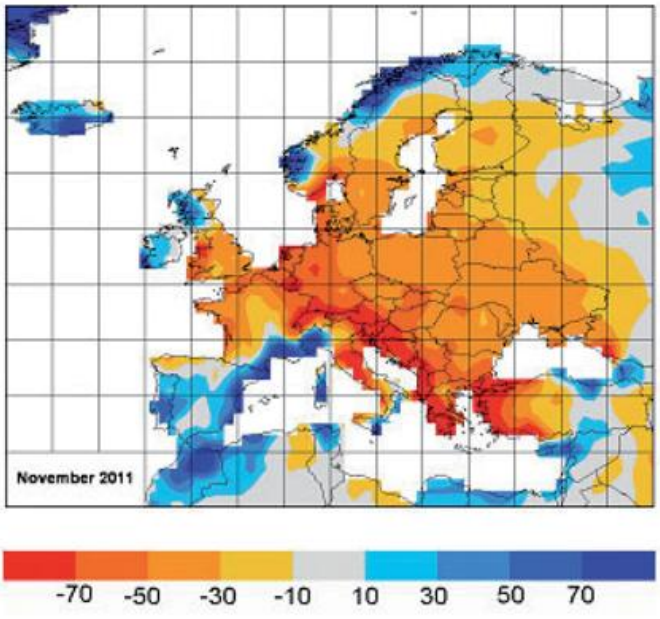


Abb. 4b: Monatliche Niederschlagsanomalie in mm (Bezugszeitraum 1951-2000)

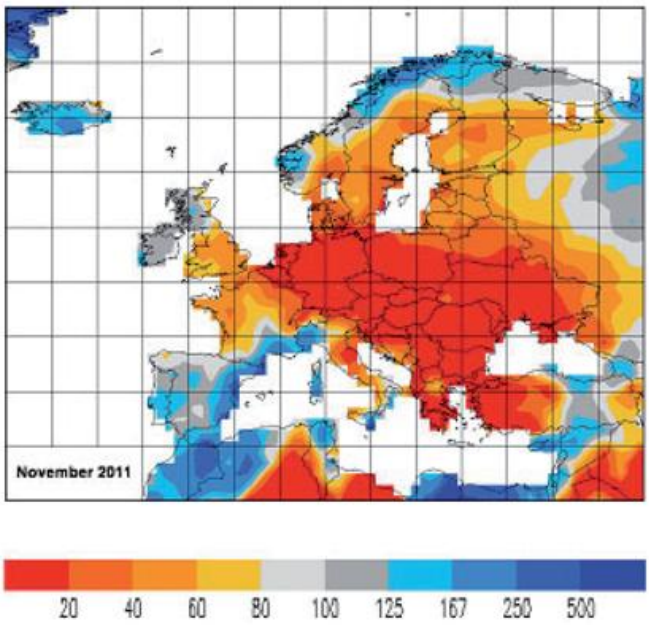


Abb. 4c: Relative monatliche Niederschlagsanomalie in Prozent (Bezugszeitraum 1951-2000)

Luftdruck

Der mittlere NAO-Index war im Winter 2010/2011 und im Sommer 2011 negativ und im Frühjahr und Herbst 2011 positiv (Tab. 1).

Winter 2010/2011

Im Winter 2010/2011 waren im Mittel die Luftdruckverhältnisse nahe den normalen Werten. Die Abweichungen betrugen maximal +/- 4 hPa mit eher positive Anomalien im Norden und negativen im Süden.

Frühjahr 2011

Im Frühjahr 2011 lag der größte Teil Europas unter höherem Druck als normal. Das Azorenhoch, das jedoch seinerseits schwächer als normal ausgeprägt war, war weit nach Osten Ausgedehnt.

Sommer 2011

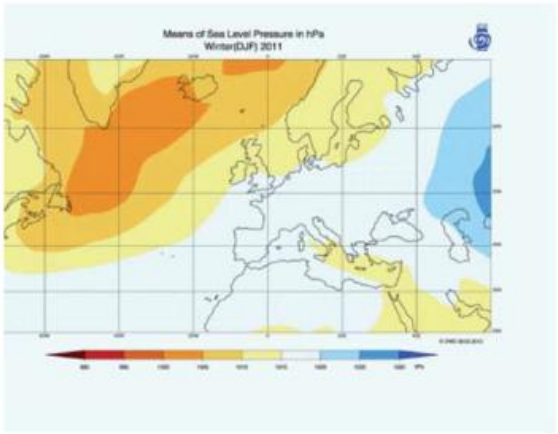
Im Sommer 2011 war das Azorenhoch etwas stärker als normal und das Islandtief war schwach ausgeprägt. Über dem Europäischen Kontinent waren die Luftdruckgegensätze gering. Im Mittel war der Luftdruck außer im Norden und Nordosten geringer als normal.

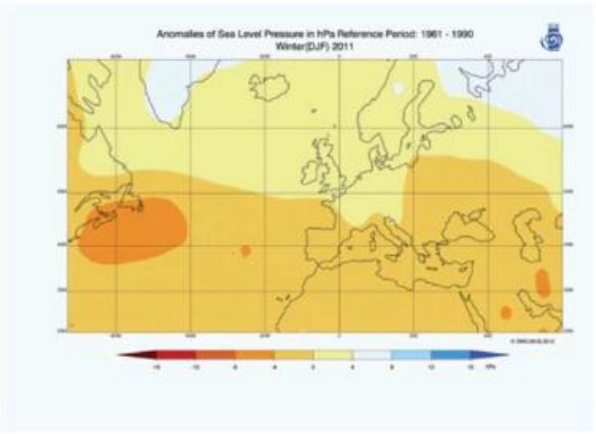
Herbst 2011

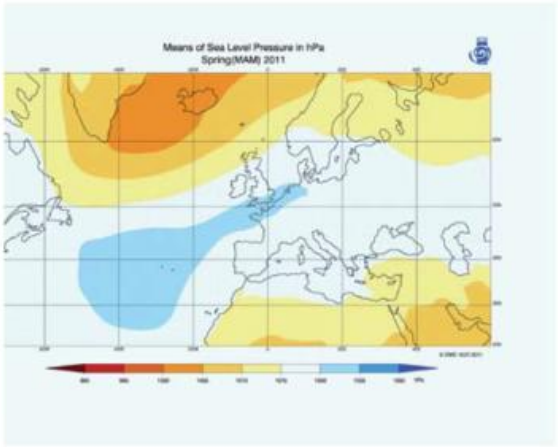
Der Herbst war durch ein im Mittel kräftiges Islandtief und ein eher schwaches Azorenhoch, das jedoch wiederum weit nach Osten ausgedehnt war, gekennzeichnet. Über dem größten Teil des Europäischen Kontinents lag höherer Luftdruck als normal.

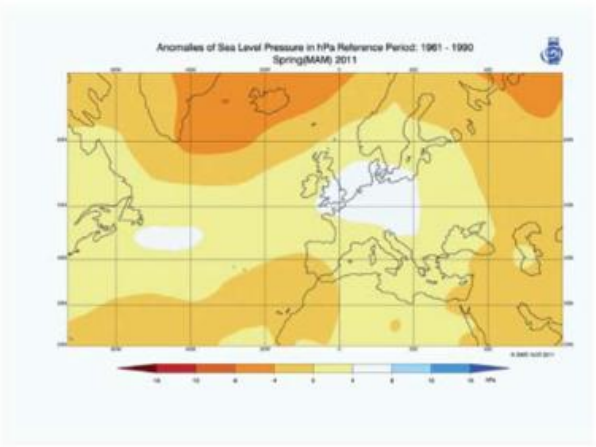
Jahreszeit	Mittlerer NAO-Index
Winter 2010/2011	- 1.04
Frühjahr 2011	0. 90
Sommer 2011	- 1.44
Herbst 2011	0.97

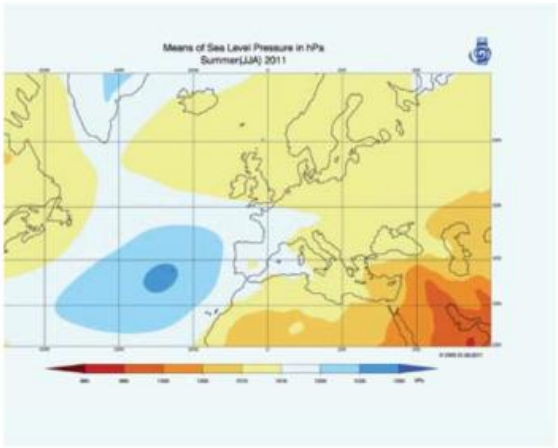
Tab. 1: Jahreszeitenmittelwerte des NAO-Index

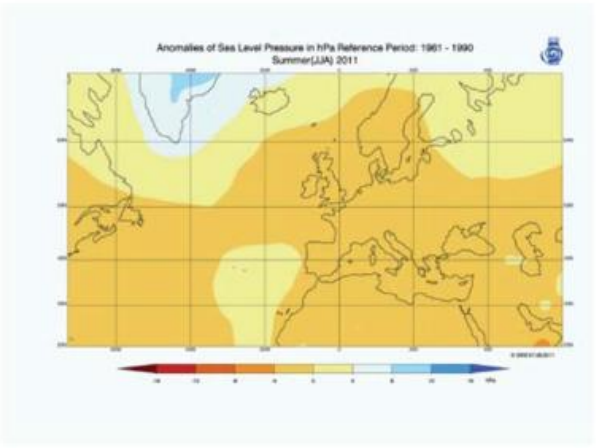


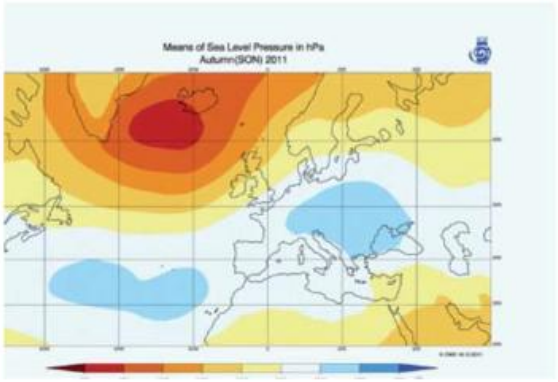












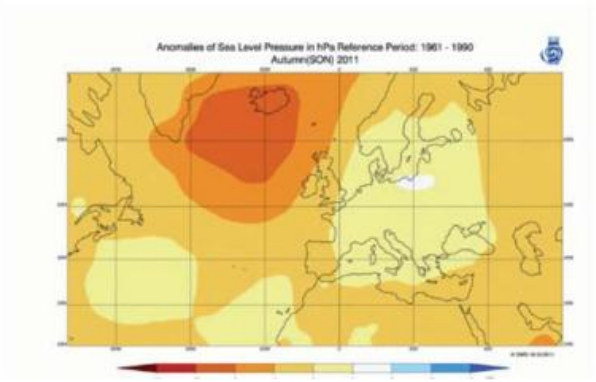


Abb. 5a: Jahreszeitenmittelwerte des Luftfrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011

Abb. 5b: Anomalien der Jahreszeitenmittelwerte des Luftfrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011

Sonnenscheindauer

Winter 2010/2011

Der Winter 2010/2011 war im Bereich des nördlichen Nordatlantik, der Nordsee und Ostsee, Baltikum und Skandinavien sowie dem östlichen Mitteleuropa und im Bereich des westlichen Mittelmeeres mit der Iberischen Halbinsel im Mittel sonnenscheinreicher als normal. Ebenfalls mehr Sonnenschein als normal erhielten die östliche Balkanhalbinsel, Teile der Türkei sowie Teile Russlands und der Ukraine.

Frühjahr 2011

Das Frühjahr 2011 war fast überall sonnenscheinreicher als normal. Dabei wurden in Deutschland, Frankreich, Belgien. Österreich und Polen z.T. mehr als 150 % des Normalwerts erreicht.

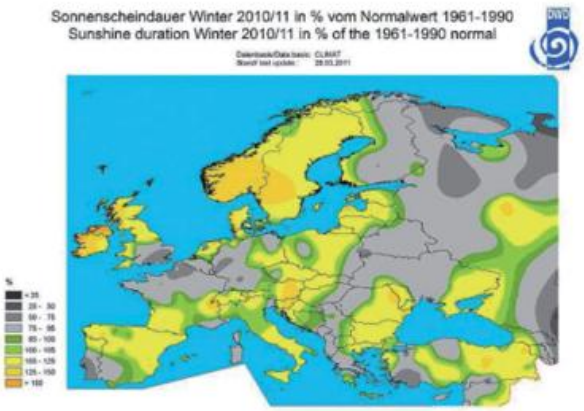
Sommer 2011

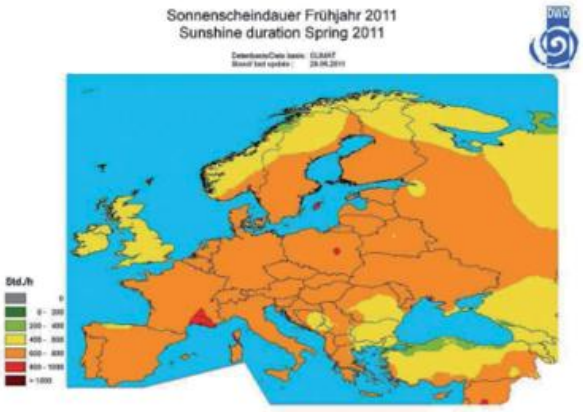
Der Sommer 2011 steht dazu in einem deutlichen Kontrast, denn er war fast überall sonnenscheinärmer als normal. Am trübsten mit z.T. nur 50% des Solls war es rund um die Nordsee und im Bereich der westlichen Atlantikküste.

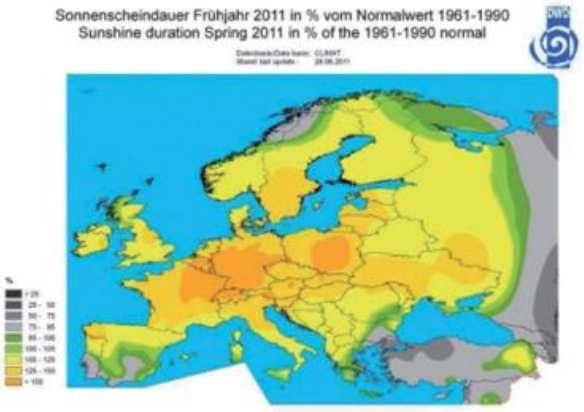
Herbst 2011

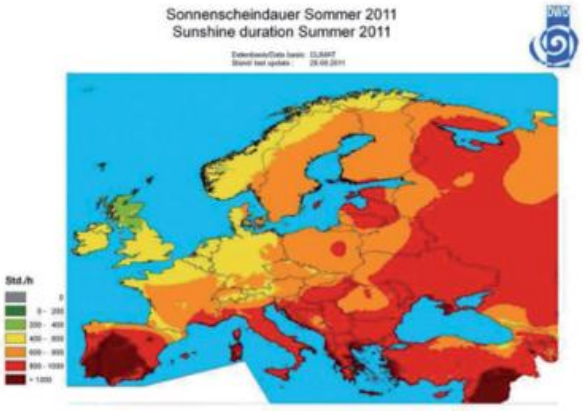
Der Herbst 2011 war dagegen wieder fast überall – außer im Norden, Osten und Südosten - sonnenscheinreicher als normal. Am größten war der Überschuss in Mitteleuropa mit in Deutschland teilweise und in Polen überwiegend mehr als 150 % des Solls.

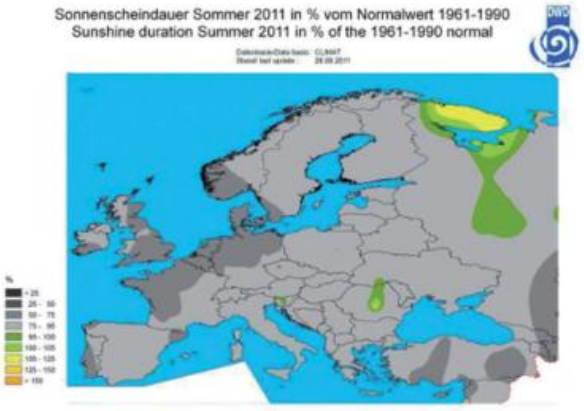


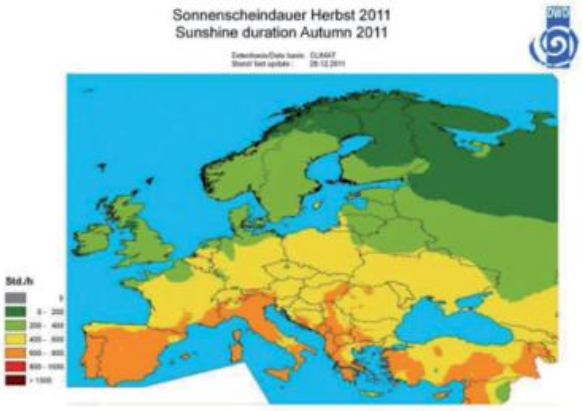












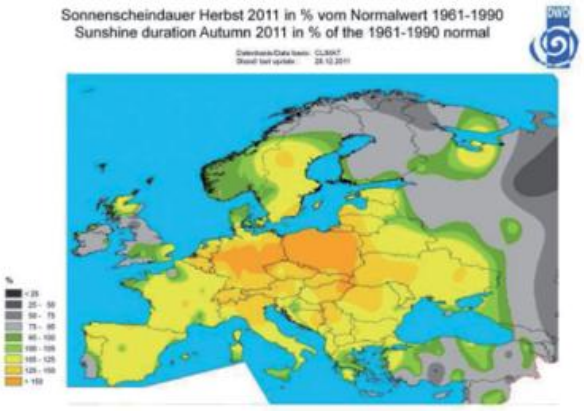


Abb. 6a: Mittlere Sonnenscheindauer für die Jahreszeiten Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011

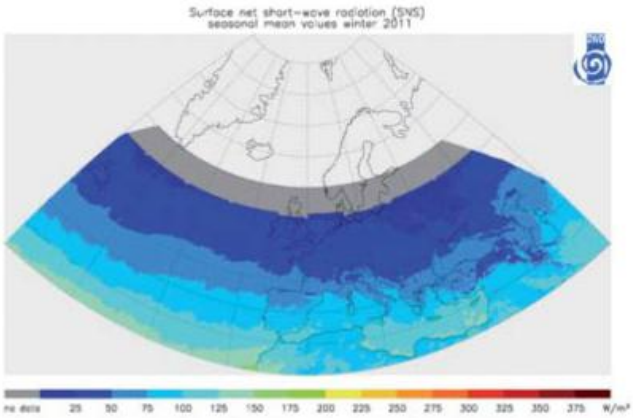
Abb. 6b: Anomalien der Sonnenscheindauer für die Jahreszeiten Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011

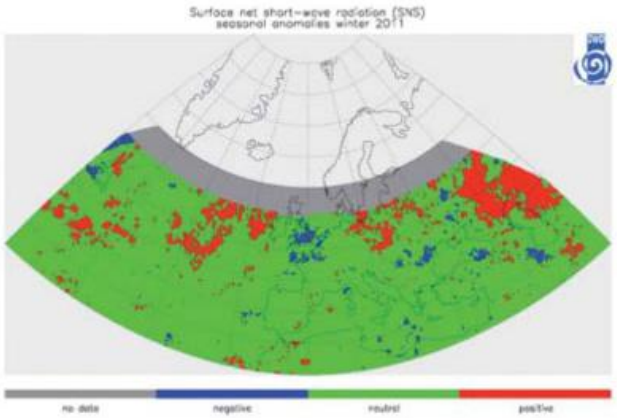
Strahlungsbilanz am Erdboden

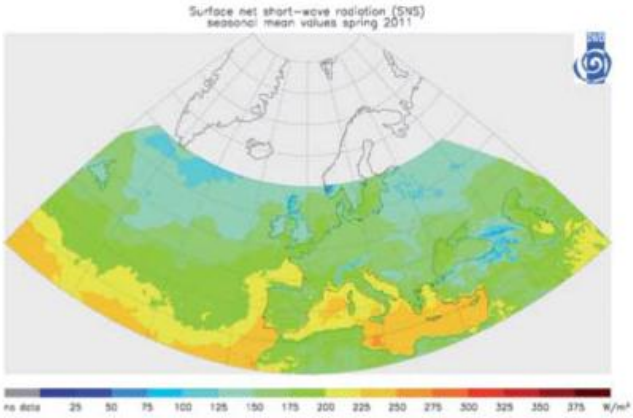
Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die jahreszeitlichen Mittelwerte im Jahr 2011 sowie deren Anomalien bezogen auf den Referenzzeitraum 1983-2011 für die kurzwellige und die langwellige Strahlungsbilanz am Erdboden.
Die Datenbasis für diese Auswertung sind die vom CM-SAF (http://www.cmsaf.eu) aus METEOSAT (MSG-SEVIRI)-Messungen abgeleiteten Daten. Für den Referenz-zeitraum wurden „SRB-Daten" (SRB=Surface Radiation Budget, http://gewex-srb.larc.nasa.gov) der Jahre 1983-2007 und CM-SAF-Daten ab September 2005 herangezogen. Die Datengrundlage und das Verfahren zur Erstellung einer konsistenten Referenzklimatologie sind ausführlich in einem Bericht dokumentiert„ der auf der Internet Seite des DWD (http://www.dwd.de/satklim) im Menü Dokumente zu finden ist („Erstellung einer Referenzklimatologie der Strahlungsbilanzkomponenten…", Kothe/Ahrens 2009).
Die Anomalien bedeuten hier abweichend zum Vorgehen bei den anderen Klimaelementen das Unter- bzw. Überschreiten des jeweiligen neutralen Bereichs, der eine statistisch definierte „Breite" besitzt. Diese resultiert aus der „Streuung" des Referenzdatensatzes. Aufgrund der Nutzung von Satelliten-Daten kann nicht die gesamte Referenzperiode der WMO 1961-1990 abgedeckt werden. Andererseits ermöglicht die Referenzperiode 1983-2011 die Ermittlung von Anomalien bzgl. eines aktuelleren Klimazustands. Die positiven Anomalien bedeuten einen Überschuss an Strahlungsgenuss am Erdboden (d.h. eine größere Einstrahlung oder kleinere Ausstrahlung im Vergleich zum Referenzzeitraum), während die negativen Anomalien umgekehrt einen verminderten Strahlungsgenuss relativ zum Mittel des Referenzzeitraums darstellen.
Die kurzwellige Strahlungsbilanz setzt sich aus der einfallenden kurzwelligen Strahlung und der am Boden reflektierten Strahlung zusammen, während die langwellige Strahlungsbilanz sich aus der Ausstrahlung der Erdoberfläche und der von den Wolken und vom Wasserdampf zurückgestrahlten langwelligen Strahlung zusammensetzt. Die Interpretation stützt sich daher bei der kurzwelligen Strahlungsbilanz in erster Linie auf den Vergleich mit der Wolkenbedeckung bzw. auch der Sonnenscheindauer und bei der langwelligen Strahlungsbilanz hauptsächlich auf die Temperatur in Bodennähe (über Land: Lufttemperatur in 2 m über Grund und über dem Ozean die Ozeanoberflächentemperatur SST). Im Einzelnen sind die Zusammenhänge jedoch komplex und auch die unterschiedlichen Bezugszeiträume für die Anomalien er-schweren den Vergleich.

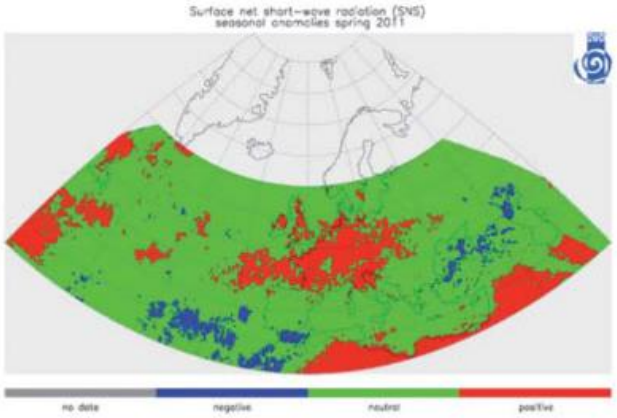
Kurzwellige Strahlungsbilanz

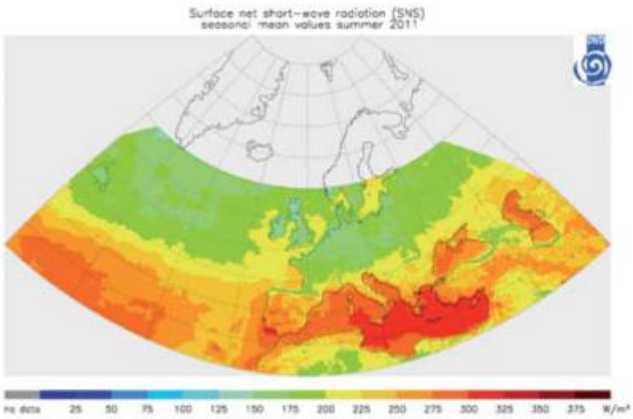
Überwiegend waren die Anomalien der kurzwelligen Strahlungsbilanz in allen Jahreszeiten im neutralen Bereich.
Größere mehr oder weniger zusammenhängende Gebiete mit einer positiven kurzwelligen Strahlungsbilanz sind im **Winter 2010/2011** hauptsächlich im Nordosten, im **Frühling 2011** über Mitteleuropa sowie am südlichen Rand des Mittelmeeres und im Nahen Osten zu finden. In den letztgenannten Gebieten traten sie auch im **Sommer** und im **Herbst 2011** auf. Diese Gebiete findet man bei der Bewölkung als Gebiete mit relativ häufigen Heiteren Tagen bzw. seltenen Trüben Tagen wieder.

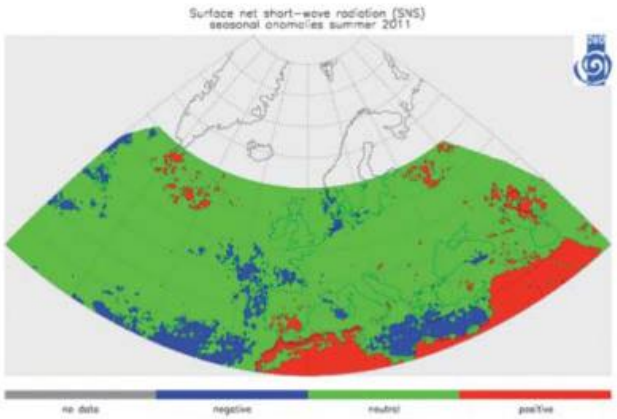


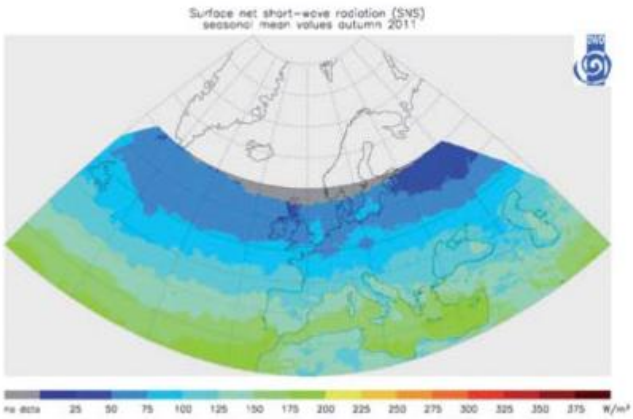












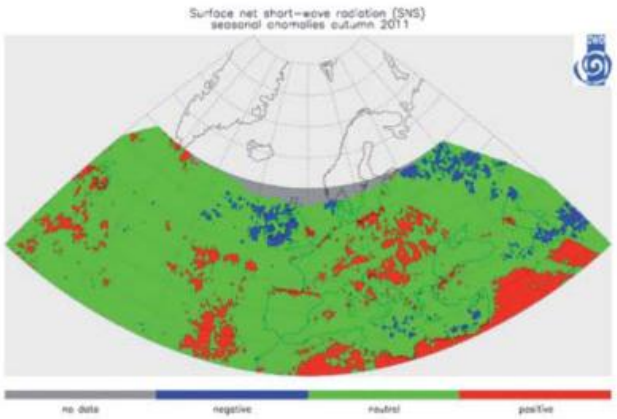


Abb. 7a: Mittlere kurzwellige Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011 (Bezugszeitraum 1983-2011)

Abb. 7b: Anomalien der mittleren kurzwelligen Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011 (Bezugszeitraum 1983-2011)

Langwellige Strahlungsbilanz

Überwiegend waren auch die Anomalien der langwelligen Strahlungsbilanz in allen Jahreszeiten im neutralen Bereich.

Winter 2010/2011

Gebiete mit negativer Anomalie der langwelligen Strahlungsbilanz am Erdboden zeigten sich vor allem auf dem Atlantik sowie ganz im Osten, entsprechend den Gebieten mit positiver Temperaturanomalie. Auf dem Atlantik wurde aber offenbar die langwellige Ausstrahlung durch Bewölkung eingeschränkt.

Frühjahr 2011

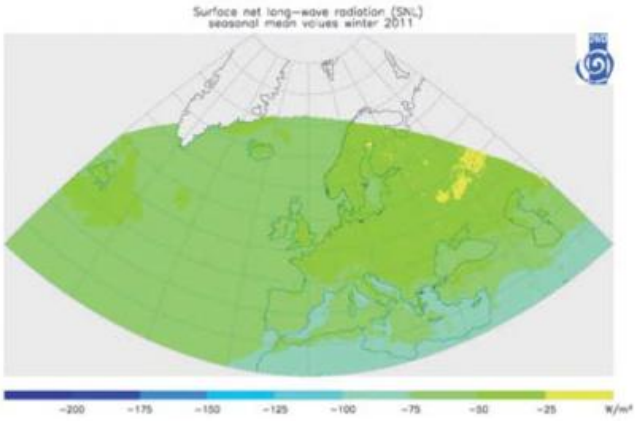
Im Frühjahr war über Mitteleuropa ein Gebiet negativer Anomalie der langwelligen Strahlungsbilanz gut ausgeprägt, das mit der positiven Temperaturanomalie und gleichzeitigen größeren Sonnenscheindauer gut korreliert.

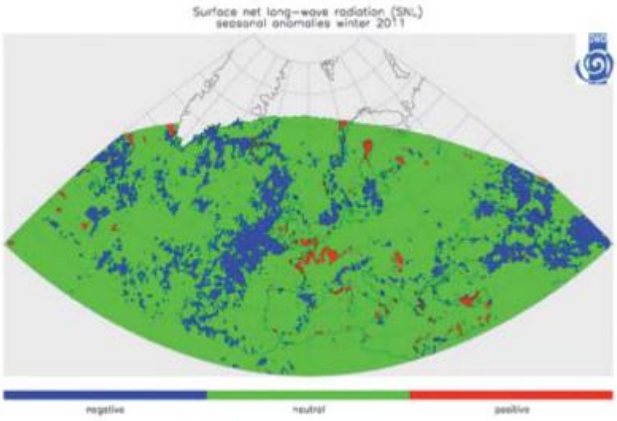
Sommer 2011

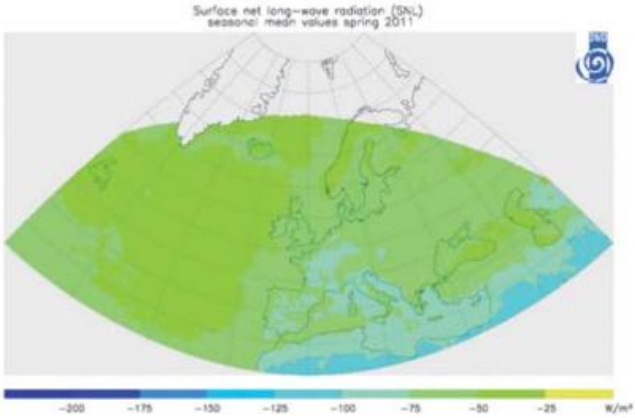
Der trübe Sommer trug offenbar mit relativ zahlreichen Tagen, an denen der Himmel praktisch völlig bedeckt war, und selteneren Heiteren Tagen zu teilweise positiver langwelliger Strahlungsbilanz im Westen Mitteleuropas bei.

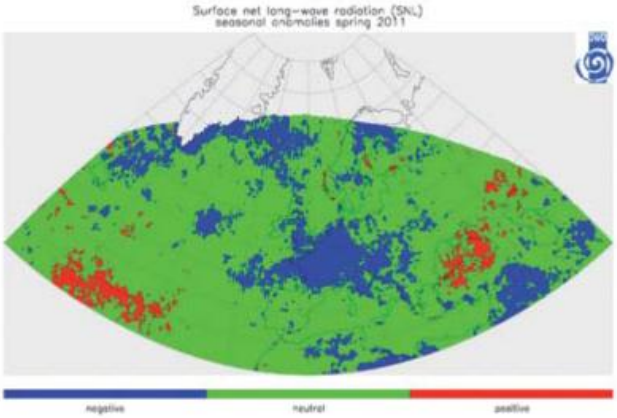
Herbst 2011

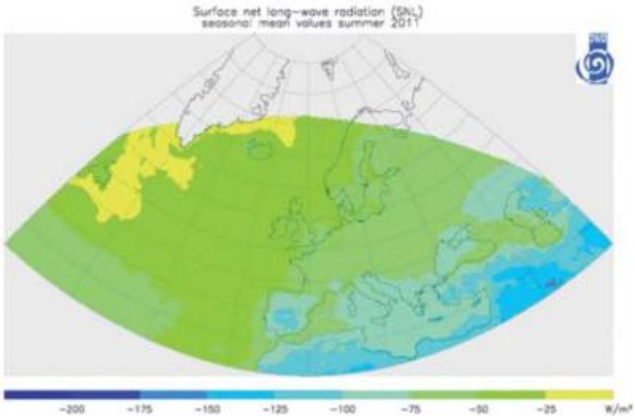
Im Herbst findet man wieder auf dem Nordatlantik, im Bereich des westlichen Mittelmeeres mit der Iberischen Halbinsel sowie auf der Balkanhalbinsel Gebiete mit negativer Anomalie der langwelligen Ausstrahlung. Im Westen passt dies gut mit der positiven Temperaturanomalie zusammen, während man im Osten eher die häufigen Heiteren und selteneren Trüben Tage zur Interpretation heranziehen muss.

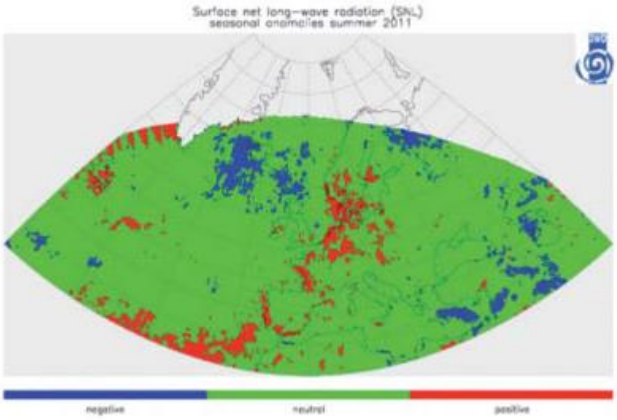


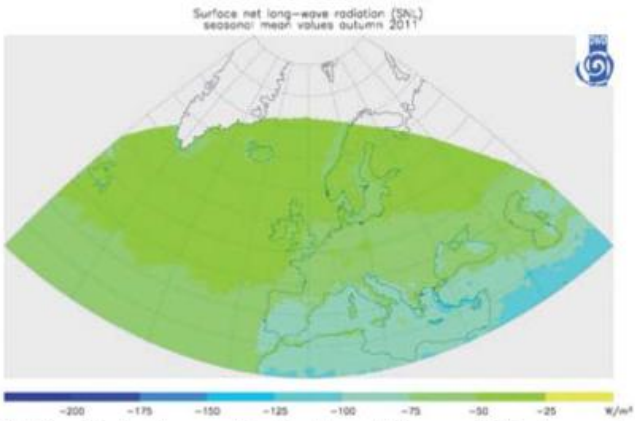












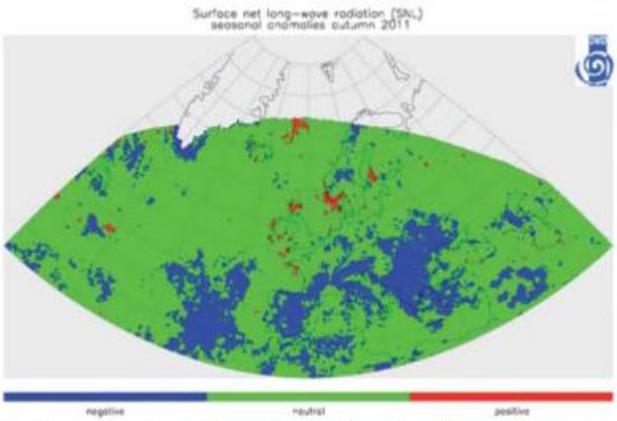
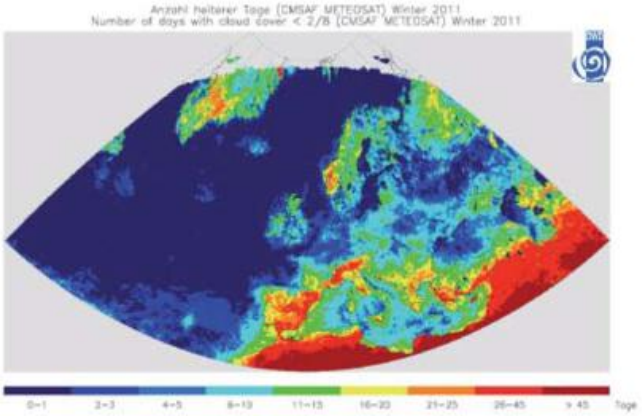
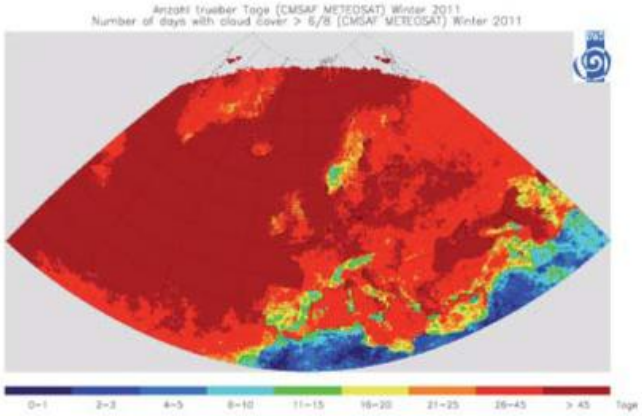
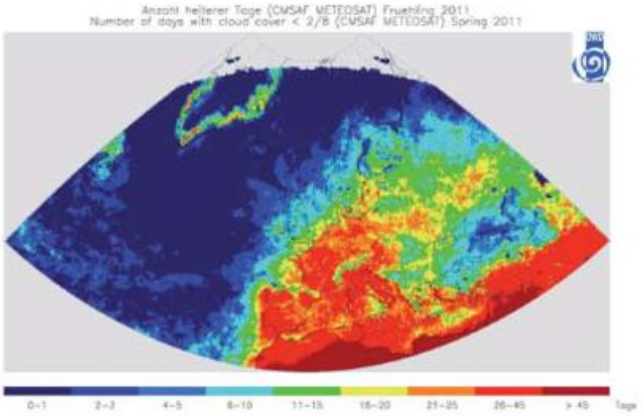


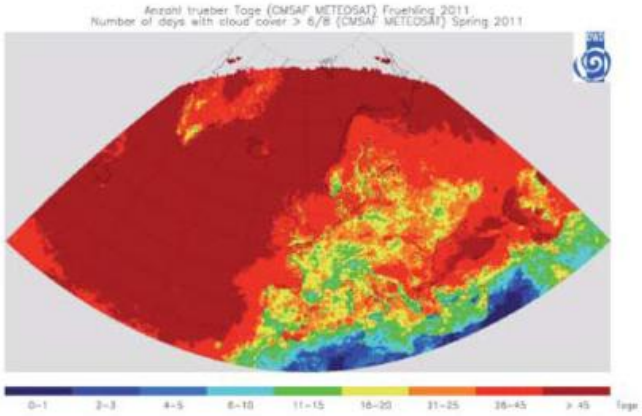
Abb. 8a: Mittlere langwellige Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011 (Bezugszeitraum 1983-2011)

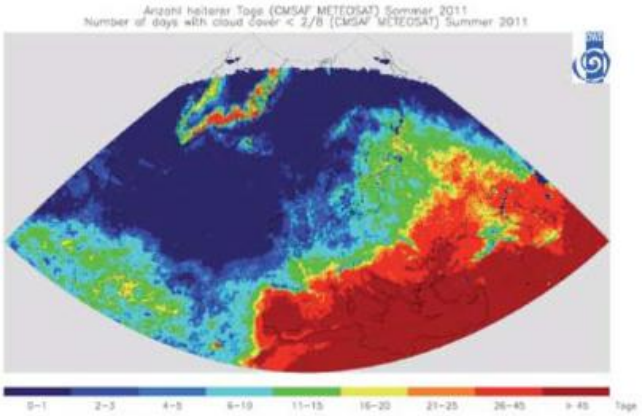
Abb. 8b: Anomalien der mittleren langwelligen Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2010/11, Frühjahr 2011, Sommer 2011 und Herbst 2011 (Bezugszeitraum 1983-2011)

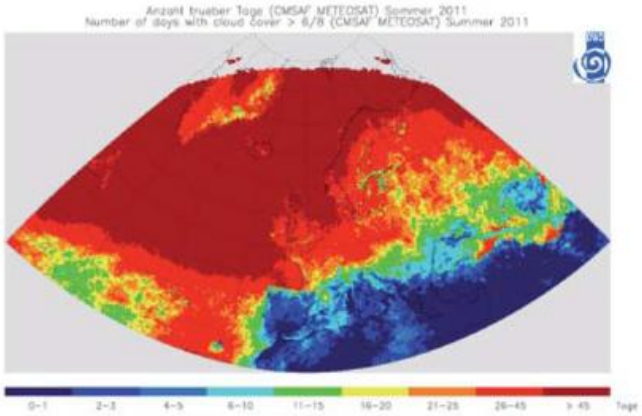


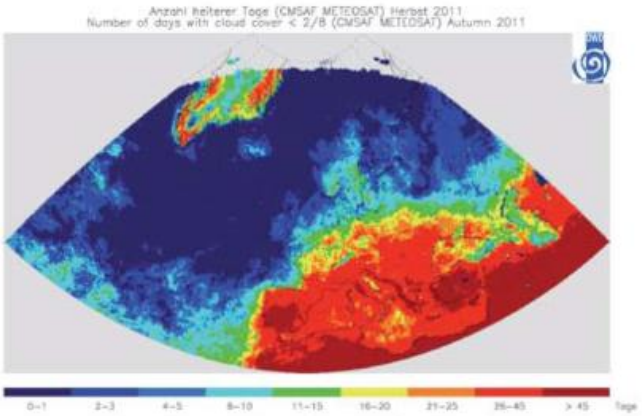












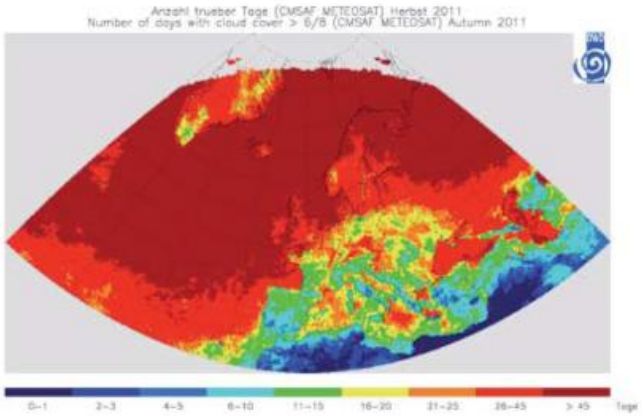


Abb. 9a: Anzahl der Heiteren Tage in den Jahreszeiten 2011

Abb. 9b: Anzahl der Trüben Tage in den Jahreszeiten 2011

Klimatologische Bewertung anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich auch die Jahreszeiten hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben.

Winter 2010/2011

Die Karte der Anomalien für die Anzahl der Eistage zeigt, dass diese im Winter 2010/2011 in weiten Teilen Europas außer im Südwesten und Süden größer als normal war. Auch die Anzahl der Tage mit Schnee war meist größer.

Frühjahr 2011

Schon im Frühling gab es verbreitet mehr Sommertage als normal und die Karte des 3-Monatswertes des standardisierten Dürre-Index zeigt eindrucksvoll die Verbreitung der Trockenheit in dieser Jahreszeit.

Sommer 2011

Im Sommer war die Anzahl der ‚warmen Tage' meist etwas größer als im Mittel über 1961-1990, im Bereich des Nordatlantik und der Nordsee allerdings war sie geringer.
Besonders in Norwegen und an der Nord- und Ostseeküste häuften sich ‚extrem feuchte Tage' mehr als gewöhnlich.

Herbst 2011

Im Herbst traten in Mittel- und Südeuropa verbreitet mehr Sommertage als normal auf. Auch der 3-Monatswert des standardisierten Dürre-Index zeigte vielfach größere Trockenheit als normal an. Ausnahmen davon gab es besonders im Norden in Skandinavien, in Schottland und Irland sowie an der Nord- und Ostseeküste.

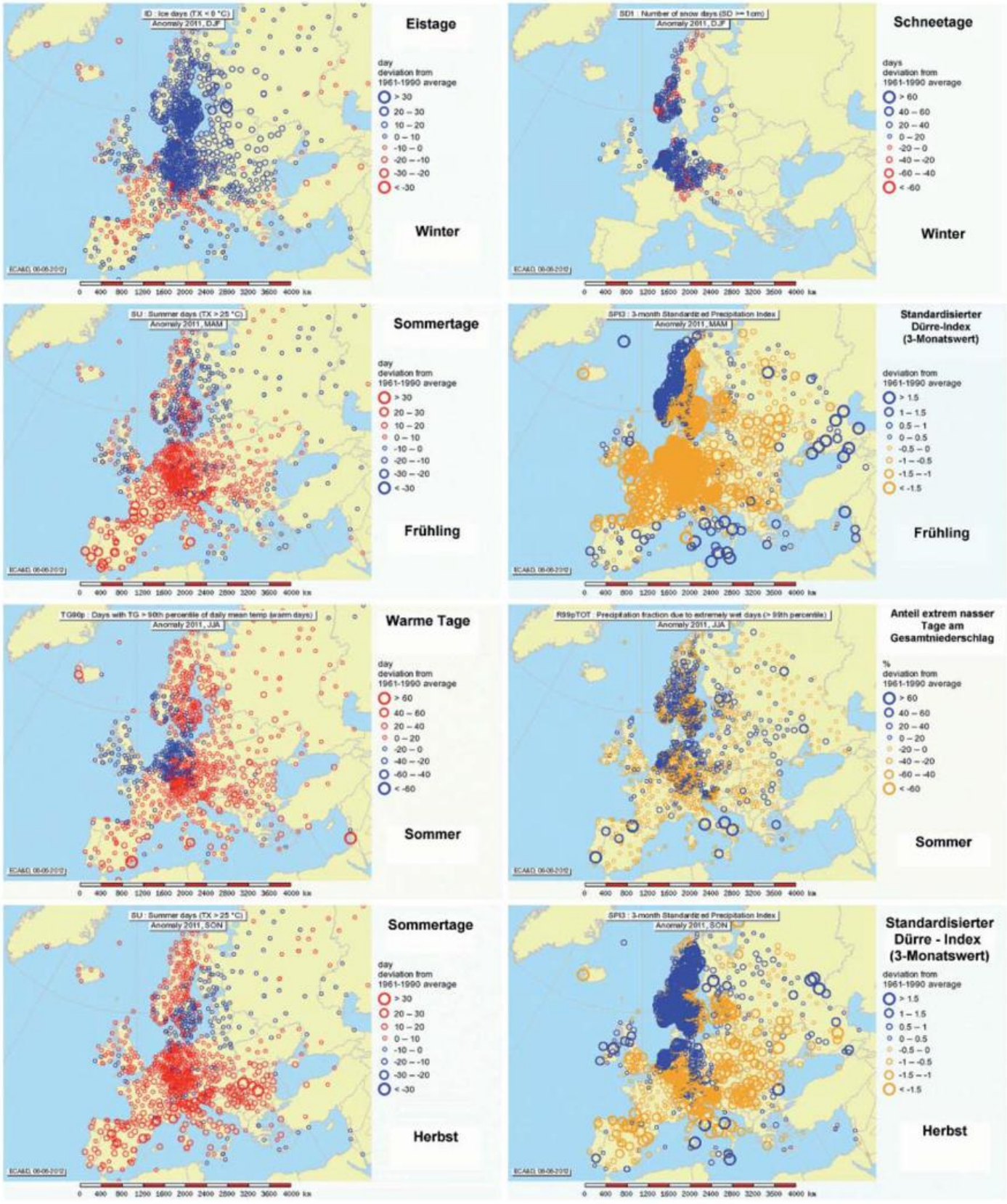


Abb. 10: Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Klimaindizes nach ECA&D:

Besondere Ereignisse

Die Tab. 2 zeigt für das Berichtsjahr 2011 die Auswahl der herausragendsten Ereignisse für jeden Monat. Einige Ereignisse sind im vorstehenden Text schon erwähnt worden. Für eine ausführlichere Liste der Einzelereignisse wird auf die monatlichen Berichte ‚Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI' bzw. auf die monatlichen ‚Ereigniskalender' verwiesen, die unter http://www.dwd.de/rcc-cm im Internet zu finden sind. Ergänzend dazu zeigen die folgenden Abbildungen die Ergebnisse von Datenbankabfragen in der ‚European Severe Weather Database' (ESWD) für die einzelnen Jahreszeiten. Die im ‚Kalender' genannten Ereignisse wie z.B. die Stürme im Winter im Norden, wie auch das Ereignis an der Iberischen Westküste und die Sturmereignisse im Herbst, die Starkniederschläge und Hagelvorkommen, etc. lassen sich hier recht gut wiederfinden. Besonders im Sommer, aber auch noch im Herbst wurden häufiger auch Tornados gemeldet.

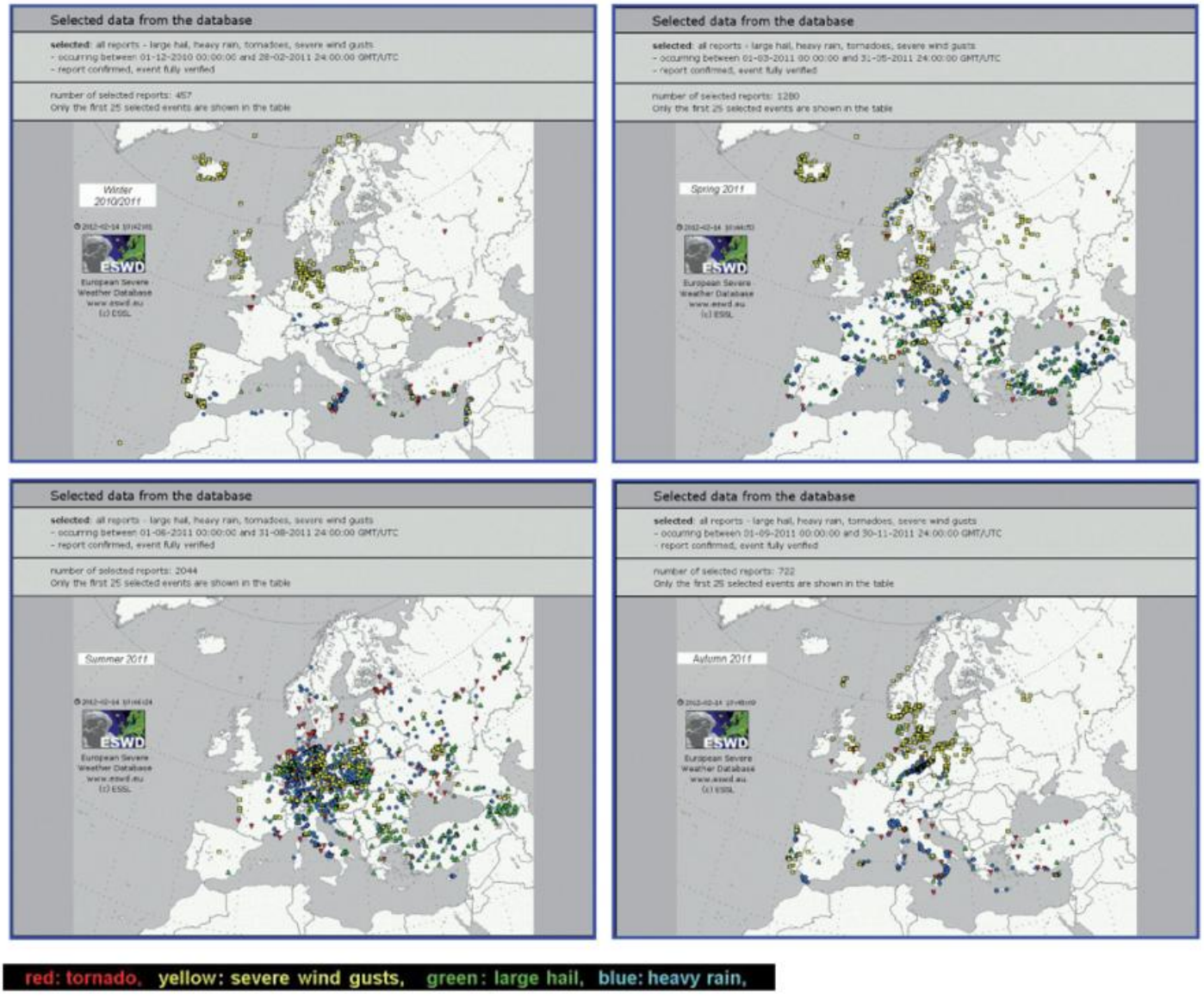


Abb. 11: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Seevere Weather Database (ESWD) für den Winter 2010/11, das Frühjahr 2011, den Sommer 2011 und den Herbst 2011 für die Ereignisklassen „Tornado" (rot), „Schwere Windbö" (gelb), „Schwerer Hagel" (grün) und „Starkniederschlag" (blau) und die Qualitätsstufen ‚Bericht bestätigt' bzw. ‚Ereignis verifiziert'

Besondere Witterungsereignisse der einzelnen Monate nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2011

Durch Schneeschmelze aufgrund der steigenden Temperaturen ab dem 6. Januar und zusätzliche Regenfälle in der Monatsmitte kam es in Mitteleuropa an viele Flüssen zu Hochwasser, so dass Straßen und Orte überschwemmt wurden. Besonders betroffen waren die Flüsse, Rhein, Mosel, Main, Donau, Weser, Elbe, Oder und Saale. Einige Tage lang musste die Schifffahrt eingestellt werden. Behinderungen dieser Art treten etwa alle 5 Jahre auf. Auf dem Rhein verunglückte ein Schiff nahe der Loreley. Dadurch war der Fluss hier wochenlang für die Schifffahrt gesperrt. Auch Österreich und die Tschechische Republik meldeten Behinderungen durch Hochwasser.

Februar 2011

Ein Sturmtief zog am 6./7. Februar über die Britischen Inseln, Norddeutschland, Dänemark und Südschweden. Es brachte neben hohen Windgeschwindigkeiten mit maximalen Böenstärken von über 30 m/s über dem Vereinigten Königreich, 36 m/s am Leuchtturm Kiel und 36.5 m/s im Dänischen Nissum Fjord (bei mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 25 und 30 m/s) auch lang anhaltende Regenfälle mit sich. In Nordirland und England kam es zu Überschwemmungen
Am 16. Februar verursachte ein Sturm mit Starkniederschlägen und Schneefall an der Westküste der Iberischen Halbinsel schwere Schäden an Hausdächern und Bäumen. Starker Wind mit hohen Wellen trat auch auf den Azoren auf.

März 2011

Mehrere Mittelmeertiefs verursachten im März schwere Schäden.
Anfang März brachte ein Mittelmeertief mit Zentrum in der Tyrrhenischen See Starkniederschlag in Süditalien, Bora in Norditalien, Slowenien und Kroatien (maximale Windbö in Triest 48.9 m/s) und Schneefall in Nord- und Mittelitalien. In Mili San Pietro traten zum zweiten Mal innerhalb weniger Monate Schlammflüsse auf. Neben Sachschäden verloren 6 Menschen ihr Leben und 150 wurden verletzt. Auch in Griechenland gab es Starkregen und Erdrutsche, so dass die Bahnlinie zwischen Lianokladi und Domokos unterbrochen war.
Um den 10. März traten im Östlichen Mittelmeer und im Nahen Osten wiederum heftige Niederschläge, teils auch Schneefälle, verbunden mit Hagel auf. Griechenland, Syrien und Libanon waren betroffen. 3 Menschen kamen zu Tode.
Ein weiteres Mittelmeertief brachte Südfrankreich in der Zeit vom 12.-16. März extreme Niederschlagsmengen mit 5-Tagessummen um 400-500 mm.

April 2011

Im April führte große Trockenheit zu außergewöhnlichen Vorfällen wie z.B. einem schweren Autounfall mit 80 beteiligten Fahrzeugen, 8 Toten und 130 Verletzten bei Rostock infolge eines plötzlichen Staubsturms am 8 April.
Die Trockenheit begünstigte auch Wald- und Feldbrände, z.B. in Bulgarien, in den Niederlanden und Belgien, sogar in Schottland.
Schneeschmelze und zusätzliche heftige Regenfälle führten dagegen in Kasachstan zu extremen Überschwemmungen (100-Jahresereignis), so dass 9000 Personen evakuiert werden mussten.

Mai 2011

Anfang Mai gab es in Mitteleuropa noch späte Nachtfröste, die erhebliche Schäden an Wein-und Obstkulturen verursachten.

Juni 2011

Schneeschmelze und extreme Niederschläge führten in der Zeit vom 8. bi 13. Juni in Mittelnorwegen zu schweren Überschwemmungen mit Erdrutschen, wobei Häuser und Straßen weggerissen wurden.
Ebenfalls schwere Überschwemmungen mit Erdrutschen nach heftigen Regenfällen gab es in der Zeit vom 18.-21. Juni in Georgien. Auch hier wurden Straßen und Gebäude weggerissen und mindestens 4 Menschen kamen dabei ums Leben.

Juli 2011

Der Juli 2011 brachte vielerorts schwere gewittrige Niederschläge. Das markanteste Ereignis ergab sich zu Beginn des Monats in Kopenhagen, wo an fast allen Stationen der Stadt Tagessummen von 100 mm und mehr registriert wurden. Eine Station meldete 157 mm innerhalb von 2 Stunden. Ähnliche Werte wurden in Südschweden beobachtet.

August 2011

Der August brachte in Mitteleuropa ähnlich schwere Gewitter wie der Juli mit schweren, intensiven Niederschlägen, Blitzschlag, Sturm und teils schwerem Hagel . Besonders tragisch war der Tod mehrer Teilnehmer an einem Festival in Hasselt in Belgien am 18. August.

September 2011

Im September gab es in der ersten und zweiten Monatsdekade wiederum viele schwere Gewitter hauptsächlich in West-, Mittel-, und Nordeuropa mit extremen Starkniederschlägen, Sturmböen und Hagelschlag. Die Folge waren lokale Überschwemmungen, Erdrutsche, umgestürzte Bäume und abgerissene Stromleitungen, Feuer durch Blitzschlag, Hagelschäden in Landwirtschaft und Obstbau sowie an Gebäuden. Am 18. September gab es einen frühen Wintereinbruch in den Alpen mit bis zu 45 cm Schnee im Oberengadin und in Graubünden. Gleichzeitig gab es in den tieferen Lagen in den Alpen und im Mittelmeerraum wieder extreme Starkniederschläge teils mit Rekordwerten für tägliche Niederschlagshöhen. Anfang der 3. Monatsdekade waren dann die Balkanhalbinsel und die Türkei von extremen Starkniederschlägen und Hagel betroffen.

Oktober 2011

Anfang Oktober wurden in Nord-, Mittel- und Südeuropa vielerorts Rekorde der Maximumtemperaturen erreicht oder gebrochen. Die ersten 5 Tage waren ausgesprochen sommerlich. Anschließend fiel die Temperatur erheblich und wiederum gab es teils extreme Starkniederschläge von über 50 mm in 24 Stunden und sehr hohe mehrtägige Niederschlagssummen besonders im Alpenraum, aber auch in Norwegen. In den höheren Lagen der Alpen fiel Schnee. In der Zeit vom 8 bis 17. Oktober waren dann das östliche Mittelmeer und das westliche Schwarzmeergebiet von extremen Starkniederschlägen, teils auch Sturmböen und Hagelschlag betroffen. In der Türkei kamen 4 Menschen zu Tode. Antalya hatte mit 300,4 mm in 24 Stunden die größte tägliche Niederschlagshöhe. Tägliche Niederschlagshöhen über 50 mm und teils über 100 mm wurden vielfach erreicht und die 2-tägigen Niederschlagshöhen lagen teils über 200 mm. Weitere extreme Starkniederschläge trafen um den 20. Oktober Slowenien, Kroatien und Italien. In der Region Latium wurden Niederschläge von 150 mm in 2 Stunden gemeldet. Eine weitere Phase extremer Niederschläge traf in der Zeit vom 23. bis 27. Oktober die Britischen Inseln, Nordwestspanien, West- und Südfrankreich, Norditalien und die westliche Adriaküste. Die schlimmsten Folgen traten in Italien an der Ligurischen Küste auf. Hier kamen mehrere Menschen zu Tode. Eine Niederschlagshöhe von 153 mm in einer Stunde und insgesamt 542 mm in 30 Stunden wurden für Brugnato in der Region La Spezia für den 25. und 26 Oktober gemeldet.

November 2011

Der November 2011 war in weiten Teilen Europas von der Nordsee bis zur Balkan Halbinsel ausgesprochen trocken. In Deutschland war es der trockenste November seit 1881, ebenso in den Niederlanden der trockenste November seit Beginn der Aufzeichnungen. Dies berichtet auch Moldavien, wo auf 75 % der Landesfläche nur 1-3 mm Niederschlag fielen, was 2-7 % der mittleren monatlichen Niederschlagshöhe entspricht. In den übrigen Ländern lag der November ebenfalls auf den vorderen Rangplätzen der trockenen Monate. Folgen der Trockenheit waren Wasserstandsprobleme in Flüssen, wenn auch keine allzu ernsthaften Behinderungen für die Schifffahrt auftraten, vermehrte Wald- und Buschbrände sowie Vegetationsschäden. So schätzte Bulgarien den Schaden in Wäldern auf 1.500000 Euro.
Das westliche Mittelmeer wurde im Zeitabschnitt vom 3. bis 8. November von dem Tief ROLF beeinflusst, das ausgesprochen tropischen Charakter aufwies. Hauptsächlich betroffen waren Frankreich, Italien und die Schweiz. An der Ligurischen Küste starben 7 Menschen durch Fluten und Erdrutsche. Tagesniederschlagshöhen zwischen 100 und 232 mm sind an SYNOP-Stationen dokumentiert, Noch höhere Werte gab es an Stationen anderer Messnetze. So wurde ein 1-Stundenwert von 181 mm in Vicomorassa, nördlich von Genua gemeldet. Die Tagessumme erreichte dort 454 mm. Auch Spanien meldete 3-Tagessummen von mehr als 200 mm.
Am 22. November gab es noch einmal extreme Niederschläge im westlichen Mittelmeer. In Saponara bei Messina auf Sizilien starben 3 Menschen in einem Erdrutsch. Kalabrien schätzte die Schäden in seinem Gebiet auf 150 Millionen Euro. Auch an der Ostküste

von Spanien wurden tägliche Niederschlagshöhen von 81.1 mm (Bilbao) bzw. 144.9 mm (Tortosa) gemeldet.
An der Norwegischen Küste traten in der Zeit vom 23. bis 30. November stürmische Winde und dementsprechend hohe Wellen auf. Bei Wellenhöhen von 20 m starben 2 Menschen. Die arktische Station Sleipner meldete am 27. November ein maximales 10 Minutenmittel von 31.3 m/s. Auch die Baltischen Staaten waren von dieser Sturmsituation betroffen. Böen von 30 m/s wurden in Südfinnland registriert und Lettland meldete umgestürzte Bäume, unterbrochene Stromleitungen sowie Schäden an Autos und an Hausdächern.

Dezember 2011

In Teilen von Mitteleuropa und in Osteuropa hielt die Dürre noch weiter an. Jetzt waren auch die Wasserstände der Flüsse sehr niedrig und insbesondere auf den großen Wasserstraßen Rhein und Donau kam der Schiffsverkehr zum Erliegen. In Bulgarien erreichte die Donau ihren tiefsten Stand seit 70 Jahren. Die Tschechische Republik hatte die schlimmste Trockenheit seit 1775.
Über Schottland und Schweden zog am 8. und 9. Dezember ein Sturmtief, das auch noch in Dänemark und Norddeutschland Auswirkungen hatte. In Schottland hatten rund 150 000 Haushalte, in Schweden 10 000 Haushalte zeitweise keinen Strom, und Straßen in Schottland und Dänemark waren wegen umgestürzter Bäumen unbrauchbar.
Vorwiegend die Alpenregion, aber auch Südfrankreich und Süddeutschland wurden von Sturmtief JOACHIM heimgesucht, und schließlich zog am 25. Dezember DAGMAR über Schweden und Norwegen. Wiederum hatten 264 500 Haushalte in Norwegen, Schweden und Finnland zeitweise keinen Strom, und in Schweden waren Bahnlinien und Straßen zeitweise unpassierbar.

Tab. 2: Auswahl besonderer Ereignisse im Jahre 2011

Quellen:

Ereignisberichte (zusätzlich zu den Quellenangaben in den Berichten ‚Monthly Bulletin on the Climate in WMO RA VI – Europe and Middle East' (http://www.dwd.de/rcc-cm):

Dartmouth Flood Observatory, New Hampshire, USA, http://floodobservatory.colorado.edu
-UK MetOffice climate and weather statistics: http://www.metoffice.gov.uk/climate/uk/
WitterungsReport Express, DWD

Allgemein:

- *Rudolf, B., und U. Schneider (2005): Calculation of Gridded Precipitation Data for the Global Land-Surface using insitu Gauge Observations, Proceedings of the 2nd Workshop of the International Precipitation Working Group IPWG, Monterey October 2004, EUMETSAT, ISBN 92-9110-070-6, ISSN 1727-432X, 231-247.*
- *Rudolf, B., H. Hauschild, M. Reiß und U. Schneider (1992): Beiträge zum Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie - Contributions to the Global Precipitation Climatology Centre. Meteorologische Zeitschrift N. F. 1 Nr. 1, 7-84.*
- *U. Schneider, A. Becker, A. Meyer-Christoffer, M. Ziese und B. Rudolf (2011): Global Precipitation Analysis Products of the GPCC. Deutscher Wetterdienst, Offenbach a.M., Germany. 16 pp. Internetpublikation unter http://gpcc.dwd.de.*

Das Klima des Jahres 2011 im globalen Maßstab

C. Lefebvre, A. Becker

Globalwerte von Temperatur und Niederschlag

Das Klima des Jahres 2011 wurde durch zwei La-Niña-Phasen im äquatorialen Pazifik geprägt. Diese wirkten sich vor allem auf die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse wie auch auf das Aufkommen tropischer Wirbelstürme aus. Die Abschätzung der globalen Jahresmitteltemperatur aus den Analysen des UK Met Office Hadley Centre und der Climatic Research Unit der University of East Anglia (HadCRU), des U.S. National Climatic Data Center (NCDC) und des NASA Goddard Institute of Space Studies (GISS) ergab eine Abweichung von +0,40 ± 0,09 K zum Mittelwert von 14,0 °C des Referenzzeitraums 1961-1990. Damit nimmt das Jahr 2011 den 11. Rang unter den wärmsten Jahren ein. Von den Jahren, in denen eine starke La-Niña-Phase auftrat, ist 2011 das bisher wärmste.

Die globale Niederschlagshöhe für die Landflächen lag nach Berechnung des Global Precipitation Climatology Centre mit 803 mm um 16 mm über dem vieljährigen Mittel 1951-2000 und nahm Rang 8 in der 1901 beginnenden Zeitreihe ein. Eine weitere Analyse ergab für 2011 ein Niederschlagsplus von 46 mm zum Mittel 1961-1990 und damit Rang 2 hinter 2010. Ähnlich wie im Jahr 2010 wirkten sich die La-Niña-Phasen markant auf die regionale Niederschlagsverteilung aus.

La-Niña-Phasen

Die erste La-Niña-Phase, die Mitte 2010 begonnen hatte und im Mai 2011 endete, war eine der stärksten der letzten 60 Jahre. Ihre größte Ausprägung erreichte sie zu Jahresbeginn, als die Wasseroberflächentemperaturen im zentralen und östlichen Äquatorialpazifik um 1,5 bis 2 K unter dem Mittel lagen (im Niño3.4-Gebiet: -1,64 K im Januar). Dabei waren die Passatwinde über dem westlichen und zentralen Pazifik ungewöhnlich stark ausgeprägt. Der standardisierte Southern Oscillation Index (SOI) als Maß dafür lag von Dezember 2010 bis März 2011 zwischen 2,3 und 2,9 (ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/soi).
Das zweite La-Niña-Ereignis, das im Oktober 2011 einsetzte, war schwächer. Die Abweichungen der Wasseroberflächentemperatur lagen im Niño3.4-Gebiet bei -1 K im November und Dezember, wobei die Passatwinde wiederum sehr stark ausgeprägt waren, wie der SOI von 2,5 im Dezember belegt.

Regionale Temperaturanomalien

Wie Abb. 1 zeigt, wurden die höchsten Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen zum Mittel 1961-1990 im Nordwesten Russlands beobachtet. Sie betrugen 4 bis 6 K. In der Russischen Föderation war 2011 das drittwärmste Jahr, in Frankreich, Spanien, Schweiz, Belgien und Luxemburg sogar das wärmste seit Aufzeichnungsbeginn.

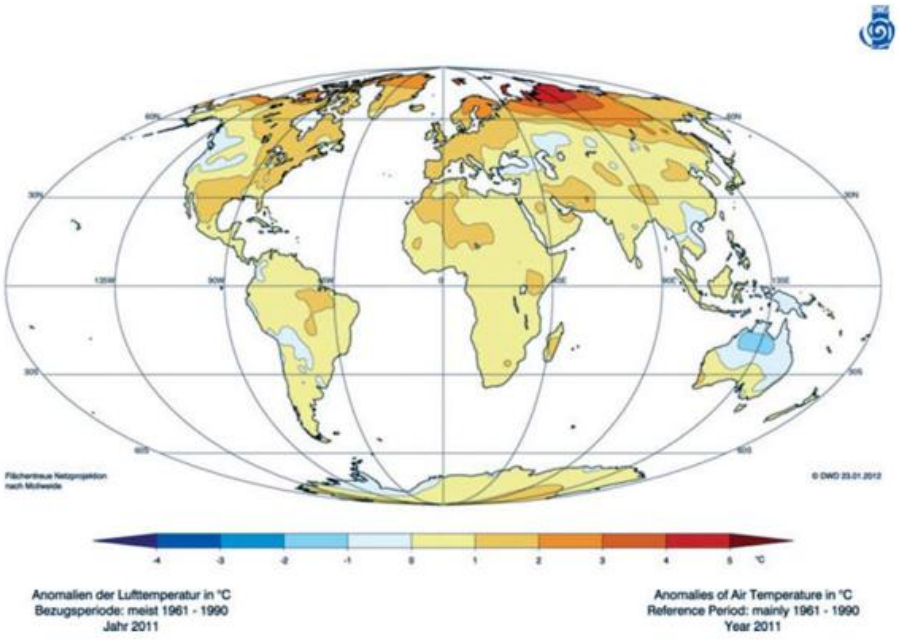


Abb. 1: Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2011 in °C

In Norwegen wurde der bisherige Allzeitwärmerekord im Jahr 2011 wieder erreicht. Für Mittelamerika war 2011 das drittwärmste Jahr. Auch in Afrika war 2011 ein überdurchschnittlich warmes Jahr, die Region Sahara/Arabien verzeichnete das drittwärmste Jahr, wobei die drei höchsten Jahresmitteltemperaturen in den letzten drei Jahren auftraten.
Dagegen erlebte die La-Niña sensitive Nordhälfte Australiens ein um bis zu 2 K zu kühles Jahr. Für den gesamten australischen Kontinent war es das kühlste Jahr seit 2000.

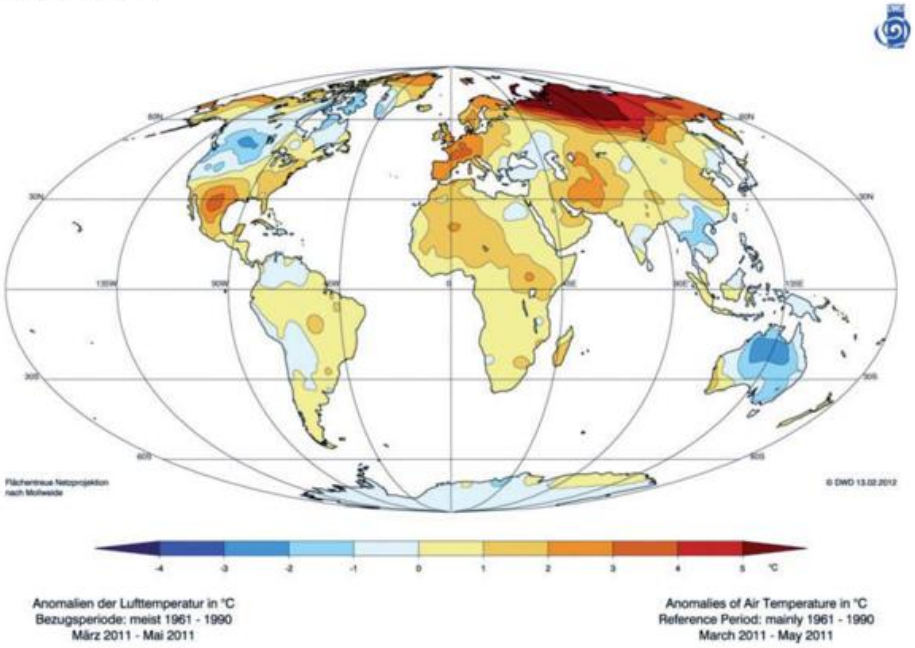


Abb. 2: Anomalien der Mitteltemperatur in °C vom Frühling (MAM) 2011

Im Jahresverlauf war der Frühling (März bis Mai) in Sibirien ungewöhnlich warm, in Westsibirien sogar um bis zu 8 K (vgl. Abb. 2). Aber auch in Westeuropa sowie im Süden der USA und im Norden Mexikos lagen die Temperaturen um bis zu 4 K über dem Durchschnitt. In West- und Mitteleuropa traten im April teilweise so früh wie nie zuvor Höchsttemperaturen von 25 °C und 30 °C auf.
Dagegen war es in der Westhälfte der USA und im Westen Kanadas sowie um die Hudson Bay wie auch in Südostasien überwiegend zu kühl, teilweise um bis zu 2 K. Australien verzeichnete zeitgleich den kühlsten Herbst mit einer Abweichung von 1,15 K vom Mittel 1961-1990 seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 1950. Auch im Westen Südamerikas wirkte sich die La-Niña-Phase durch unterdurchschnittliche Temperaturen aus.

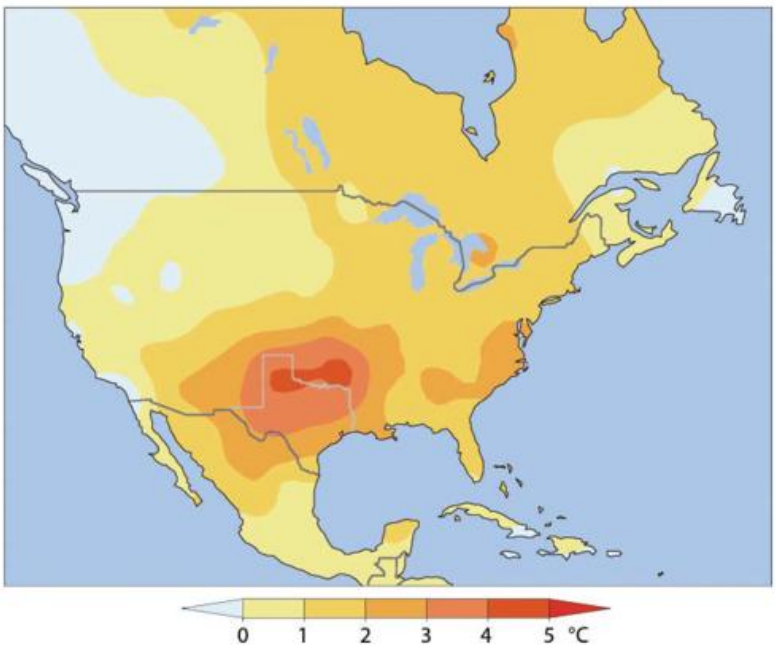


Abb. 3: Anomalien der Mitteltemperatur in °C vom Sommer (JJA) 2011 in den USA

Im Süden der USA setzte sich im Sommer (Juni bis August) die deutlich zu warme und auch trockene Witterung fort. Wie Abb. 3 zeigt, bewegten sich die Mitteltemperaturen für den Sommer um 3 bis 4 K, teilweise um 4 bis 5 K über dem Mittel. Texas erlebte mit einer Mitteltemperatur von 30, 4 °C den wärmsten Sommer, der je in einem amerikanischen Bundesstaat verzeichnet wurde. Auch in Oklahoma war es der wärmste Sommer. Die Andauer sehr heißer Tage brach nicht selten die bisherigen Rekorde. So hatte z.B. Dallas an 40 aufeinander folgenden Tagen im Juli/August 100 °F (37.8 °C) und mehr. Auch die US-Staaten Louisiana, Oklahoma, New Mexico und der Norden Mexikos waren von der anhaltenden Hitze betroffen.
Temperaturanomalien von 2 bis 3 K traten verbreitet von Osteuropa bis Südwestasien wie auch von Mittelsibirien bis Nordostchina auf.
Im Nahen Osten wurden Ende Juli/Anfang August verschiedentlich Höchsttemperaturen über 50°C im Iran, Irak and Kuwait gemessen (z.B. 53.3 °C in Mitribah (Kuwait) am 3. August und 52.6 °C in Omidieh (Iran) am 27. Juli.
Auf der Südhalbkugel war dagegen der Winter in der Südhälfte Südamerikas, im Süden Afrikas und im Norden Australiens noch kälter als gewöhnlich.

Im Herbst vollzog sich die jahreszeitliche Abkühlung in den nördlichen Breiten deutlich langsamer als gewöhnlich. Anomalien von 3 bis 4 K, teilweise bis 5 K wurden in Kanada westlich der Hudson Bay, in Nordeuropa und in Westsibirien verzeichnet. Norwegen und Finnland erlebten den wärmsten Herbst seit Aufzeichnungsbeginn.
Deutlich zu kalt war es dagegen im Raum um das Schwarze und Kaspische Meer wie auch im Nordwesten Australiens.

Ganz anders als im Jahr 2010 gestaltete sich der Dezember, der damals durch eine stark negative Phase der North Atlantic Oscillation (NAO) geprägt war und in Mittel- und Nordeuropa um teilweise mehr als 4 K zu kalt ausfiel.
Im Berichtsjahr war der Dezember mit einer stark positiven NAO-Phase verbunden, die den bisher höchsten positiven Wert von +2,25 annahm. Da die NAO-Phase im Jahresverlauf sogar dreimal Ihr Vorzeichen wechselte ist das Jahr 2011 durch eine Rekordvariabilität der NAO charakterisiert. Kräftige Tiefdrucktätigkeit über dem nördlichen Nordatlantik und dem Nordpolarmeer, die weit nach Osten ausgriff, bei einem überdurchschnittlich kräftigen Azorenhoch (vgl. Abb. 4) bewirkte den Zustrom vergleichsweise milder Luftmassen, die in Finnland Temperaturanomalien bis zu 9 K und in Westsibirien sogar von 10 bis 16 K hervorriefen. Aber auch in Kanada war es um bis zu 8 K zu warm.

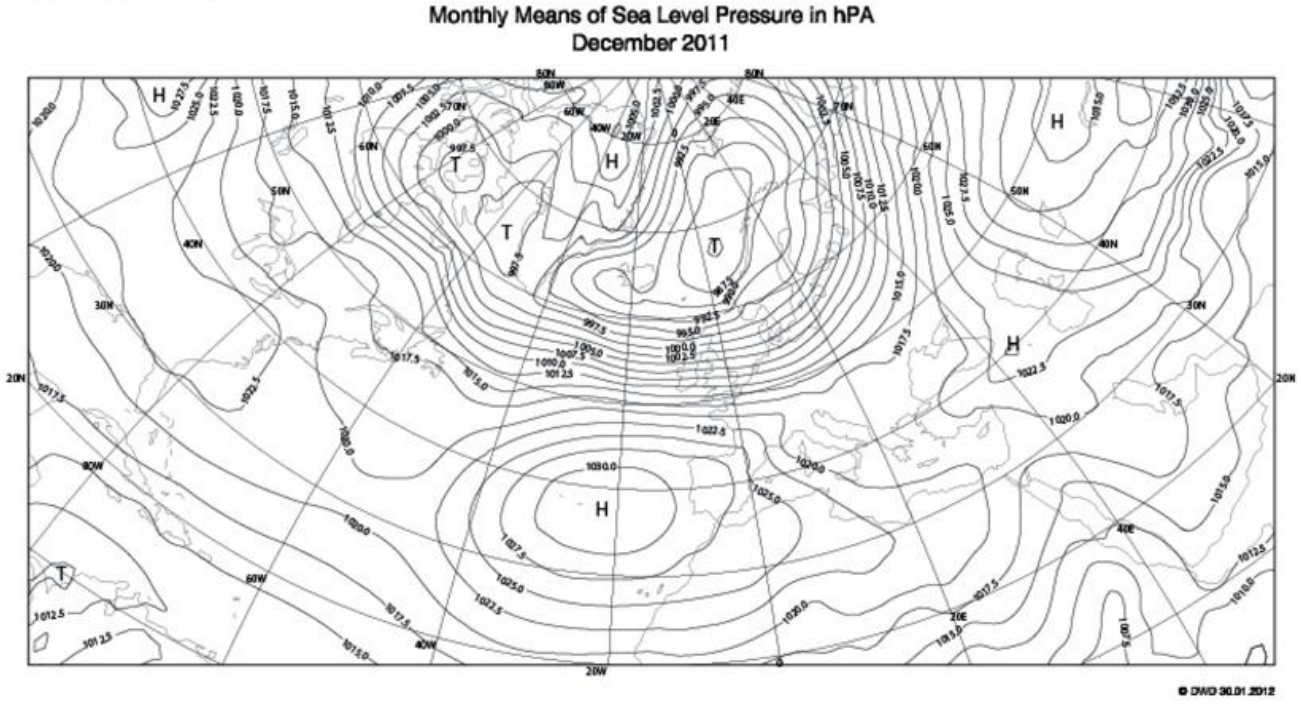


Abb. 4: Anomalien des Luftdrucks in hPa im Dezember 2011 im Raum Nordatlantik / Europa

Am Südpol war der 25.12.2011 der bisher wärmste Tag. An der Amundsen-Scott-Station wurde mit -12,3 °C um 15:50 Uhr Ortszeit die höchste Temperatur seit Aufzeichnungsbeginn 1957 gemessen. An den etwa 100 km entfernt liegenden Stationen Nico und Henry AWS wurden mit -8.2 °C bzw. -8.9 °C ebenfalls Rekordtemperaturen für diese Standorte verzeichnet.

Regionale Niederschlagsanomalien

Einen Überblick über die globale Niederschlagsverteilung und ihre Abweichungen vom Mittel geben Abb. 5 und Abb. 6. Ähnlich wie im Jahr 2010 wirkten sich die La-Niña-Phasen auf das Niederschlagsaufkommen in Südasien und Nordaustralien aus. Im Norden Australiens setzten sich zu Jahresbeginn weit überdurchschnittliche Niederschläge fort, die weiträumig zu Überschwemmungen führten. Der tropische Zyklon YASI, der Anfang Februar 2011 mit Hurrikanstärke der Kategorie 4 auf den Nordosten Australiens übergriff, trug besonders dazu bei. Für Australien war 2011 mit 699 mm und damit 234 mm über dem vieljährigen Mittelwert das drittnasseste Jahr seit Beginn der Zeitreihe 1900.

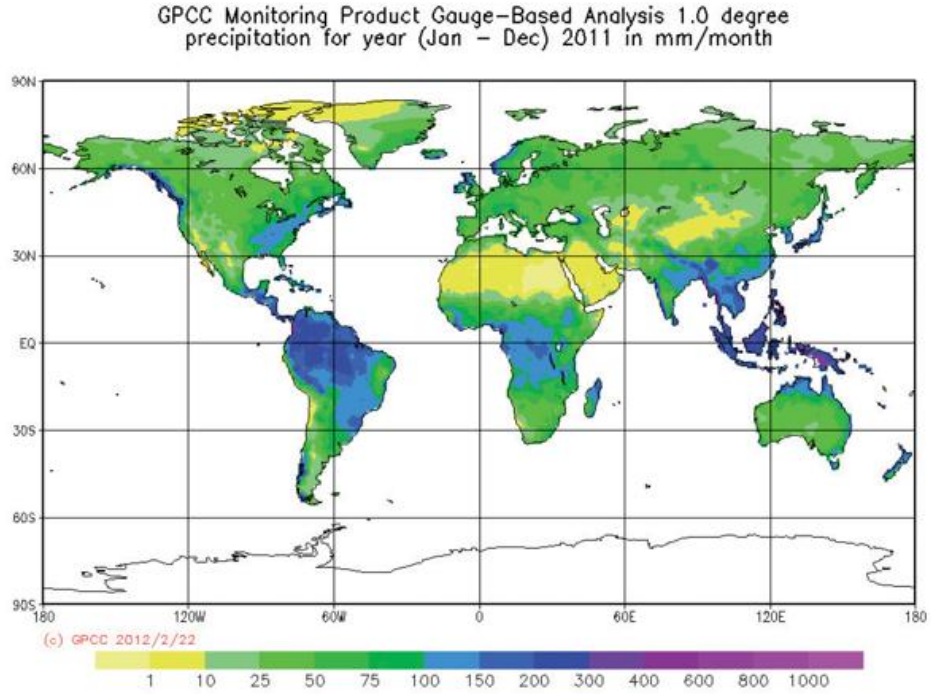


Abb. 5: Globale Verteilung des mittleren Niederschlages des Jahres 2011 in mm pro Monat

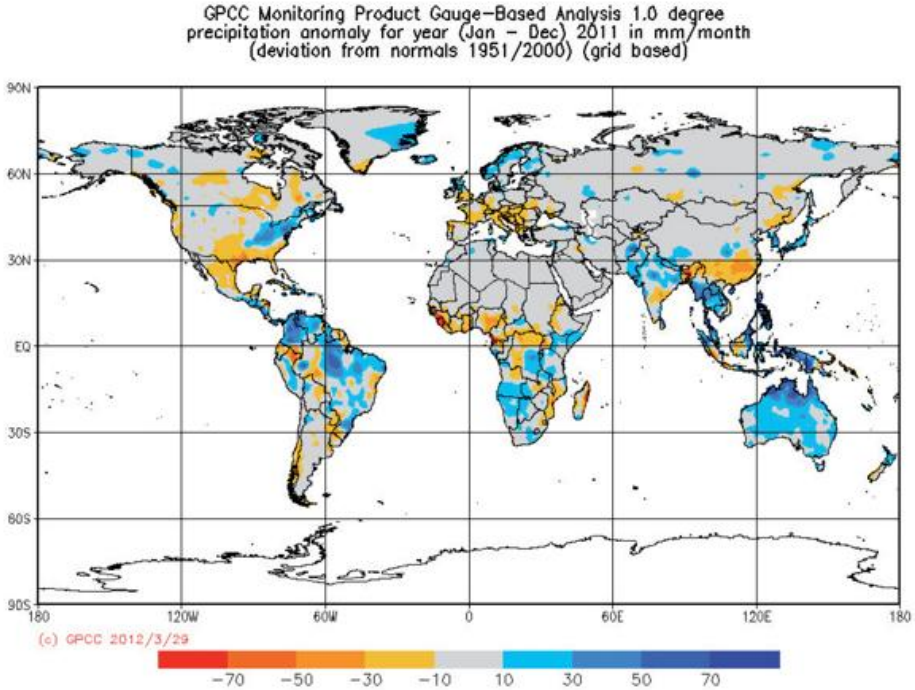


Abb. 6: Globale Verteilung der mittleren absoluten Niederschlagsanomalie des Jahres 2011 gegenüber der WZN Niederschlagsklimatologie 1951-2000

Zu feucht war es auch auf den Inseln des Westpazifiks (Japan, Philippinen und Indonesien), in Südafrika sowie in großen Teilen Brasiliens, Venezuelas und Kolumbiens, in Pakistan und Westindien, im Nordosten der USA und im Nordwesten Europas. Hier verzeichneten Norwegen und Schottland das niederschlagsreichste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. Weit überdurchschnittliche Niederschläge fielen in Südostasien, wobei für Thailand 2011 das nasseste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn war.

Kräftiger Sommermonsun führte zu weiträumigen und lang anhaltenden Überschwemmungen vor allem in Laos, Kambodscha, Myanmar und besonders im nördlichen und mittleren Thailand, wo der Monsun frühzeitig Mitte Mai einsetzte und bis Mitte Oktober dauerte. Es fielen 20 bis 80 % mehr Niederschlag als gewöhnlich (vgl. Abb. 7). Ab Mitte Oktober waren auch Bangkok und sein Umland von den Überflutungen betroffen, was zu großen Ausfällen bei der industriellen Produktion führte. In Thailand, Kambodscha und Vietnam forderten die Überschwemmungen insgesamt mehr als 1000 Menschenleben.

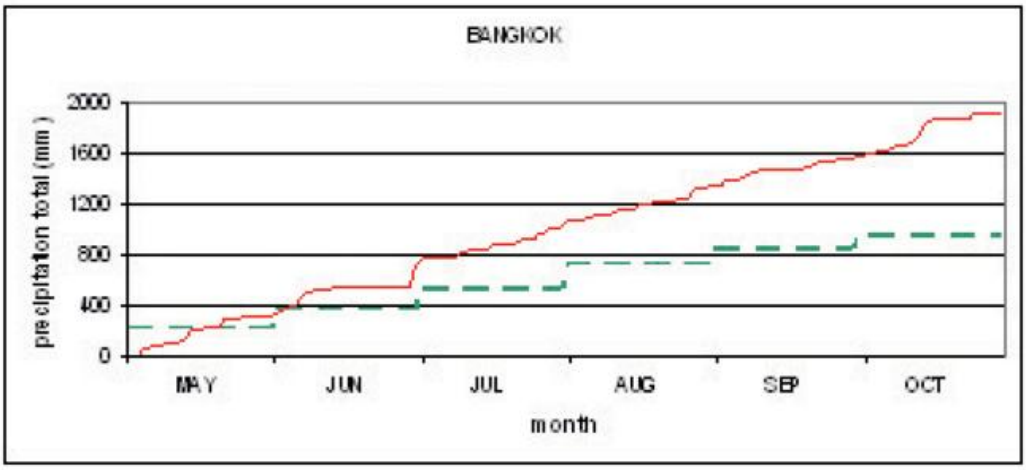


Abb. 7: Akkumulierte tägliche Niederschläge in Bangkok/Thailand von Mai bis Oktober 2011 (rot) sowie akkumulierte Monatsmittel des Bezugszeitraums 1961-1990 (grün).

Aber auch Pakistan war wieder von einem ausgeprägten Sommermonsun betroffen, allerdings nicht in dem Ausmaß wie 2010. Überschwemmungen betrafen vor allem den Süden. In der Provinz Sindh lag der Juli-September-Niederschlag um 248 % über dem Mittel.

Den nassesten Sommer meldeten die Republik von Korea mit 1048 mm (44% über dem 1973-2011-Mittel) und auch die Niederlande.

In Afrika verzeichneten viele Gebiete von Simbabwe, Botswana, Namibia, Angola und dem nördlichen Südafrika von Januar bis März das 2 bis 4-fache der Mittelwerte.

Im Nordosten der USA war der Zeitraum von Januar bis Oktober für mehrere Staaten der niederschlagsreichste seit Aufzeichnungsbeginn. Im Frühling führten starke Niederschläge und die Schneeschmelze in zentralen und östlichen Teilen des Nordens der USA und in Kanada zu Hochwasser auf vielen Flüssen. Die Gebiete am Mississippi erlebten die schlimmsten Überschwemmungen seit 1933.

Extremniederschläge von 200 mm und mehr in wenigen Stunden lösten am 11. und 12. Januar in der Gebirgsregion des Staates Rio de Janeiro gewaltige Bergrutsche und Überschwemmungen aus, in der über 900 Menschen den Tod fanden und knapp 350 vermisst blieben.

Starkniederschläge, die zu Überschwemmungen führten, wurden vor allem auch durch tropische Wirbelstürme verursacht. In Japan löste der Tropensturm TALAS in Kamikitayama, Präfektur Nara, in 3 Tagen 1652.5 mm Regen aus. In Mittelamerika fielen in Huizucar, El Salvador, 1513 mm Regen in der Zeit vom 10. bis 20. Oktober.

Im Mittelmeerraum traten im Oktober und November Unwetter mit Starkniederschlägen auf. In Ligurien im nordwestlichen Italien fielen am 25. Oktober in Borghetto di Vara in 6 Stunden 472 mm und in Vicomorasso bei Genua am 4. November 400 mm in 12 Stunden. Im Südosten Frankreichs fielen in 9 Tagen vom 1. bis 9. November mehr als 900 mm.

Eine extreme Dürre herrschte dagegen bis September 2011 in den semiariden Gebieten Ostafrikas, vor allem im Norden und Osten Kenias, im westlichen Somalia und im südlichen Grenzgebiet Äthiopiens. Sie war ähnlich ausgeprägt wie die schwersten der letzten 60 Jahre von 1983-1984 und 1999-2000. Das Niederschlagsaufkommen in den ariden bis semiariden Bereichen Kenias lagen in dem 12-monatigen Zeitraum vom Oktober 2010 bis September 2011 um 50 bis 80 % unter dem Mittel. Nach Schätzungen des UN Office for Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA) benötigten 13 Mio. Menschen humanitäre Hilfe. Ab der 2. Oktoberwoche, mit Beginn der sogenannten kleinen Regenzeit, die bis Dezember reicht, fiel dann deutlich mehr Niederschlag als üblich, teilweise sogar mehr als im Jahresmittel.

Eine große Dürre erlebten auch der Süden der USA und der Norden Mexikos, was gut mit den Merkmalen einer La-Niña-Phase übereinstimmt. Besonders betroffen war Texas, wo im September mehr als 80 % der Fläche in die höchste Dürrestufe fielen. Wassermangel und Schäden in der Landwirtschaft waren die Folge, ebenso viele Busch- und Waldbrände. Das schlimmste Feuer vernichtete im September in der Nähe von Austin, Texas, 13.000 Hektar Land und mehr als 1.600 Häuser. Texas verzeichnete mit Defiziten von 47 % das trockenste Jahr seit Messbeginn.

In Teilen Ostchinas, vor allem im südlichen Jangtse-Becken, fiel von Januar bis Mai mit 202 mm Niederschlag nur 47 % des langjährigen Mittels und damit der geringste Niederschlag seit Aufzeichnungsbeginn. Ab Juni brachte der Sommermonsun hier Regen, aber weiter im Süden blieb es zu trocken. Hongkong meldete das trockenste Jahr seit 1963 mit einem Jahresniederschlag von 1477 mm. Das ist ein Defizit von 38 %.

In Europa war der Frühling vor allem im Westen und in der Mitte des Kontinents ungewöhnlich trocken. Frankreich und die Niederlande meldeten den trockensten Frühling seit Aufzeichnungsbeginn. In Großbritannien und Frankreich fielen von März bis Mai teilweise weniger als 20 mm.
Nach einem niederschlagsreichen Sommer in der Nordhälfte Europas fiel der Herbst vielfach sehr trocken aus. Der November war außer in Deutschland auch in Österreich, der Slowakei und Ungarn der bisher trockenste seit Beginn der Messungen (in Österreich seit dem Jahr 1858). Teilweise war er völlig niederschlagsfrei. Extrem niedrige Wasserstände von Donau, Elbe und Rhein, die zu Einschränkungen im Schiffsverkehr und den Schiffszulandungen führten, waren die Folge.

Auch in Kanada herrschte im Frühling verbreitet eine große Trockenheit. Mit Ausnahme des äußersten Südens und Westens fielen weniger als die Hälfte, verbreitet nicht einmal 20 % des üblichen Niederschlags. Ein großflächiger Waldbrand griff im Mai auf die Stadt Slave Lake im Staat Alberta über und zerstörte 40 % der Gebäude.

Stürme

Tropische Wirbelstürme

Wie im Vorjahr, so war auch im Jahr 2011 die Aktivität und Stärke tropischer Wirbelstürme geringer als im Durchschnitt. Die Anzahl tropischer Zyklonen betrug 74 (einschließlich 2 subtropischen Stürmen), 2010 sogar nur 67, was die bisher geringste Zahl seit Beginn der Satellitenbeobachtungen war. Das Mittel des Zeitraums 1981-2010 beträgt hingegen 85. 38 erreichten Hurrikanstärke (im Mittel 47) und 22 (im Mittel 23) waren stärkere Hurrikane mit mindestens Kategorie 3 der Saffir-Simpson-Skala. Kein Hurrikan erreichte die Kategorie 5.

Das Wirbelsturmaufkommen wurde wie im Vorjahr stark durch die La-Niña-Bedingungen geprägt. Über dem Nordatlantik bewirken diese im Vergleich zum vieljährigen Mittel normalerweise ein erhöhtes Aufkommen, über dem Nordost-Pazifik eine Reduktion. Über dem Nordatlantik entstanden, wie 2010, 19 tropische Zyklonen, im Mittel sind es 12. Davon entwickelten sich 7 zu Hurrikanen (4 zu stärkeren Hurrikanen), womit die Mittelwerte nur geringfügig überschritten wurden. Über dem Nordost-Pazifik entstanden 11 Tropenstürme (im Mittel 17), von denen jedoch 10 Hurrikanstärke erreichten. Unterdurchschnittlich war auch das Aufkommen über dem Nordwest-Pazifik, wo sich 21 Zyklonen bildeten (im Mittel 26).
Ein nahezu durchschnittliches Aufkommen verzeichneten die Region Australien mit 12 tropischen Zyklonen (im Mittel 11) und der Südwest-Pazifik mit 7 (im Mittel 10). Anders als 2011 ist hier die Wirbelsturmaktivität in La-Niña-Jahren normalerweise erhöht.
Ungewöhnlich gering war das Wirbelsturmaufkommen im Indischen Ozean. Im nördlichen Indischen Ozean gab es 2 statt im Mittel 5 Tropenstürme. Im südwestlichen Indik bildeten sich nur 5 statt im Mittel 10 tropische Zyklonen. Die Saison 2010/2011 im östlichen Südindik verzeichnete 4 Tropenstürme, einschließlich einer subtropischen Zyklone, statt im Mittel 8.

Der beim Übertritt auf das Land stärkste Wirbelsturm war YASI, der Anfang Februar als Kategorie 4-Sturm im Osten Australiens über dem Mission Beach (zwischen Townsville und Cairns) westwärts zog. Er hinterließ zwar nur 1 Todesopfer, aber über eine Milliarde US Dollar Schaden.
Die größte Todesrate verursachte der Tropensturm WASHI, der nur Sturmstärke hatte, aber vom 16. bis 18. Dezember für extreme Überschwemmungen im Norden der Philippinen auf Mindanao sorgte. Über 1.000 Menschen starben, und 300.000 mussten evakuiert werden.
Den Auswirkungen der Zyklone THANE fielen an der Südostküste Indiens am 30. Dezember über 50 Menschen zum Opfer.
Mittelamerika wurde im Oktober von drei Tropenstürmen beeinflusst. Starkniederschläge von bis zu 1513 mm in Huizucar, El Salvador vom 10. bis 20. Oktober verursachten vor allem in El Salvador, aber auch in Guatemala, Nicaragua, Honduras und Costa Rica weiträumige Überschwemmungen, die mindestens 105 Menschenleben forderten.
Große Schäden von über 7 Mrd. US Dollar verursachte auch der Hurrikan IRENE, der im Nordosten der USA zweimal über Land ging. Er brachte dem Nordosten der USA starke Überschwemmungen. Als er über New York hinweg zog, wo große Vorkehrungen wie Evakuierungen getroffen worden waren, hatte er sich aber bereits auf einen Kategorie-1-Hurrikan abgeschwächt.

Außertropische Stürme

Ein hohes Sturmaufkommen verursachte im Dezember Sturmfluten und Sturmschäden in Nord- und Mitteleuropa. Windböen von mehr als 150 km/h lösten Mitte Dezember das Sturmtief JOACHIM und DAGMAR an den Weihnachtsfeiertagen aus.

Tornados

In den USA traten 2011 mehr als 1700 Tornados auf. Das ist die dritthöchste Anzahl seit Aufzeichnungsbeginn 1950. Dabei war die Aktivität im Frühling mit 1150 außergewöhnlich hoch. Die jährliche Todesrate erreichte mit 553 Toten Rang 2 zusammen mit dem Jahr 1936 hinter 1925. Die höchste Anzahl an Tornados und an durch sie bedingten Todesopfern innerhalb von 24 Stunden wurde am 27. April durch 199 Tornados mit 316 Toten verzeichnet. Am 22. Mai hinterließ ein einziger Tornado in Joplin, Missouri mit Windgeschwindigkeiten von über 300 km/h 157 Tote und damit die höchste Todesrate, die je ein Tornado verursachte.

Meereis

Wie in den Vorjahren, taute auch 2011 das arktische Meereis wieder sehr stark ab. Seit Beginn der Satellitenbeobachtungen 1979 ging die Eisbedeckung in der Arktis auf den zweitniedrigsten Wert zurück. Nach Analyse des U.S. National Snow and Ice Data Center betrug die Eisbedeckung am 09. 09. 2011 nur noch 4,33 Mio. km². Damit lag sie 35 % unter dem Mittelwert von 1979-2000 und nur 0.16 Mio. km² über dem bisherigen Minimum im September 2007.

Ozon

Noch nie war das Ozonloch über der Arktis so ausgeprägt wie 2011. Aufgrund des kalten Winters 2010/2011 war der Ozonabbau in der Höhenschicht 18-20 km doppelt so stark wie in den bisher am stärksten betroffenen Jahren 1996 and 2005. Der Ozonverlust in der gesamten Säule lag bei 40 %.
Das Ozonloch über der Antarktis entsprach der Größe der letzten Dekade.

Quellen:
Haeseler, S.; Dürre in Texas 2010/2011, DWD, Okt. 2011; http//:www.dwd.de
Haeseler, S.; Monsun in Thailand 2011, DWD, Nov. 2011; http//:www.dwd.de
WMO Press Release No. 935; WMO, Genf, Nov. 2011
World weather news: http://www.met.rdg.ac.uk/~brugge/world2011.html
WMO Provisional Statement on the Status of the Global Climate

Bodentemperaturen im Klimawandel
Auswertungen der Messreihe der Säkularstation Potsdam

M. Böhme, F. Böttcher

Einleitung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit, die auf der Bachelorarbeit von BÖHME (2011) beruht, fand eine statistische Untersuchung der Langzeit-Trends der Bodentemperaturreihe bis in 12 m Tiefe und der Lufttemperaturreihe der Säkularstation Potsdam statt. Dabei sollte herausgefunden werden, inwieweit sich die Lufttemperatur in Potsdam über das letzte Jahrhundert verändert hat und ob sich der Klimawandel auch bereits im Boden in tieferen Schichten widerspiegelt. Die seit dem Ende des 19. Jahrhunderts existierenden Messreihen der Station, die kontinuierlich mit der gleichen Messtechnik und unter den gleichen historischen Messbedingungen erfasst wurden, bieten dafür ideale Voraussetzungen.

Messbedingungen an der Säkularstation Potsdam

Die Säkularstation befindet sich im Südwesten der Stadt Potsdam auf dem Telegrafenberg in 81 m Höhe. Das 1200 m2 große Messfeld liegt dabei 600 m außerhalb der bebauten Zone am Rande eines ausgedehnten Waldgebietes (LEHMANN & KALB, 1993). Seit Beginn der regelmäßigen Beobachtung an der Station im Jahr 1893 wurden die meteorologischen Größen hier unter den gleichen historischen Beobachtungsbedingungen erfasst. Es fanden keine Veränderungen des Messfeldes und seiner Umgebung statt. Die Beobachtungsmethoden und -vorschriften sowie die Messgeräteaufstellung wurden zudem weitgehend konstant gehalten.
Eine Besonderheit der Station stellt das bis in eine Tiefe von 12 m reichende Erdbodenmessfeld dar. Die Bodentemperatur wird hier in 2, 5, 10, 20 und 50 cm, sowie in 1, 2, 4, 6 und 12 m Tiefe erfasst. Mit fast reinem, etwas kiesigem Sand aufgefüllt, bietet das Erdbodenmessfeld homogene Bodenverhältnisse in allen Messtiefen. Es umfasst eine 3 m x 6 m große rasenfreie Fläche, die im Winter ständig schneefrei gehalten wird (KÖRBER, 1993). Dies gewährleistet die Vergleichbarkeit der Messdaten verschiedener Jahre, da die Isolationswirkung einer Schneedecke unterbunden wird. Die Bodentemperatur wird im Rahmen der „Säkularen Klimareihe" nach wie vor mit den konventionellen Messgeräten erfasst: Bis in 20 cm Tiefe werden Bodenwinkelthermometer verwendet. Die Messung der Bodentemperatur in 50 cm bis 12 m Tiefe findet mittels Bodentiefenthermometern statt. Dabei handelt es sich um Glasthermometer in Neusilberrohren, die am Ende von Holzstangen aus massiver Eiche befestigt sind.
Die Lufttemperatur wird seit Beginn der Beobachtung an der Säkularstation am 01.01.1893 erfasst. Dazu wird dreimal täglich ein trockenes, unbelüftetes Thermometer abgelesen, das sich in einer Freilandthermometerhütte (Englische Hütte) in 2 m Höhe über dem Boden auf dem Messfeld befindet. Die Messung der Bodentemperatur begann hingegen erst im Jahr 1894 zunächst in 1, 2, 4 und 6 m Tiefe. Ein Jahr später kamen die Bodentiefen 2, 5, 10, 20 und 50 cm hinzu. Nachdem im Jahr 1897 das Bodentiefenthermometer für 12 m Tiefe eingerichtet wurde, wird seit Montag, dem 03.01.1898, einmal wöchentlich auch in dieser Tiefe die Bodentemperatur erfasst. Die Messungen in 2 cm bis 6 m Tiefe finden dagegen täglich, teilweise auch mehrmals am Tag statt. Die Messtermine richten sich dabei nach der Mittleren Ortszeit (MOZ). Aufgrund ihrer nachgewiesenen Homogenität (http://saekular.pik-potsdam.de/2007_de/) und ihrer nahezu lückenfreien Länge stellt die Bodentemperaturreihe der Säkularstation Potsdam ein weltweit einzigartiges Datenmaterial dar.

Charakteristik der Bodentemperatur

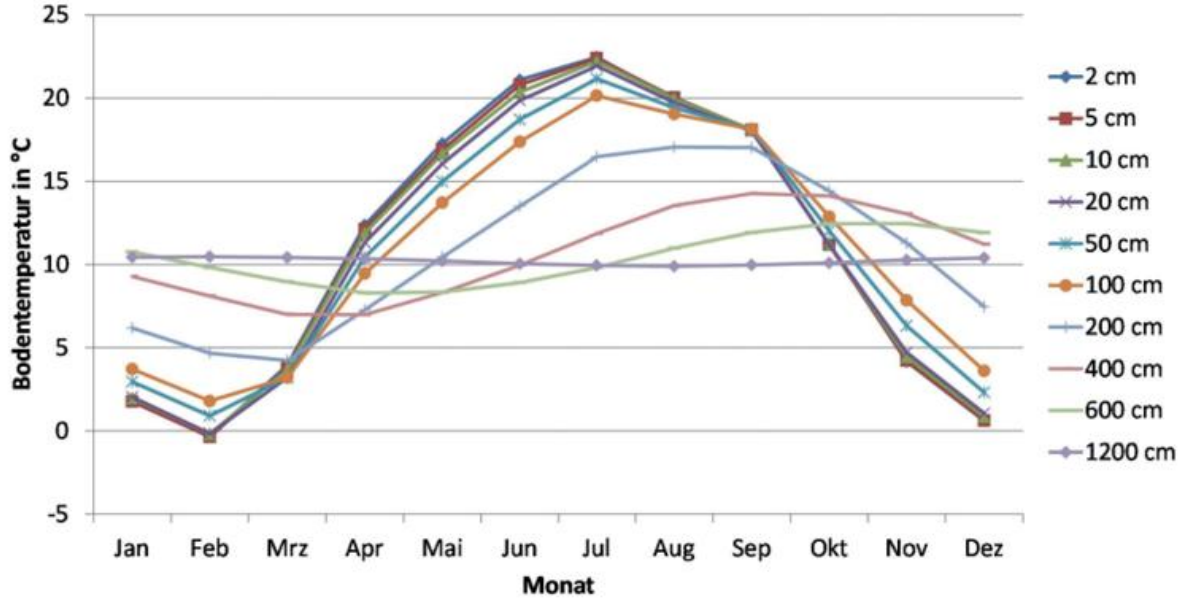


Abb. 1: Zeitliche Verlauf der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen im Jahr 2005 als Beispiel für den generellen Gang der Bodentemperaturen in verschiedenen Tiefen

Die Bodentemperatur und ihr Verlauf werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die wiederum ein komplexes Wirkungsgefüge darstellen. Den größten Einfluss hat dabei die Globalstrahlung. Bei vegetationsfreiem Boden findet der Energieumsatz direkt an der Erdoberfläche statt. Da die molekulare Wärmeleitung im Boden einen recht ineffizienten Wärmetransport darstellt (FOKEN, 2003), unterliegt der jährliche Bodentemperaturverlauf tiefenabhängigen Veränderungen (siehe Abb. 1). Nahe der Erdoberfläche in 2 cm Tiefe tritt im Verlauf eines Jahres ein Temperaturunterschied von etwa 23 K auf. Je größer die Bodentiefe ist, desto schwächer ist die Temperatur-amplitude im Jahresverlauf ausgeprägt. In 12 m Tiefe schwankt die Bodentemperatur nicht einmal mehr 1 K über das gesamte Jahr und nimmt einen fast konstanten Wert von 10 °C an. Zusätzlich zur Abschwächung der Temperaturamplitude findet eine Phasenverschiebung der Extremwerte mit zunehmender Tiefe statt. Die sommerliche Erwärmung, die nahe der Erdoberfläche im Juli ihr Maximum erreicht, kommt in den größeren Tiefen erst später an. Gleiches gilt für das Temperaturminimum, welches in den geringen Tiefen im Februar auftritt und sich mit zunehmender Tiefe zeitlich verzögert. In 12 m Tiefe beträgt der Zeitversatz sogar ein halbes Jahr, sodass hier die größten Temperaturen erst im Januar und Februar auftreten, während die tiefen Wintertemperaturen erst im August und September nachzuweisen sind.

Da die Bodentemperatur im Gegensatz zu den meteorologischen Größen über dem Erdboden relativ ungestört ist, kann sie wertvolle Informationen zum Klima liefern: Die Erde verhält sich als „Low-Pass-Filter", der nur die Langzeit-Trends von Temperaturänderungen speichert (BELTRAMI & CHAPMAN, 1994). Dabei gilt allgemein, dass die Ergebnisse umso ungestörter und repräsentativer sind, je tiefer man die Bodentemperatur misst (THAUT, 2009). Aus diesem Grund wurde bei den Untersuchungen der Fokus auf die größeren Bodentiefen unterhalb von 1m gelegt, insbesondere auf die Bodentemperatur in 12 m.

Auch der jährliche Lufttemperaturverlauf ist stark an den Jahresgang der Globalstrahlung gekoppelt. Er ähnelt sehr dem Bodentemperaturverlauf in den geringen Tiefen, wobei hier durch das ungeschützte Auskühlen der Atmosphäre negative Monatsmittel im Winter möglich sind und die Temperaturamplitude aufgrund der fehlenden Wärmespeicherfunktion im Sommer gegenüber dem Boden etwas geringer ist.

Statistische Methoden zur Datenanalyse

Untersucht wurden die Langzeit-Trends der Lufttemperatur und der Bodentemperatur in den Tiefen 1, 2, 4, 6 und 12 m über den Zeitraum von 1898 bis Februar 2008. Die Grundlage der Trendanalyse bildeten dabei die zeitlichen Mittelwerte der Messdaten . Mit Hilfe des arithmetischen Mittels wurden zunächst Tagesmittel berechnet, aus denen dann Monats- und Jahresmittel ermittelt wurden. Weiterhin wurden Jahreszeitenmittel aus drei aufeinanderfolgenden Monatsmitteln der entsprechenden Jahreszeit bestimmt. Die im meteorologischen Sinne definierten Jahreszeiten setzen sich dabei folgendermaßen zusammen:

- Frühling: März, April, Mai
- Sommer: Juni, Juli, August
- Herbst: September, Oktober, November
- Winter: Dezember, Januar, Februar.

Die Tagesmittel der Lufttemperatur beruhen auf dem Kämtzschen Tagesmittel der Lufttemperatur (LEHMANN & KALB, 1993). Dabei handelt es sich um das arithmetische Mittel aus den drei Terminwerten pro Tag bei Verdopplung des Abendwertes:

$$\bar{a} = ¼ (a_{07}+a_{14}+2\cdot a_{21})$$

Die Monats-, Jahres- und Jahreszeitenmittel wurden jeweils über 10-Jahresintervalle gemittelt, so dass sich dem Untersuchungszeitraum entsprechend jeweils 11 Dekadenmittel ergeben. Mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse wurden die Trends der Dekaden-Monats-, Dekaden-Jahreszeiten- und Dekaden-Jahresmittel der Lufttemperatur und der Bodentemperatur in den jeweiligen Tiefen bestimmt. Die Signifikanz der Langzeit-Trends wurde mit der Methode des Trend-Rausch-Verhältnisses

$$TRV = T/s$$

überprüft. Dabei ist T der jeweilige absolute Trend über die 11 Dekaden und s die dazugehörige Standardabweichung der jeweiligen Dekadenmittel, die als Schätzer des Rauschens dient (SCHÖNWIESE, 2006).

Trend-Rausch-Verhältnis	Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung	Symbol
< 1	> 31.7 %	Nicht signifikant	n.s.
> 1	< 31.7 %	Schwach signifikant	(*)
> 1.282	< 20 %	Signifikant	*
> 1.645	< 10 %	Sehr signifikant	**
> 2.578	< 1 %	Hochsignifikant	***

Tab. 1: Signifikanzniveaus in Abhängigkeit von der Irrtumswahrscheinlichkeit (nach: SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, 2008).

Mit Hilfe der Standardnormalverteilung können den Werten des Trend-Rausch-Verhältnisses bestimmte Signifikanzbereiche mit dazugehöriger Irrtumswahrscheinlichkeit zugeordnet werden.

Ergebnisse der Zeitreihenanalyse

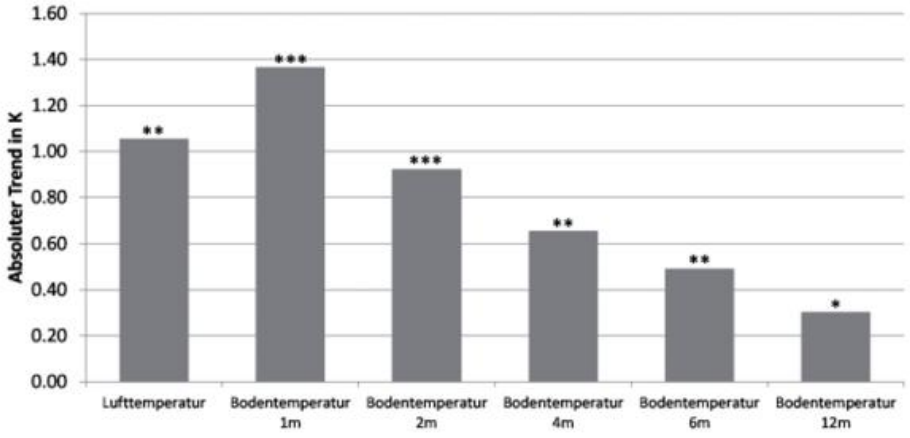


Abb. 2: Absolute Trends der Dekaden-Jahresmittel der Lufttemperatur und der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen von 1898 bis 2007 (*=signifikant; **=sehr signifikant; ***=hochsignifikant)

Einen guten Überblick über die Ergebnisse der Trendanalyse geben die in Abb. 2 dargestellten absoluten Trends der Dekaden-Jahresmittel. Sowohl der Trend der Lufttemperatur als auch die Bodentemperaturtrends in den untersuchten Tiefen sind signifikant, wobei die ermittelten Signifikanzen von signifikant bis hochsignifikant reichen. Trotz der großen Bodentiefe von 12 m konnte auch hier mit 0.3 K ein signifikanter Trend des Dekaden-Jahresmittels über die betrachteten 110 Jahre festgestellt werden. Die sichtbare Abnahme des Betrags des Bodentemperaturtrends mit zunehmender Tiefe lässt sich mit der Abschwächung der Temperaturamplitude mit zunehmender Tiefe erklären (vgl. Abb. 1). Je näher man der Erdoberfläche kommt, desto signifikanter sind die Trends der Dekaden-Jahresmittel der Bodentemperatur.
Auffällig ist die Tatsache, dass der Trend der Bodentemperatur in 1 m Tiefe stärker ausfällt als der Trend der Lufttemperatur. Die Ursachen dafür wurden nicht untersucht und bleiben einer weiteren Arbeit vorbehalten. Will man diesem Effekt auf den Grund gehen, müssten auch die Bodentemperaturen im Bereich zwischen der Bodenoberfläche und 1 m Tiefe sowie die Lufttemperatur unmittelbar an der Erdoberfläche und wahrscheinlich auch die Bodenfeuchte betrachtet werden. Inhomogenitäten in den Messreihen können aber aufgrund der geschilderten Messbedingungen ausgeschlossen werden.

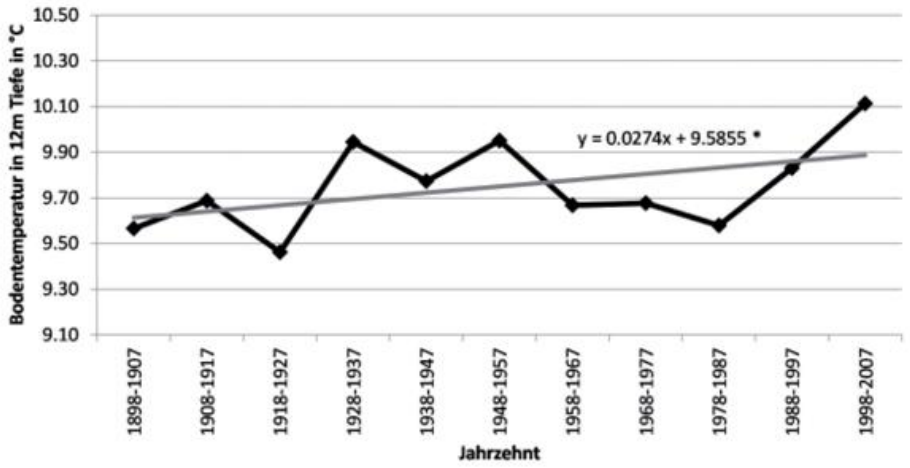


Abb. 3: Dekaden-Jahresmittel der Bodentemperatur in 12 m Tiefe mit dazugehöriger linearer Regressionsgerade von 1898 bis 2007 (*=signifikant)

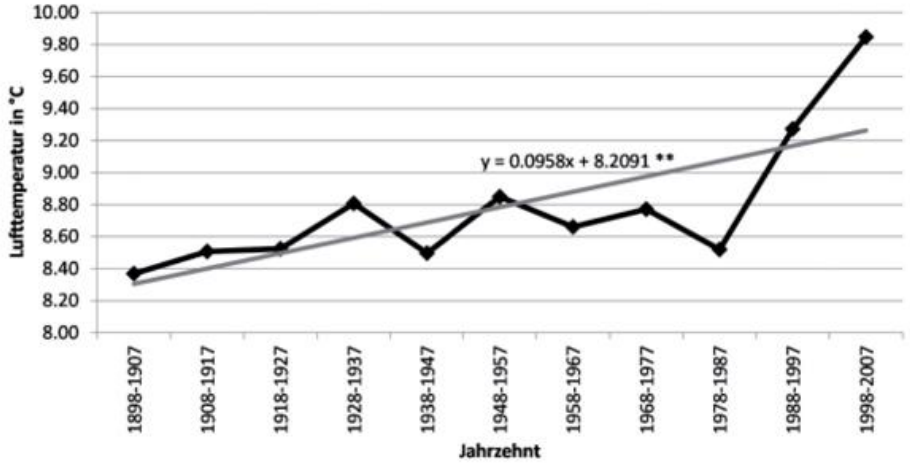


Abb. 4: Dekaden-Jahresmittel der Lufttemperatur mit dazugehöriger linearer Regressionsgerade von 1898 bis 2007 (**=sehr signifikant)

Abb. 3 und Abb. 4 zeigen den zeitlichen Verlauf des Dekaden-Jahresmittels der Bodentemperatur in 12 m Tiefe und der Lufttemperatur. Die Bodentemperatur schwankt aufgrund der dämpfenden Eigenschaft des Bodens nicht so stark wie die Lufttemperatur. Dies ist vor allem bei den letzten beiden Dekaden deutlich zu sehen: Während bei der Lufttemperatur eine starke Tendenz zu höheren Temperaturen auftritt, ist diese bei der Bodentemperatur schwächer ausgeprägt. Trotzdem lässt sich der Lufttemperaturtrend in 12 m Bodentiefe noch deutlich als signifikanter Trend nachweisen.

	Jan		Feb		Mrz		Apr		Mai		Jun	
Luft	0.48	n.s.	0.77	n.s	1.06	**	1.57	**	0.97	**	0.79	(*)
Boden 1 m	-0.07	n.s.	0.49	(*)	0.83	*	2.04	***	2.86	***	2.29	***
Boden 2 m	0.40	*	0.52	**	0.49	(*)	0.75	**	1.35	**	1.10	**
Boden 4 m	0.42	**	0.34	*	0.34	*	0.38	*	0.62	**	0.79	**
Boden 6 m	0.27	(*)	0.14	n.s.	0.10	n.s	0.16	n.s.	0.31	*	0.57	**
Boden 12 m	0.28	*	0.28	*	0.28	*	0.27	*	0.28	*	0.28	*

Tab. 2: Absolute Trends der Dekaden-Monatsmittel (Januar bis Juni) der Lufttemperatur und der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen in K mit dazugehörigen Signifikanzniveaus von 1898 bis 2007.

In Tab. 2 und Tab. 3 ist der absolute Trend der Dekaden-Monatsmittel der Luft- und Bodentemperatur sowie dessen Signifikanz in den einzelnen Monaten dargestellt. Die Trends sind überwiegend in den Sommer- und Herbstmonaten am deutlichsten ausgeprägt. Hier treten signifikante bis hochsignifikante Trends auf. Im Boden ist eine zeitliche Verschiebung der signifikantesten Trends mit zunehmender Tiefe aufgrund der bereits beschriebenen Phasenverschiebung zu erkennen. Die Lufttemperatur und die Bodentemperatur in 1 m Tiefe weisen im Winter nicht und schwach signifikante Trends auf, die durch die große Standardabweichung der Dekaden-Monatsmittel in diesen Monaten entstehen. In einer Tiefe von 12 m konnten in allen Monaten signifikante bis sehr signifikante Trends festgestellt werden. Dabei sind die Trends der Monate Juli, August und September in dieser Bodenschicht am signifikantesten. Dem jährlichen Bodentemperaturverlauf zufolge sind die Trends in 12 m Tiefe in den Monaten am signifikantesten, in denen dort die tiefsten Temperaturen vorherrschen. Betrachtet man nur die Trends der Bodentemperatur, so ist der September der Monat mit den signifikantesten Trends in allen Bodentiefen.

	Jul		Aug		Sep		Okt		Nov		Dez	
Luft	0.99	**	1.95	***	1.12	**	1.23	**	0.94	*	0.74	(*)
Boden 1 m	2.37	***	3.18	***	1.68	**	0.80	**	0.00	n.s.	-0.13	n.s.
Boden 2 m	1.14	**	1.55	***	1.31	***	1.11	***	0.76	***	0.53	**
Boden 4 m	0.84	**	0.92	**	1.01	***	0.89	**	0.75	**	0.57	**
Boden 6 m	0.73	**	0.81	**	0.87	***	0.82	***	0.68	**	0.47	**
Boden 12 m	0.31	**	0.33	**	0.32	**	0.32	*	0.32	*	0.32	*

Tab. 3: Absolute Trends der Dekaden-Monatsmittel (Juli bis Dezember) der Lufttemperatur und der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen in K mit dazugehörigen Signifikanzniveaus von 1898 bis 2007.

Analog zu den Dekaden-Monatsmitteln weisen die Dekaden-Sommer- und Dekaden-Herbstmittel der Bodentemperatur und der Lufttemperatur signifikante bis hochsignifikante Trends auf. Während der Trend des Dekaden-Wintermittels der Lufttemperatur und der Bodentemperatur in 1 m nicht signifikant ist, zeigen sich in den Bodenschichten darunter signifikante bis sehr signifikante Wintertrends. Die Trends der Dekaden-Frühlingsmittel sind überwiegend sehr signifikant, wobei jedoch der Trend in 6 m Bodentiefe nicht signifikant ist. Die Trends der Dekaden-Jahreszeitenmittel sind in 12 m Tiefe im Frühling, Herbst und Winter signifikant und im Sommer sehr signifikant.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Bodentemperatur- und Lufttemperaturreihe der Säkularstation Potsdam zeigen, dass eine signifikante Zunahme der Lufttemperatur über den Zeitraum 1898 bis Februar 2008 stattgefunden hat. Dieser Zunahme entsprechend lässt sich auch in den großen Bodentiefen bis 12 m noch eine signifikante Temperaturerhöhung nachweisen. Damit wurde gezeigt, dass der Klimawandel auch im Boden in tieferen Schichten angekommen ist.

Literaturverzeichnis:

BELTRAMI, H., CHAPMAN, D. S. (1994): Drilling for a past climate. New Scientist, 142, S. 36–40 (April 23).

BÖHME, M. (2011): Statistische Aufarbeitung der Bodentemperaturreihe der Säkularstation Potsdam. Bachelorarbeit, Universität Leipzig.

FOKEN, T. (2003): Angewandte Meteorologie. Mikrometeorologische Methoden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

KÖRBER, H.-G. (1993): Die Geschichte des Meteorologischen Observatoriums Potsdam. Geschichte der Meteorologie in Deutschland. Bd. 2, Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

LEHMANN, A., KALB, M. (1993): 100 Jahre meteorologische Beobachtungen an der Säkularstation Potsdam 1893 - 1992. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT [Hrsg.] (2008): Sachsen im Klimawandel. Eine Analyse. Dresden.

SÄKULARSTATION POTSDAM TELEGRAFENBERG: http://saekular.pik-potsdam.de/2007_de/ (Stand 11.09.2011)

SCHÖNWIESE, C.-D. (2006): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. 4.Aufl., Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.

THAUT, J. (2009): Zusammenhang meteorologisch, klimatologischer Größen und Bodentemperatur. Bachelorarbeit, TU Bergakademie Freiberg.

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AMBER	Agrarmeteorologische Beratungssoftware
AMO	Atlantic Multidecadal Oscillation
AWST	Automatische Wetterstation
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BTU	Brandenburgische Technischer Universität (Cottbus)
CCL	Commission on Climamatology (der WMO)
CEC	Climate and Environment Consulting GmbH Potsdam
CLM	Climate Local Modell
CMSAF	Climate Monitoring Sattelite Application Facility
COSMO-LM	Consotium for Small Scale Modelling – Local Model
COST	Co-operation in Science and Technical Research
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECHAM	European Climate Model
ETP	Evatrasnpiration Potential
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GAW	Global Atmosphere Watch
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
GT	Gefühlte Temperatur
GTS	Global Telecommunication System
HISTORn	Historische maritim-meteorologische Daten von Segelschiffen und Dampfern
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
INKLIM	Integriertes Klimaschutzprogramm
ISB	International Society on Biometeorology
ISO	International Standarisation Onrganisation
KMM	Klima-michel Modell
KSB	Klimastatusbericht
MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit
MOHp	Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg
MOZ	mittlere Ortszeit
MPI-M	Max-Planck-Institut für Meteorologie
MUKLIMO	Mikroskaliges Urbanes Klimamodell
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NMHS	National Meteorological and Hydrological Services
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PET	Physiological Equivalent Temperature
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
PILOT	Höhenwindmessung von einer ortsfesten Landstation
PMV	Predicted Mean Vote
QBO	quasi-biennale Oszillation
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
REMO	Regionales Klimamodell des MPI-M
RSMC	Regional Specialised Meteorological Centre
RTD	Research and Technology Development
SET	Standard Effective Temperature
SSW	Sudden Stratospheric Warming
STAR	sternförmige Projektion
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation

TEMP	Radionsondenaufstieg
TGAn	technische Gebäudeausrüstung
TRYn	Testreferenzjahre
UBA	Umweltbundesamt
UBIKLIM	Urbanes Bioklimamodell
UHI	Urban Heat Island
UTC	Universal Time Coordinated
UTCI	Universal Thermal Climate Index
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOCn	Volatile Organic Compounds
WEWA	Wetterwarte
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie
ZWEK	Zusammenstellung von Wirkmodell-Eingangsdatensätzen für die Klimafolgenabschätzung

Autorenverzeichnis

Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dw.de
Böhme, M.	Universität Leipzig Leipziger Institut für Meteorologie	
Böttcher, Falk	Deutscher Wetterdienst Kärrnerstr. 68 04288 Leipzig	Falk.Boettcher@dwd.de
Claude, Hans	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Hans.Claude@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Franz-Josef.Loepmeier@dwd.de
Meyer-Christoffer, Anja	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Anja.Meyer-Christoffer@dwd.de
Müller-Westermeier, Gerhard	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Gerhard.Mueller-Westermeier@dwd.de
Nitsche, Helga	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Helga.Nitsche@dwd.de
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de
Riecke, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 78 20359 Hamburg	Wolfgang.Riecke@dwd.de
Schmitt, Hans-Helmut	Deutscher Wetterdienst Kreuzweg 25 65366 Geisenheim	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de

Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Walter, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Walter3@dwd.de
Wienert, Uwe	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Uwe.Wienert@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de

INDEX

A

Agrarmeteorologische Entwicklung ..... S. 38
Ährenschieben vom Winterroggen ..... S. 39
Anomalien ..... S. 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72
Anomalie der Lufttemperatur ..... S. 59
Anpassungsmaßnahmen ..... S. 9, 11, 14, 15
Anströmrichtungen ..... S. 34, 35, 36
Außertropische Stürme ..... S. 84

B

Bautätigkeit ..... S. 7, 8, 9, 14
Baumaterialien ..... S. 7, 9,10
Baurichtlinien ..... S. 14
Bauwirtschaft ..... S. 9
Befahrbarkeit der Böden ..... S. 41
Bewölkung ..... S. 67
Bodenerosion ..... S. 38, 39
Bodenfeuchte ..... S. 39, 40, 43, 45
Bodentemperatur ..... S. 44, 45, 85, 86, 87, 88, 89, 90
Bodenwasser ..... S. 42
Brewer-Dobson Zirkulation ..... S. 57

C

Chlorgehalt ..... S. 57

D

Dach- und Wandisolierung ..... S. 11
Dach- Und Fassadenbegrünung ..... S. 10, 11, 14
Dürre ..... S. 6, 77, 83
Dürre-Index ..... S. 72
Durchlüftung ..... S. 10

E

Eistage ..... S. 25, 29, 72
Emmisionsszenario ..... S. 13, 14
Energieverbrauch ..... S. 10
Extremwert ..... S. 17

F

Feuchte ..... S. 36, 48
Feuchteklassen ..... S. 37
Freie Atmosphäre ..... S. 48
Frischluftschneisen ..... S. 11, 14
Frostperioden ..... S. 14
Frostschäden ..... S. 46
Frosttage ..... S. 6, 25, 29
Fruchtreife der Rosskastanie ..... S. 39
Frühherbst ..... S. 41
Frühsommer ..... S. 39

G

Gebäudeausrüstung ..... S. 12
Gebäudesimulation ..... S. 12
Geostrophischer Wind ..... S. 31
Gesamtozonsäule ..... S. 56
Gewitter ..... S. 6, 76
Globalstrahlung ..... S. 19, 86

H

Hagel ..... S. 29, 74, 75, 76
Hagelereignisse ..... S. 25
Heiße Tage ..... S. 6, 9, 25
Heitere Tage ..... S. 71
Heizungen ..... S. 10
Hitzeperioden ..... S. 6, 7, 9, 14
Höchsttemperatur ..... S. 80
Hochwasser ..... S. 20, 75
Höhenwind ..... S. 48, 49
Hurrikan ..... S. 83

I

Innenraumklimatisierung ..... S. 14, 15
„Intelligente“ Lüftung ..... S. 11
Inversionswetterlagen ..... S. 25

J

Jahresmitteltemperatur ..... S. 5, 17, 79
Jährliche Sonnenscheindauer ..... S. 17

K

Klimaanlagen ..... S. 10
Klimaindizes ..... S. 72, 73
Klimaprojektionen ..... S. 5
Klimatische Wasserbilanz ..... S. 40, 42
Klimawandel ..... S. 85
Küstengewässer ..... S. 30

L

La-Niña ..... S. 79, 83
Luftdruck ..... S 48, 63, 64, 80
Luftdruckgegensätze ..... S. 63
Lufttemperatur ..... S. 8, 9,10, 11, 13, 52, 53, 58, 59, 86, 87, 88, 89, 90
Luftfeuchtigkeit ..... S. 7
Lüftungssysteme ..... S. 10

M

Meereis ..... S. 84
Mitteltemperatur ..... S. 18, 26, 47, 80

N

NAO-Index ..... S. 63
Niederschlag ..... S. 18, 60, 62, 75,76, 81, 82
Niederschlagsabweichung ..... S. 24, 25
Niederschlagsanomalie ..... S. 61, 81
Niederschlagsdauer ..... S. 8
Niederschlagsdefizit ..... S. 60
Niederschlagshöhe ..... S. 8, 17, 18, 25, 27, 61, 76
Niederschlagsüberschuss ..... S. 62
Niederschlagsverteilung ..... S. 81
Nord-Atlantik Oszillation ..... S. 57, 80
Nutzbarkeit des Gebäudes ..... S. 6

O

Orkantief ..... S. 31
Ostwindperioden ..... S. 50
Ostwindzirkulation ..... S. 48, 50, 51
Ozon ..... S. 84
Ozon in der Stratosphäre ..... S. 55
Ozonloch ..... S. 57
Ozonsäulen ..... S. 55, 57
Ozonzerstörende Substanzen ..... S. 57

P

Phänologische Entwicklung ..... S. 39
Phänologischer Frühling ..... S. 38

R

Radiosondenmessungen ..... S. 48
Rebentwicklung ..... S. 47
Referenzzeitraum ..... S. 52
Reflexionsvermögen ..... S. 10
Regionale Klimamodelle ..... S. 13, 14
Repräsentationsstationen ..... S. 12, 13

S

Säkularstation Potsdam ..... S. 85
Schlag- und Bruchfestigkeit ..... S. 6, 10, 11
Schlechtwettertage ..... S. 7, 8, 9
Schneedecke ..... S. 29
Schneefall ..... S. 75
Schneeschmelze ..... S. 75
Sommermonsun ..... S. 82
Sommertage ..... S. 5, 13, 14, 25, 72
Sonneneinstrahlung ..... S. 10
Sonnenschein ..... S. 18
Sonnenscheindauer ..... S. 25, 28, 65, 66, 67, 69
Sonnenschutz ..... S. 10, 11
Städtische Wärmeinsel ..... S. 5, 7, 10, 13
Stadtklima ..... S. 5, 7, 13
Stadtklimasimulation ..... S. 13, 14
Stadtplanung ..... S. 10, 11, 13
Starkniederschlag ..... S. 6, 74, 75, 76, 82
Starkregenereignisse ..... S. 7, 10, 14
Starkregen ..... S. 7
Staunässe ..... S. 38
Strahlungsbilanz ..... S. 67, 68, 70
Strahlungsgenuss ..... S. 67
Stratosphäre ..... S. 57
Strömungsverhältnisse ..... S. 48
Stürme ..... S. 6, 10, 14, 74, 75, 76, 83

T

Temperatur ..... S. 25, 48, 67
Temperaturabweichung ..... S. 21
Temperaturanomalie ..... S. 58, 69, 80
Temperaturminima in der Stratosphäre ..... S. 54
Temperaturminimum ..... S. 86
Testreferenzjahre ..... S. 12, 13
Thermopluviogramm ..... S. 18
Tornados ..... S. 22, 84

Trockenheit ..... S. 72, 75, 76
Tropische Wirbelstürme ..... S. 83
Troposphäre ..... S. 57
Trübe Tage ..... S. 71

U

Überflutungen ..... S. 62
Überschwemmungen ..... S. 62, 75, 82
Überwärmung ..... S. 7, 13

V

Versiegelung ..... S. 7

W

Wärmeleitfähigkeit ..... S. 10
Wärmedämmung ..... S. 10
Wasserdampfgehalt ..... S. 12
Wasseroberflächentemperatur ..... S. 30
Weinjahr ..... S. 46
Welkeerscheinungen ..... S. 39
Westwindzirkulation ..... S. 48
Wetterlagen ..... S. 32, 33, 36
Wetterlagengruppen ..... S. 34
Wetterlagenklasse ..... S. 33, 34
Wetterlagenklassifikation ..... S. 35, 37
Wind ..... S. 48
Windfestigkeit ..... S. 6, 10, 11
Windrichtung ..... S. 12
Windgeschwindigkeit ..... S. 12, 31
Windstärke ..... S. 31
Windverteilung ..... S. 31, 32
Wohnkomfort ..... S. 6
Wolkenbedeckung ..... S. 67
Wolkenbedeckungsgrad ..... S. 12

Z

„Zukunfts-TRY“ ..... S. 12
Zyklonalität ..... S. 36, 37

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

DWD

Klimastatusbericht 2012



- **Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitoring**
- **Wetterlagen ändern sich mit dem Klimawandel**
- **Agrarmeteorologische Untersuchungen**
- **Hagelereignisse im Freistaat Sachsen**

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Karsten Friedrich
e-mail: karsten.friedrich@dwd.de

Thomas Deutschländer
e-mail: thomas.deutschlaender@dwd.de

Juliane Breyer
e-mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Urheberrecht

Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst“ gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrücklich Genehmigung ist untersagt.

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

ein spannendes Witterungsjahr liegt hinter uns. Dabei gab es wieder einige Überraschungen. So war der Ostersonntag am 8. April fast deutschlandweit deutlich kälter als der 24. Dezember. Besonders extrem waren die ersten zwei Februarwochen, die das gesamte Land mit vielerorts zweistelligen Minusgraden erstarren ließen. Weitere Ergebnisse des Klimamonitorings, der Agrarmeteorologie, der Ozonbeobachtungen sowie einen Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten".

Neben dem Standardteil werden auch in diesem Klimastatusbericht wieder verschiedene Sonderthemen beleuchtet. Dazu zählen in diesem Jahr ein Bericht über die Veränderungen der Wetterlagen in Zeiten des Klimawandels, methodische Vorschläge zu agrarklimatologischen Untersuchungen und konzeptionelle Grundlagen einer Hagelklimatologie.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen des vorliegenden Berichts.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Die Witterung in Deutschland 2012 5

Extremwertkarte 17

Das Strahlungsjahr 2012 18

Die Witterung im Jahr 2012 in den deutschen Küstengebieten 19

Objektive Wetterlagenklassen 2012 24

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2012 31

Das Weinjahr 2012 40

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre 42

Ozon in der Stratosphäre 48

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2012 52

Das Jahr 2012 im globalen Überblick 76

Wetterlagen ändern sich mit dem Klimawandel 81

Agrarklimatologische Untersuchungen 86

Hagelereignisse im Freistaat Sachsen 95

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 100

Autorenverzeichnis 102

Die Witterung in Deutschland 2012

K. Friedrich, W. Riecke, T. Deutschländer

Übersicht

Das Jahr 2012 war im Vergleich zur Referenzperiode 1961-90 etwas wärmer und sonnenscheinreicher. Beim Niederschlag wurde ein leichtes Defizit gegenüber dem Referenzwert verzeichnet (Abb. 2). Die Monate Januar, März, Mai und August waren überdurchschnittlich warm, während der Februar 2,9 K kälter war als gewöhnlich. In den anderen Monaten wichen die Temperaturmittel nur geringfügig vom Referenzwert ab. Das Gebietsmittel der Jahresmitteltemperatur lag mit 9,1°C um 0,9 K über dem Wert der Referenzperiode. Damit wurde das Jahr 2012 das 16.-wärmste Jahr seit Beginn der flächendeckenden Wetteraufzeichnungen im Jahre 1881.

Insgesamt gab es im Jahr 2012 8 Monate mit unterdurchschnittlicher und 4 Monate mit überdurchschnittlicher Niederschlagshöhe. Insbesondere Februar, März und Mai waren extrem trocken, während Januar, Juni und Juli recht niederschlagsreich waren. Da die niederschlagsreichen Monate das Defizit der trockenen Monate nicht ganz ausgleichen konnten, wurde das Jahr etwas zu trocken. Das Gebietsmittel der Niederschlagshöhe für das Jahr 2012 ergab sich zu 767,5 mm. Das sind 21,5 mm oder 2,7 % weniger als im Referenzzeitraum 1961-90. Das Jahr 2012 lag somit fast genau in der Mitte der Aufstellung der nassesten und trockensten Jahre seit Beobachtungsbeginn.

Im Jahr 2012 ergaben sich 7 überdurchschnittlich sonnenscheinreiche Monate und 5 Monate mit Sonnenscheindefiziten. Insbesondere Februar, März, Mai und August waren sehr sonnig. Insgesamt konnte für das Jahr 2012 ein leichtes Plus hinsichtlich der Sonnenscheindauer verbucht werden. Als Gebietsmittel für Deutschland ergab sich eine Sonnenscheindauer von 1673,5 Std.. Das sind 145,1 Std. oder 9,5 % mehr als in der Referenzperiode 1961-90. Damit wurde das Jahr 2012 das 14.-sonnigste seit 1951.

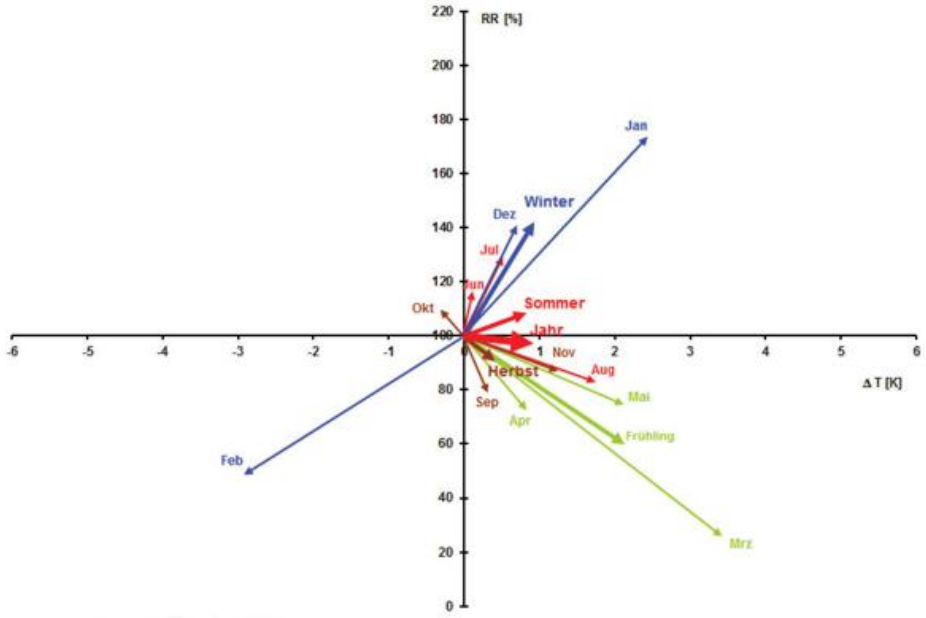


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2012 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Das Thermopluviogramm (Abb. 1) zeigt Abweichungen der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2012 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Gebietsmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Gebietsmittel vom klimatologischen Gebietswert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen Gebietsmitteles der Niederschlagshöhe im Verhältnis zum vieljährigen Gebietsmittel in Prozent.

Für den Winter werden der Dezember des zurückliegenden Jahres und die Monate Januar und Februar des gezeigten Jahres betrachtet. Da der Dezember 2011 sehr mild und niederschlagsreich war ($\Delta T = +3{,}1°C$, $\Delta R = 176{,}6\ \%$), konnte auch der extrem kalte und trockenen Februar nicht zu einem ausgeglichenen Winter führen.

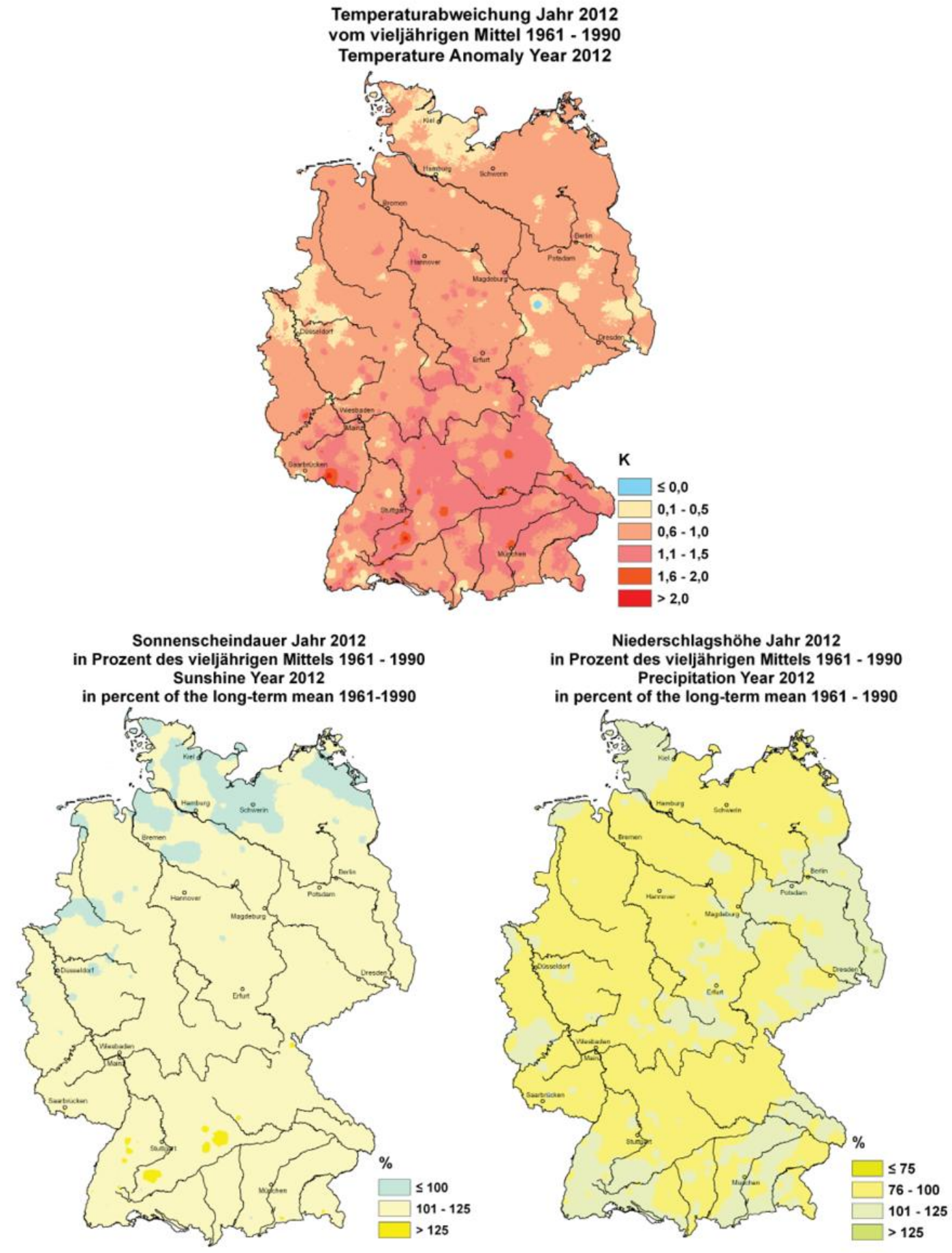


Abb. 2: Jahresabweichung 2012 vom vieljährigen Mittel 1961-1990

Der Verlauf der Witterung

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Der **Januar** startete sehr mild und erst zur Mitte des Monats wurden die vieljährigen Mitteltemperaturen erstmals kurzzeitig unterschritten. Nachdem in der zweiten Monatshälfte wieder sehr milde Temperaturen beobachtet wurden, fielen die Temperaturen zum Monatsende deutlich. Die milden Phasen waren verbunden mit vielen Niederschlägen, wobei sich an den kalten Tagen oft die Sonne zeigte. In Summe war der Januar recht mild, niederschlags- und sonnenscheinreich.

Im **Februar** hielten die kalten Temperaturen bis zur Monatsmitte an, bevor es milder und wechselhafter wurde. Die vielen Sonnenstunden, die in der ersten Monatshälfte gemessen wurden, führten zu einem sonnenscheinreichen Monat. Insgesamt war der Monat deutlich kälter als normal mit einem ausgeprägten Gradienten zu höheren negativen Anomalien im Süden. Nur im östlichen Teil Deutschlands wurde das Niederschlagssoll erreicht oder überschritten, landesweit war es trockener als normal.

Der **Winter** wurde trotz des kalten und trockenen Februars zu warm und niederschlagsreich, da sowohl der Dezember des zurückliegenden als auch der Januar des aktuellen Jahres deutlich über dem Temperatur- und Niederschlagsmittel lag. Auch die Sonnenscheindauer lag über dem Mittelwert durch die sonnenscheinreichen Monate Januar und Februar (Abb. 3).

Der **März** begann sehr mild, die Temperaturen fielen aber zur Mitte der ersten Monatsdekade. In dieser Phase, zum Ende der zweiten Monatsdekade sowie zum Monatsende wurden Temperaturen unter dem vieljährigen Mittel gemessen, sonst immer darüber. Besonders in der zweiten Monatshälfte wurden viele Sonnenstunden registriert. Insgesamt fiel der Monat sehr mild, sehr trocken und sehr sonnenscheinreich aus.

Der **April** war recht wechselhaft. Zum Ende des Monats stiegen die Temperaturen deutlich über die vieljährigen Mittelwerte. Somit war der Monat etwas zu mild. Trotz des anhaltenden Schauerwetters blieb die Summe der Niederschläge besonders in der Mitte Deutschlands weit unter dem vieljährigen Mittel. Nur in den östlichen Landesteilen wurde die mittlere Sonnenscheindauer überschritten, erreichte aber insgesamt nicht das vieljährige Mittel.

Auch der **Mai** zeigte sich recht wechselhaft. Bis zum Beginn der dritten Monatsdekade schwankte die Temperatur in großer Amplitude um den Mittelwert, bevor sich eine mehrtägige sehr warme Phase einstellte, die aber zum Monatsende im Norden ein jähes Ende fand. Im Durchschnitt war der Monat aber zu warm. Schauer und Gewitter wechselten sich mit trockenen Phasen ab. Trotz am Monatsende in weiten Teilen anhaltendem Regen blieb der Monat zu trocken. Die Sonnenscheindauer lag größtenteils über dem Durchschnitt.

Da alle Frühlingsmonate warm und trocken waren, landete der **Frühling** im Ranking unter den 10.-wärmsten und 10.-trockensten Frühlingsmonaten seit 1881. Nur im Nordosten lag die Sonnenscheindauer etwas unter dem Mittelwert. Insgesamt wurde der Frühling besonders durch den Sonnenscheinüberschuss im März trotz leichter Defizite im April sonnenscheinreich (Abb. 4).

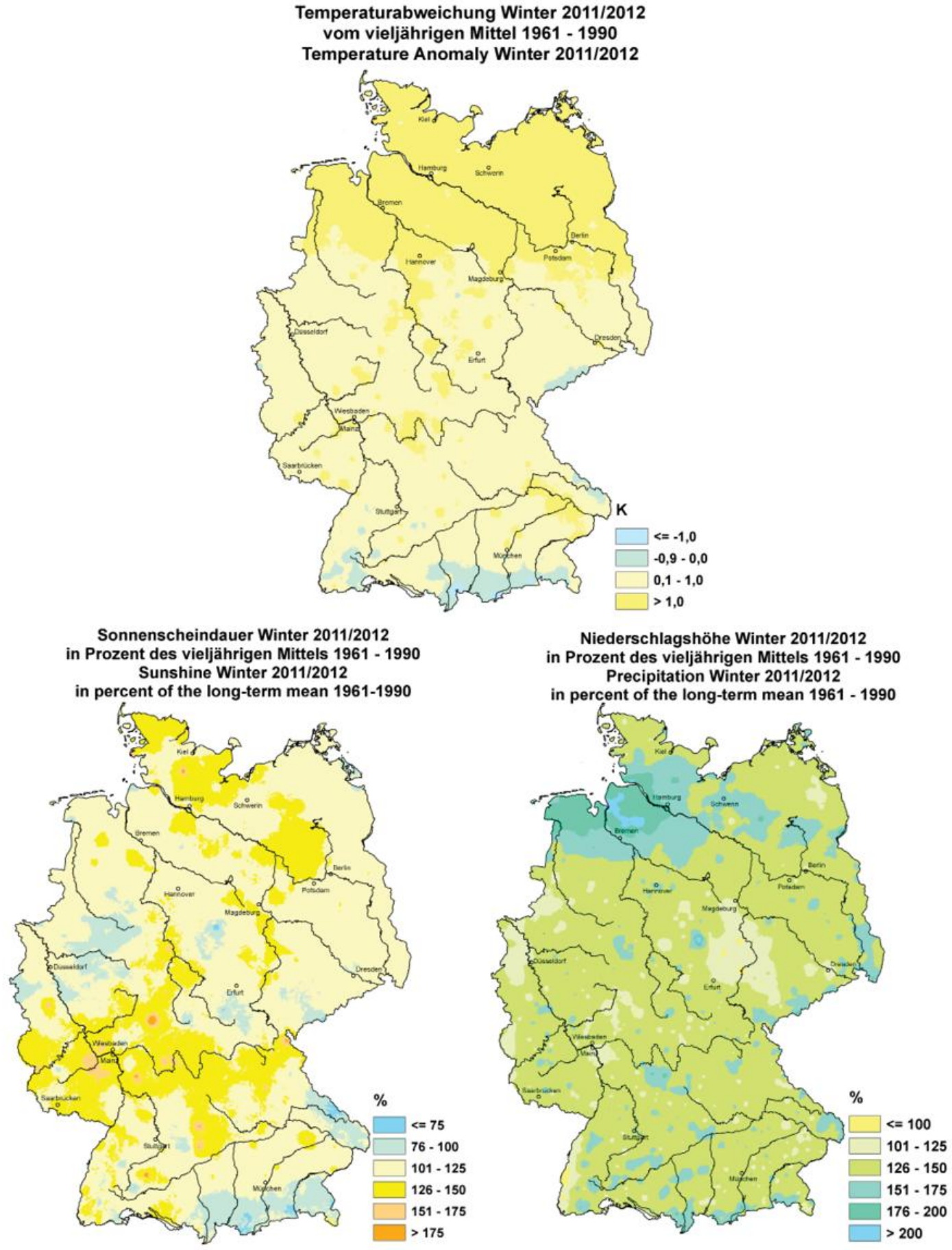


Abb. 3: Abweichung der Jahreszeit Winter des vieljährigen Mittel 1961-1990

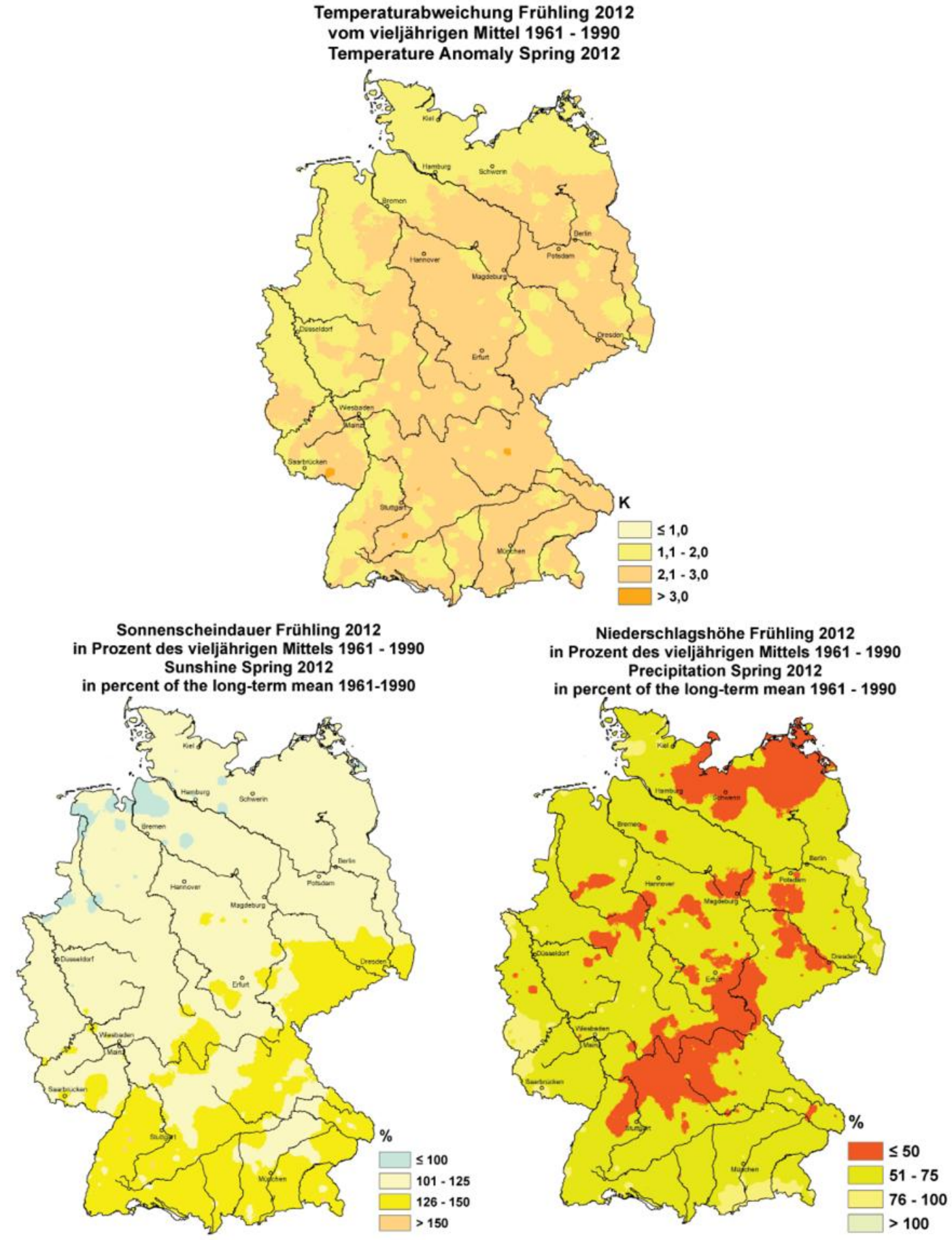


Abb. 4: Abweichung der Jahreszeit Frühling des vieljährigen Mittel 1961-1990

Auch im **Juni** setzte sich die wechselhafte Witterung fort. Tiefausläufer begleitet von Gewittern, Starkregen, Hagel und Sturmböen wechselten mit kurzzeitigem Hochdruckeinfluss. Im Norden zu kühle und im Süden zu warme Temperaturen führten im Mittel zu recht durchschnittlichen Werten. Der Gesamtniederschlag lag über und die Sonnenscheindauer unter dem vieljährigen Mittel, nur südlich der Donau wurden mehr Sonnenstunden registriert.

Die Temperaturen im **Juli** entsprachen etwa dem vieljährigen Mittel, wobei der Südosten etwas zu warm und der Westen etwas zu kalt waren. Die Sonnenscheindauer lag etwas unter dem Mittel. Beim Niederschlag ergab sich ein deutlicher Überschuss, der aber nicht als extrem zu bewerten ist. Besonders in der Mitte der dritten Monatsdekade zeigten sich sommerliche Temperaturen, viel Sonnenschein und geringe Niederschläge.

Der **August** war insgesamt sehr warm, besonders in Süddeutschland wurden überdurchschnittlich hohe Temperaturen gemessen. Ab der Monatsmitte gab es eine länger anhaltende, sehr sommerliche Phase. Trotz vieler Schauer blieb das landesweite Flächenmittel der Niederschlagssumme unter dem vieljährigen Mittel. Vor allem südlich der Donau wurde viel Niederschlag beobachtet. Die Sonnenscheindauer lag größtenteils über dem Durchschnitt.

Besonders der warme August führte dazu, dass der **Sommer** fast überall zu warm ausfiel. Insgesamt war der Sommer zu nass. Trotzdem gab es mit Franken und Teilen Norddeutschlands Gebiete, in denen das Niederschlagssoll nicht erreicht wurde. Die Sonnenscheindauer blieb unter dem vieljährigen Mittel, da besonders Juni und Juli das Soll der Sonnenscheindauer nicht erreichten (Abb. 5).

Der **September** war durchschnittlich warm, dabei schwankten die Temperaturen stark um das vieljährige Mittel. Besonders in der Mitte Deutschlands war der September sonnenscheinreich, so dass auch insgesamt die Sonnenscheindauer über dem vieljährigen Mittel lag. Außerdem war der Monat sehr trocken.

Im **Oktober** lagen die Temperaturen im Mittel unter dem Durchschnitt. Trotz einer sehr warmen Phase im Übergang von der zweiten zur dritten Monatsdekade, brachte der frühe Wintereinbruch zum Monatsende eine negative Bilanz. Insgesamt ergab sich ein leichter Niederschlagsüberschuss, wobei die Verteilung sehr inhomogen war und Gebiete mit deutlich mehr Niederschlag direkt an Gebiete mit einem Niederschlagsdefizit grenzten. Die Anzahl der Sonnenstunden lag über dem Durchschnitt, wobei die Mitte und der Osten von besonders viel Sonnenschein profitierten.

Der **November** war deutlich zu mild. Er begann im Südwesten recht regnerisch. Das Niederschlagssoll konnte aber auf Grund geringer Niederschläge über demn gesamten Nordwesten nicht erreicht werden. Die Sonnenscheindauer lag in Summe geringfügig unter dem Monatsmittel.

Auf Grund des milden Novembers lag die mittlere Temperatur für den **Herbst** etwas über dem Durchschnitt. Auch in Punkto Niederschlag drückte der November der Herbstbilanz seinen Stempel auf, er war in Summe etwas zu trocken. Der trübe November hat den Sonnenstundenüberschuss von September und Oktober zwar etwas geschmälert, der Herbst endete letztlich jedoch mit etwas zu viel Sonnenschein (Abb. 6).

Die Temperaturen im **Dezember** lagen etwas über dem vieljährigen Mittel. War die erste Monatsperiode mit verbreitet unter-/durchschnittlichen Temperaturen gekennzeichnet, lagen die Temperaturen in der zweiten Monatshälfte deutlich im positiven Bereich. Nur im Nordosten wurden Temperaturen unter dem vieljährigen Mittel registriert. Trotz eines deutlichen Niederschlagsüberschusses blieben einige östliche Gebiete unter dem Niederschlagssoll. Die Sonnenscheindauer erreichte nicht ganz das vieljährige Mittel.

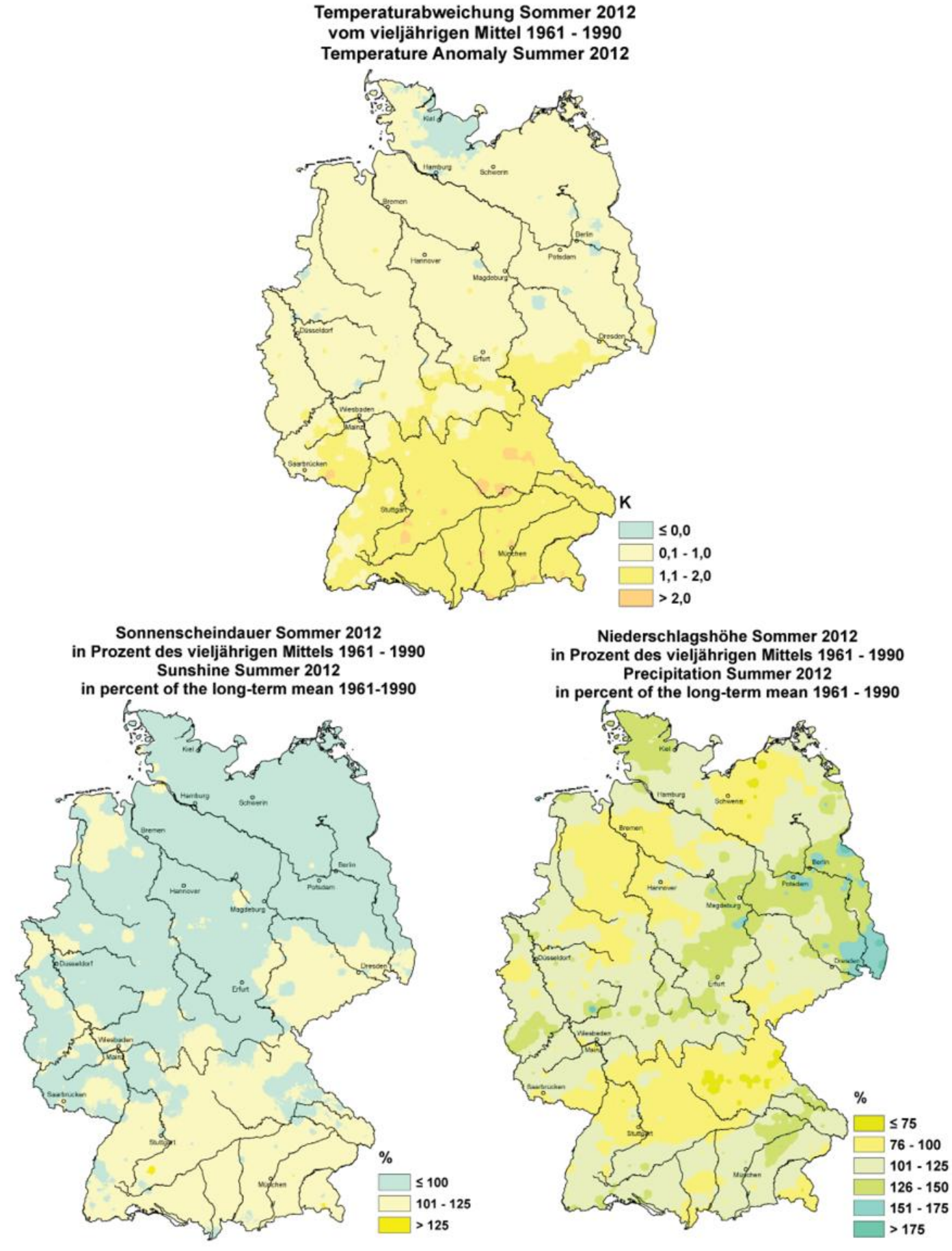


Abb. 5: Abweichung der Jahreszeit Sommer des vieljährigen Mittel 1961-1990

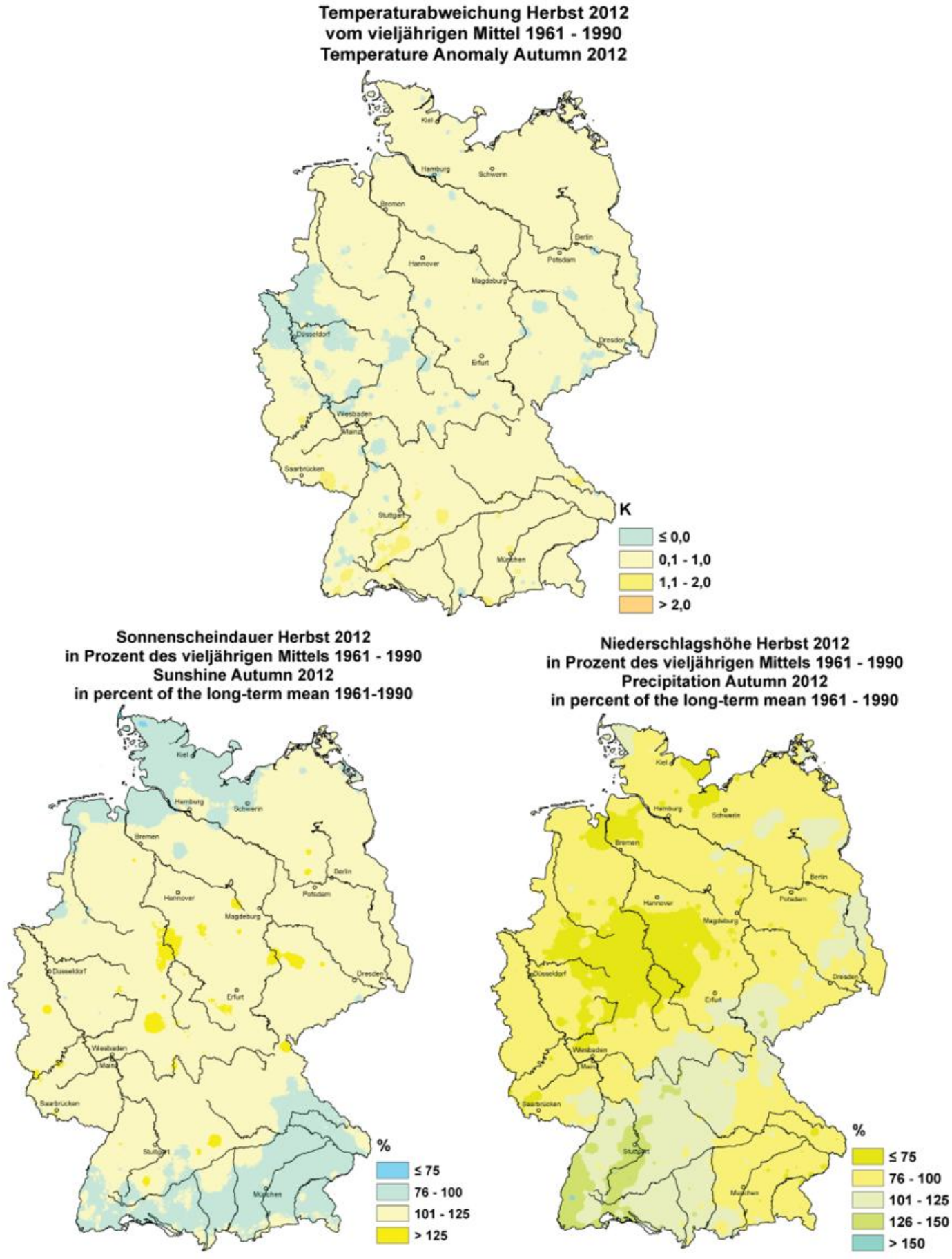


Abb. 6: Abweichung der Jahreszeit Herbst des vieljährigen Mittel 1961-1990

In den Tab. 1-4 sind die Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, sowie die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niedeschlagshöhe, der Sonnenscheindauer für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten, sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung von Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich einige Charakteristika des Jahres wieder. So ist aufgrund der Wärme des Jahres die Zahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0°C) in ganz Deutschland und die Zahl der Eistage (Temperaturmaximum unter 0°C) in den meisten Bundesländern geringer als in der Bezugsperiode 1961-90, während die Anzahl der Sommertage (Temperaturmaximum mindestens 25°C) überall stark erhöht ist. Da der Sommer aber relativ viele wolkenreiche Tage hatte und extreme Hitzeperioden fehlten, lag die Zahl der heißen Tage (Temperaturmaximum mindestens 30°C) nur wenig über dem langjährigen Mittel.

Die Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag (mindestens 10 mm) entsprach wie die gesamte Niederschlagshöhe weitgehend dem langjährigen Mittel. Gleiches gilt im Gebietsmittel von Deutschland auch für die sommerlichen Hagelereignisse. Hier gab es jedoch große regionale Unterschiede. In Baden-Württemberg sowie in den Stadtstaaten Hamburg und Berlin gab es erheblich mehr Hagelfälle, während in Rheinland-Pfalz und im Saarland, in Schleswig-Holstein sowie in Thüringen und Sachsen Hagel deutlich seltener als im Bezugszeitraum war.

	Eistage (Maximum unter 0 °C)		Frosttage (Minimum unter 0 °C)		Sommertage (Maximum mind. 25 °C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30 °C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit Hagel (Mai-September)		Tage mit einer Schneedecke	
Land	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90	2012 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	22,0	107,8	64,7	91,8	23,6	111,3	3,5	114,7	14,8	81,0	2,5	81,6	0,5	77,8	1,0	166,3	30,9	100,4
Bremen	16,1	89,3	57,1	82,7	27,4	134,1	4,4	155,1	17,6	105,7	0,8	28,2	0,0	0,0	0,0	4,2	11,6	43,1
Berlin	26,5	108,9	74,9	92,5	38,2	106,2	11,4	161,9	10,8	91,8	2,1	87,2	0,8	125,4	0,9	86,8	32,4	86,4
Schleswig-Holstein	23,2	109,6	67,0	88,1	13,8	91,6	1,4	92,0	18,7	90,7	3,5	96,2	0,8	110,4	1,5	284,1	31,9	95,3
Niedersachsen	19,3	94,1	62,6	83,3	29,3	131,3	4,5	139,7	16,8	93,1	2,5	74,2	0,3	41,9	0,7	107,9	17,7	55,3
Nordrhein-Westfalen	17,6	102,6	58,2	82,6	31,1	124,2	4,7	117,3	21,9	91,8	4,2	83,4	0,7	51,2	0,3	37,9	15,3	49,4
Rheinland-Pfalz	19,4	89,6	66,0	78,2	37,0	127,7	7,6	152,2	21,4	96,2	3,3	69,1	0,4	32,9	0,7	92,9	23,1	61,7
Saarland	17,0	89,3	62,8	78,2	37,7	126,2	7,3	151,2	28,4	98,9	5,6	81,3	0,2	9,7	0,0	1,3	23,6	78,8
Baden-Württemberg	25,1	93,4	89,0	87,6	45,9	147,7	11,0	232,1	31,2	103,8	7,3	89,2	1,8	66,4	2,2	201,6	44,9	76,6
Hessen	22,6	88,2	76,4	85,1	36,6	132,0	7,1	161,7	20,9	97,8	3,1	68,3	0,7	52,2	1,5	189,8	25,5	57,8
Bayern	30,5	88,6	99,0	87,0	46,4	157,4	9,5	243,6	27,0	95,6	5,9	77,4	1,5	58,2	1,4	126,5	56,3	79,3
Mecklenburg-Vorpommern	25,4	96,5	75,5	91,8	22,5	113,9	4,4	170,2	9,4	74,1	1,5	66,1	0,3	49,1	0,7	92,4	34,2	84,8
Brandenburg	26,4	101,6	81,4	93,7	39,7	114,7	10,7	166,4	10,5	89,8	2,2	97,1	0,7	107,5	1,0	129,2	29,6	75,8
Sachsen-Anhalt	24,5	98,7	76,2	90,3	41,4	130,0	9,6	166,9	11,0	92,3	2,0	79,1	0,5	63,8	1,4	215,8	30,6	80,8
Sachsen	29,4	92,6	87,6	92,6	41,4	132,8	9,8	179,4	17,8	103,0	4,3	109,0	1,2	102,3	1,4	153,5	46,8	84,7
Thüringen	28,0	82,3	86,3	84,7	35,4	138,2	7,5	196,0	18,4	102,6	4,0	106,7	0,6	57,9	2,4	304,2	46,3	80,1
Deutschland	24,5	93,4	78,8	86,9	36,8	134,6	7,6	180,4	20,2	95,4	4,0	82,2	0,9	60,8	1,2	142,5	34,9	74,0

Tab. 1: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatologischen Besonderheiten und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90	2012	Abw. von 1961-90
Hamburg	2,7	2,2	-0,2	-1,3	7,2	3,3	7,8	0,3	13,8	1,4	14,7	-1,0	17,2	0,3	18,0	1,2	13,8	0,1	9,6	-0,3	5,9	0,7	1,7	-0,3	9,6	1,7	16,6	0,1	9,7	0,2	2,4	1,2	9,3	0,5
Bremen	3,3	2,4	0,2	-1,2	7,3	3,3	8,1	0,5	14,1	1,7	14,7	-0,8	17,3	0,4	18,4	1,7	13,8	0,1	9,7	-0,2	6,0	0,7	2,8	0,5	9,8	1,8	16,8	0,4	9,8	0,2	2,8	1,3	9,6	0,7
Berlin	2,0	2,4	-1,7	-2,3	7,6	3,6	9,5	1,1	15,6	1,9	16,4	-0,7	18,7	0,4	18,9	1,1	14,9	0,8	9,3	-0,3	5,6	0,9	0,7	-0,5	10,9	2,2	18,0	0,2	9,9	0,5	1,6	1,2	9,8	0,7
Schleswig-Holstein	2,7	2,4	-0,5	-1,2	6,4	3,3	7,0	0,4	12,8	1,3	13,8	-1,2	16,5	0,2	17,3	1,2	13,4	0,2	9,3	-0,2	5,9	0,9	1,0	-0,8	8,7	1,6	15,9	0,1	9,5	0,3	2,2	1,3	8,8	0,5
Niedersachsen	2,9	2,3	-0,6	-1,7	7,4	3,5	8,1	0,7	14,2	1,9	14,7	-0,7	17,1	0,4	18,3	1,8	13,7	0,2	9,4	-0,2	5,8	0,9	2,6	0,7	9,9	2,0	16,7	0,5	9,6	0,3	2,4	1,2	9,5	0,8
Nordrhein-Westfalen	3,2	2,1	-0,8	-2,6	7,9	3,4	8,2	0,3	14,4	2,0	14,8	-0,6	17,0	0,1	18,7	2,1	13,4	-0,2	9,6	-0,3	6,1	1,0	3,5	1,2	10,2	1,9	16,8	0,5	9,7	0,2	2,4	0,7	9,7	0,7
Rheinland-Pfalz	2,8	2,5	-1,9	-3,0	7,8	3,6	8,1	0,3	14,6	2,4	15,4	0,0	17,2	0,1	18,9	2,3	13,5	0,1	9,0	-0,2	5,4	1,3	2,8	1,5	10,1	2,1	17,2	0,8	9,3	0,4	1,7	0,8	9,5	0,9
Saarland	3,0	2,4	-1,8	-3,4	8,1	3,5	8,2	0,1	14,7	2,2	15,7	0,1	17,3	-0,2	19,2	2,3	13,9	0,2	9,5	0,0	5,7	1,4	3,2	1,6	10,3	1,9	17,4	0,7	9,7	0,5	1,8	0,6	9,7	0,8
Baden-Württemberg	1,7	2,4	-3,7	-4,2	6,9	3,3	8,1	0,7	14,2	2,3	16,5	1,4	17,4	0,3	18,9	2,5	13,6	0,3	8,6	-0,1	5,2	1,7	1,6	1,3	9,7	2,1	17,6	1,4	9,1	0,6	0,5	0,5	9,1	1,0
Hessen	2,1	2,4	-2,4	-2,9	7,3	3,5	8,1	0,6	14,4	2,3	15,1	-0,2	17,1	0,2	18,5	2,1	13,2	-0,1	8,3	-0,5	5,0	1,2	2,2	1,3	9,9	2,2	16,9	0,7	8,8	0,2	1,1	0,8	9,1	0,8
Bayern	0,6	2,5	-4,5	-3,9	6,1	3,3	8,1	1,1	14,0	2,3	16,4	1,5	17,5	0,8	18,4	2,4	13,3	0,4	7,8	-0,3	4,3	1,5	0,5	1,1	9,4	2,2	17,4	1,6	8,5	0,5	-0,5	0,6	8,5	1,1
Mecklenburg-Vorpommern	1,9	2,5	-1,3	-1,3	6,2	3,4	7,6	0,9	13,3	1,5	14,9	-0,5	17,4	0,6	17,7	1,1	13,9	0,5	9,0	-0,2	5,4	0,9	0,2	-1,0	9,0	1,9	16,7	0,4	9,4	0,4	1,6	1,4	8,8	0,7
Brandenburg	1,7	2,5	-2,3	-2,4	7,0	3,5	8,9	1,1	15,0	1,9	15,9	-0,6	18,4	0,5	18,5	1,1	14,5	0,7	8,9	-0,4	5,3	0,9	0,4	-0,5	10,3	2,2	17,6	0,3	9,6	0,4	1,3	1,2	9,3	0,7
Sachsen-Anhalt	2,0	2,3	-2,3	-2,7	7,4	3,7	8,7	1,0	14,9	2,0	15,5	-0,6	18,1	0,5	18,6	1,5	14,4	0,7	9,1	-0,3	5,3	0,9	1,5	0,3	10,3	2,2	17,4	0,5	9,6	0,4	1,4	1,0	9,4	0,8
Sachsen	1,1	2,3	-4,0	-3,8	6,5	3,3	8,4	1,2	14,5	2,2	15,8	0,2	18,0	0,8	18,5	1,7	14,0	0,5	8,2	-0,8	5,0	1,2	0,4	0,1	9,8	2,2	17,4	0,9	9,1	0,3	0,2	0,6	8,9	0,7
Thüringen	1,2	2,5	-3,8	-3,3	6,7	3,8	7,9	1,0	14,1	2,4	15,0	0,1	17,0	0,6	18,2	2,2	13,2	0,4	7,9	-0,5	4,5	1,2	1,1	1,1	9,5	2,4	16,7	1,0	8,6	0,4	0,2	0,8	8,6	1,0
Deutschland	1,9	2,4	-2,5	-2,9	6,9	3,4	8,2	0,8	14,2	2,1	15,5	0,1	17,4	0,5	18,4	1,9	13,6	0,3	8,7	-0,3	5,2	1,2	1,5	0,7	9,8	2,1	17,1	0,8	9,2	0,4	1,1	0,9	9,1	0,8

Tab. 2: Gebietsmittel der Temperatur in °C und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in K

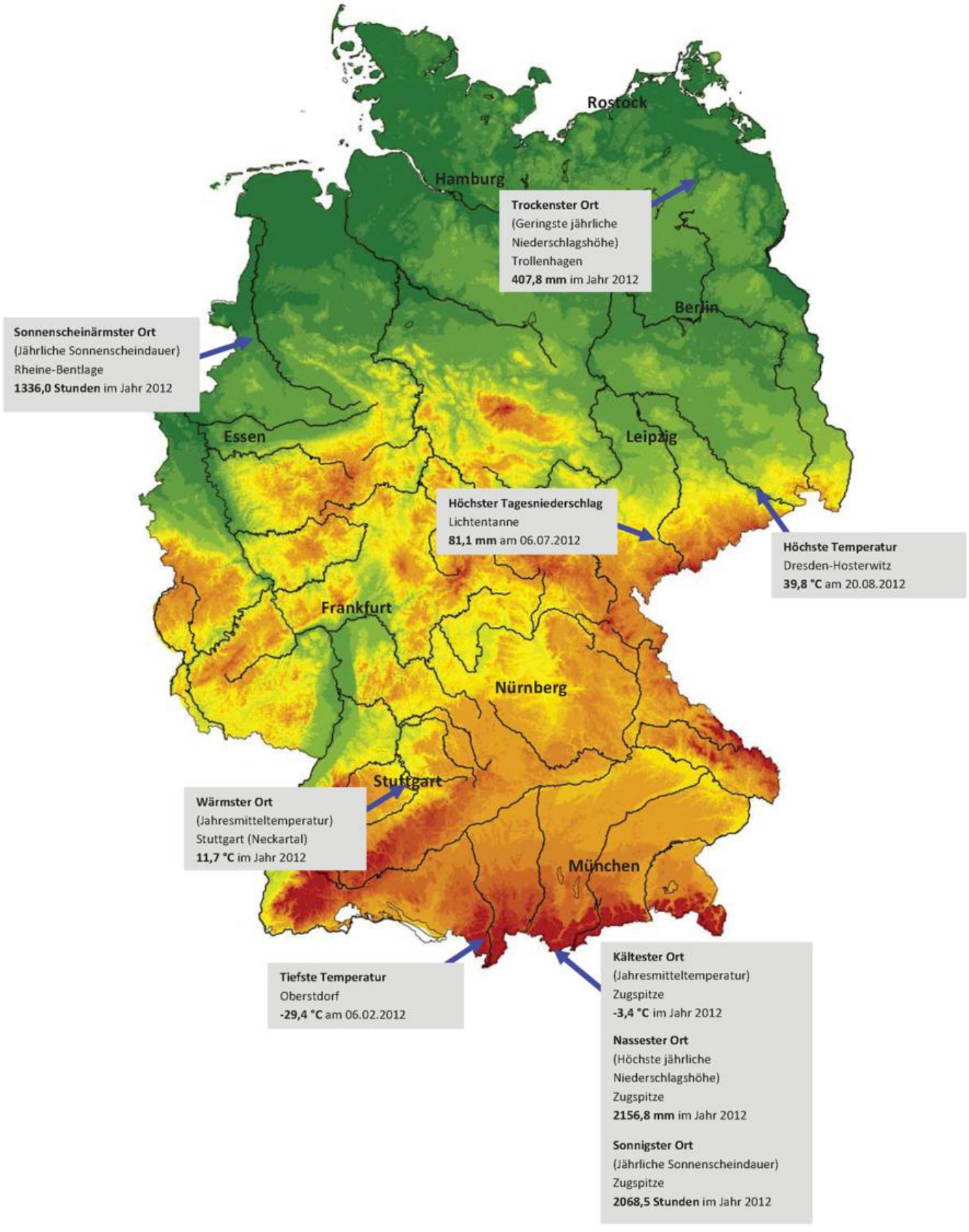
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90	2012 (mm)	Proz. von 1961-90
Hamburg	114,9	187,4	29,1	69,7	10,4	18,9	38,1	76,8	45,4	77,9	70,7	100,6	102,1	132,4	55,3	78,3	60,0	88,1	64,7	107,9	34,8	51,7	85,4	121,4	94,0	57,6	228,1	104,6	159,4	81,6	302,1	173,3	710,8	94,8
Bremen	120,6	203,2	20,0	49,7	12,9	25,4	31,9	66,6	46,5	77,7	62,5	85,4	82,5	109,8	59,2	83,7	43,1	70,3	66,8	114,4	31,8	48,4	83,8	131,1	91,3	57,6	204,2	93,2	141,7	76,4	296,4	180,1	661,6	91,1
Berlin	60,8	143,5	34,9	99,3	9,8	26,5	27,1	67,3	39,3	72,2	82,1	117,5	125,3	235,2	54,7	92,7	30,0	65,9	31,0	88,8	47,6	99,5	43,6	81,7	76,1	57,9	262,1	143,8	108,7	84,6	171,4	131,3	586,2	102,3
Schleswig-Holstein	103,8	161,4	28,2	67,9	10,7	20,4	45,3	92,3	38,6	72,2	90,1	130,6	117,6	146,8	66,8	91,4	77,9	103,4	72,3	98,6	48,0	57,5	100,4	137,1	94,5	61,0	274,5	123,6	198,2	85,4	272,0	151,2	799,7	101,4
Niedersachsen	116,6	188,1	22,0	49,6	13,7	25,1	35,8	68,8	48,6	79,3	71,1	93,0	95,5	131,3	54,1	76,9	43,7	72,8	67,8	121,9	34,5	52,0	91,2	130,3	98,1	58,4	220,6	100,5	146,0	80,2	272,6	153,8	694,4	93,1
Nordrhein-Westfalen	125,7	163,6	25,0	43,5	17,8	25,0	51,5	83,3	50,9	70,8	93,8	111,3	115,4	140,2	43,0	59,0	42,0	62,6	79,2	127,0	39,7	50,8	132,4	150,0	120,2	58,7	252,2	105,3	160,9	77,5	297,3	133,5	816,5	93,4
Rheinland-Pfalz	99,4	149,1	15,4	26,9	13,7	21,5	58,1	101,6	59,2	84,3	109,3	143,4	92,4	128,5	43,0	61,6	43,6	72,8	76,2	120,1	55,2	73,4	120,2	158,0	130,9	68,6	244,8	112,3	175,0	88,1	269,9	135,1	785,6	97,3
Saarland	116,9	136,1	18,4	25,6	18,1	22,8	72,7	114,2	70,1	88,8	117,6	146,3	79,9	110,7	42,1	57,6	49,0	70,5	69,0	90,0	70,6	74,3	164,7	167,3	160,9	72,6	239,6	106,2	188,6	78,2	347,7	136,3	889,0	94,1
Baden-Württemberg	114,0	152,1	21,7	31,9	17,4	24,7	60,2	77,6	66,0	69,1	123,0	115,1	98,4	108,6	83,5	88,5	66,0	94,5	77,4	114,3	119,4	145,7	130,3	158,5	143,6	59,0	304,9	104,4	262,8	119,7	315,6	140,9	977,2	99,7
Hessen	105,2	166,6	16,8	32,3	14,1	23,0	41,9	71,3	63,7	90,3	102,2	127,8	107,7	148,1	44,4	63,8	36,8	64,1	60,4	102,4	48,5	68,0	108,1	139,9	119,7	62,7	254,2	114,4	145,7	77,6	254,8	132,1	749,7	94,5
Bayern	121,3	182,6	28,8	49,7	19,6	31,4	52,0	74,2	67,3	74,4	123,0	110,0	91,9	90,7	112,8	111,4	63,6	88,0	63,0	102,5	72,3	103,5	111,7	148,0	138,8	62,3	327,6	104,2	198,8	97,7	282,8	141,5	927,0	98,6
Mecklenburg-Vorpommern	70,5	155,8	28,0	89,1	9,0	21,8	32,0	76,5	22,7	44,2	56,3	89,8	80,2	122,3	46,3	78,9	39,5	77,6	56,8	135,3	36,3	69,6	56,1	107,8	63,7	47,4	182,8	97,8	132,6	91,5	183,1	140,7	533,6	89,7
Brandenburg	73,9	183,2	31,6	97,1	11,1	30,5	27,8	68,0	37,9	70,5	78,8	122,4	104,7	194,9	42,7	72,8	34,2	76,5	37,3	101,4	49,8	110,7	46,7	93,7	76,9	58,7	226,3	128,0	121,3	96,0	176,8	143,7	576,7	103,5
Sachsen-Anhalt	75,2	194,3	19,0	57,1	7,9	20,0	21,9	50,5	44,6	86,0	79,9	127,2	91,9	176,1	42,1	71,3	27,6	66,3	33,9	95,2	38,2	89,8	58,3	124,9	74,4	55,1	213,9	122,9	99,7	83,3	155,3	130,3	540,4	98,7
Sachsen	97,8	200,3	39,9	93,6	19,0	40,6	31,5	54,9	47,7	71,4	98,1	128,5	115,4	167,6	58,5	75,9	45,0	81,6	31,3	66,3	72,7	139,1	73,1	121,5	98,1	57,4	272,0	122,3	148,9	96,4	213,1	140,3	729,8	104,4
Thüringen	98,6	193,4	19,5	43,9	12,1	23,4	23,9	40,9	54,2	82,4	105,4	134,5	94,9	151,7	48,7	70,3	45,7	89,7	40,1	84,1	56,8	101,0	96,5	151,9	90,2	51,2	249,1	118,5	142,6	92,1	214,7	134,7	696,4	99,5
Deutschland	105,1	172,8	25,0	50,7	14,9	26,3	42,7	73,4	52,8	74,3	97,1	114,7	99,0	127,6	64,7	83,9	49,0	80,1	60,7	108,7	58,5	88,1	98,0	139,5	110,5	59,4	260,8	108,9	168,2	91,7	254,2	140,7	767,5	97,3

Tab. 3: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe in mm und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90	2012 (Std.)	Proz. von 1961-90
Hamburg	56,1	144,6	86,3	134,8	126,7	125,8	127,3	81,3	227,4	106,6	150,3	74,3	196,2	97,4	219,4	109,2	130,3	93,8	111,1	115,0	46,0	93,6	30,1	95,9	481,3	102,3	565,9	91,5	287,4	101,0	165,8	124,0	1506,9	100,0
Bremen	50,9	129,8	80,4	119,0	124,9	123,1	126,6	81,8	213,6	104,0	147,7	76,1	208,6	108,6	218,9	113,3	130,0	96,0	102,3	105,0	54,0	106,6	28,8	86,2	465,2	100,8	575,2	97,7	286,3	100,9	156,1	111,7	1486,8	100,8
Berlin	52,5	123,6	98,4	139,7	166,0	137,8	162,4	100,8	242,2	107,4	165,9	77,6	211,6	94,7	239,1	111,6	192,4	123,3	136,2	124,7	42,3	84,3	33,9	97,1	570,6	112,5	616,6	92,8	370,8	117,6	173,1	117,5	1742,8	106,6
Schleswig-Holstein	59,1	150,3	87,4	135,0	129,8	124,2	140,3	85,3	241,1	108,2	157,3	74,8	209,7	100,0	229,1	108,9	122,3	85,4	103,7	105,9	42,0	83,4	33,8	97,8	511,2	103,9	596,1	92,4	268,0	91,9	173,8	125,7	1555,6	99,3
Niedersachsen	50,9	132,8	82,7	125,5	136,8	133,9	127,5	84,2	219,4	108,9	142,1	74,5	198,2	103,6	217,7	113,6	140,4	104,1	112,1	113,7	51,7	106,0	29,0	92,3	483,7	106,3	558,1	95,7	304,2	107,8	157,2	116,2	1508,5	103,6
Nordrhein-Westfalen	51,4	123,4	85,5	118,1	150,1	145,4	120,1	81,2	206,4	108,7	129,8	72,2	186,7	99,7	223,2	122,2	144,6	107,1	120,9	113,2	54,3	103,3	27,2	73,6	476,5	108,1	539,7	97,5	319,8	108,6	159,3	105,6	1500,1	104,2
Rheinland-Pfalz	49,1	121,2	115,4	158,0	176,6	160,0	137,7	91,0	226,4	118,3	148,9	78,7	200,2	95,5	238,4	123,3	185,0	122,7	120,0	114,6	39,4	74,7	35,6	93,4	540,6	119,4	587,5	98,8	344,3	111,7	190,9	125,8	1672,5	111,0
Saarland	45,8	116,0	129,2	170,3	193,7	170,3	137,5	88,7	234,7	118,1	156,6	78,1	205,6	91,0	240,4	119,2	194,7	123,3	120,1	113,1	33,2	62,2	37,7	95,1	566,0	121,1	602,6	95,5	348,0	109,6	196,8	127,1	1729,3	110,1
Baden-Württemberg	56,3	115,4	112,8	148,0	208,2	177,9	137,6	91,3	247,5	130,8	199,0	100,9	209,1	91,4	254,8	123,7	187,2	112,7	115,8	99,2	56,9	92,6	47,1	105,8	593,3	129,8	662,9	104,2	360,0	104,5	200,0	118,0	1832,2	114,0
Hessen	50,8	142,1	102,6	148,6	169,8	159,1	137,6	90,8	228,6	118,0	144,7	77,4	189,8	93,0	234,2	123,3	176,3	124,0	117,8	118,4	35,0	81,0	24,8	78,2	536,1	118,6	568,6	97,1	329,1	115,5	171,2	125,5	1612,1	110,5
Bayern	58,1	117,1	105,2	135,2	182,5	153,4	156,2	101,7	252,6	130,5	197,6	102,4	199,0	90,0	249,7	123,5	178,5	111,3	113,2	96,0	52,6	92,4	45,6	104,3	591,3	126,9	646,3	103,7	344,3	102,7	191,0	111,7	1790,8	112,2
Mecklenburg-Vorpommern	61,0	149,2	85,9	127,6	152,7	134,5	156,4	93,5	253,6	107,7	166,4	76,2	202,4	90,9	222,2	102,3	158,9	103,0	127,7	121,8	42,7	81,5	28,8	78,9	562,7	109,0	591,0	87,4	329,3	105,7	170,8	118,6	1658,6	100,6
Brandenburg	51,9	118,7	99,0	140,8	164,8	137,4	166,7	102,5	251,1	111,9	169,1	79,9	209,0	93,6	234,7	110,1	188,9	121,3	133,1	121,5	47,5	94,1	34,8	96,0	582,7	115,0	612,7	92,6	369,4	117,0	178,6	119,3	1750,4	107,1
Sachsen-Anhalt	50,4	118,8	98,4	145,4	157,6	144,1	143,7	94,5	244,3	118,5	153,6	78,2	201,5	97,4	227,6	114,8	179,4	124,8	128,1	122,9	49,3	97,6	34,0	95,7	545,6	116,7	582,6	95,5	356,9	119,5	179,7	123,6	1668,0	109,6
Sachsen	46,9	94,7	96,4	137,2	170,7	155,6	160,7	107,5	256,2	127,5	171,3	90,0	205,5	98,0	236,5	119,0	190,4	128,8	125,1	106,1	52,9	98,8	46,9	114,5	587,7	127,7	613,3	100,7	368,4	115,4	178,3	111,0	1759,6	113,6
Thüringen	49,9	116,9	90,9	131,8	167,8	159,0	137,0	92,9	237,5	121,6	153,9	84,2	186,0	90,6	228,5	118,8	182,9	127,7	123,4	115,3	44,3	91,2	31,7	87,9	542,3	121,0	568,4	96,1	350,6	117,3	164,1	111,0	1633,8	109,9
Deutschland	53,6	123,0	97,6	134,5	166,3	150,4	143,6	94,3	238,7	122,0	165,6	86,4	199,8	95,7	234,9	119,3	169,4	113,4	118,9	109,6	49,0	91,7	36,2	94,0	548,6	119,6	600,2	99,4	337,3	108,3	177,6	115,0	1673,5	109,5

Tab. 4: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Stunden und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2012

Die Einstrahlungsverhältnisse zeigten sich zu Beginn des Jahres räumlich recht uneinheitlich. In Schleswig-Holstein bedeutete eine monatliche Globalstrahlungssumme zwischen 16 kWh/m² und 20 kWh/m² eine positive Abweichung von gut 10 % vom vieljährigen Mittelwert 1981–2010, in anderen Regionen Deutschlands waren 21 kWh/m² (Raum Dresden) mit einem Minus von 16 % verbunden. Das Flächenmittel für Deutschland fiel im Januar mit 22 kWh/m² im Vergleich zum Durchschnittswert mit 96 % leicht negativ aus. In den Folge wiesen die Monate Februar (+13 %), März (+20 %) und der Mai (+12 %) sowie August (+11 %), September (+11 %) und Oktober (+4 %) und dann wieder zum Jahresende der Dezember (+ 6%) positive Abweichungen zu den Mittelwerten auf (immer bezogen das deutschlandweite Flächenmittel). Die höchste Monatssumme wurde mit 171 kWh/m² im Mai festgestellt. Die größte negative Abweichung vom Erwartungswert war im Juni gegeben. In den restlichen Monaten April, Juli und November lag die negative Anomalie bei -3 bis -4 %.

In der Summe erwies sich das Einstrahlungsjahr durchweg positiv. Es gab nur sehr begrenzte Gegenden in Deutschland (südliches Schleswig-Holstein/Hamburg, nördliches Mittelgebirge), wo die Jahresbilanz mit einem Minus endete. Allerdings waren die Abweichungen mit bis zu -3 % auch dort eher verhalten. Sonst wurde der Erwartungswert erreicht bzw. in vielen Regionen (Ost- und Süddeutschland) auch deutlich übertroffen (bis +12 %). Die über Deutschland gemittelte Jahressumme von 1096 kWh/m² (Abb. 1) bedeutet eine positive Abweichung von 3,9 %. So steht 2012 in einer langen Reihe hintereinander liegender Jahre (9) mit positiven Abweichungen vom vieljährigen Durchschnittswert.

Jahressummen 2012

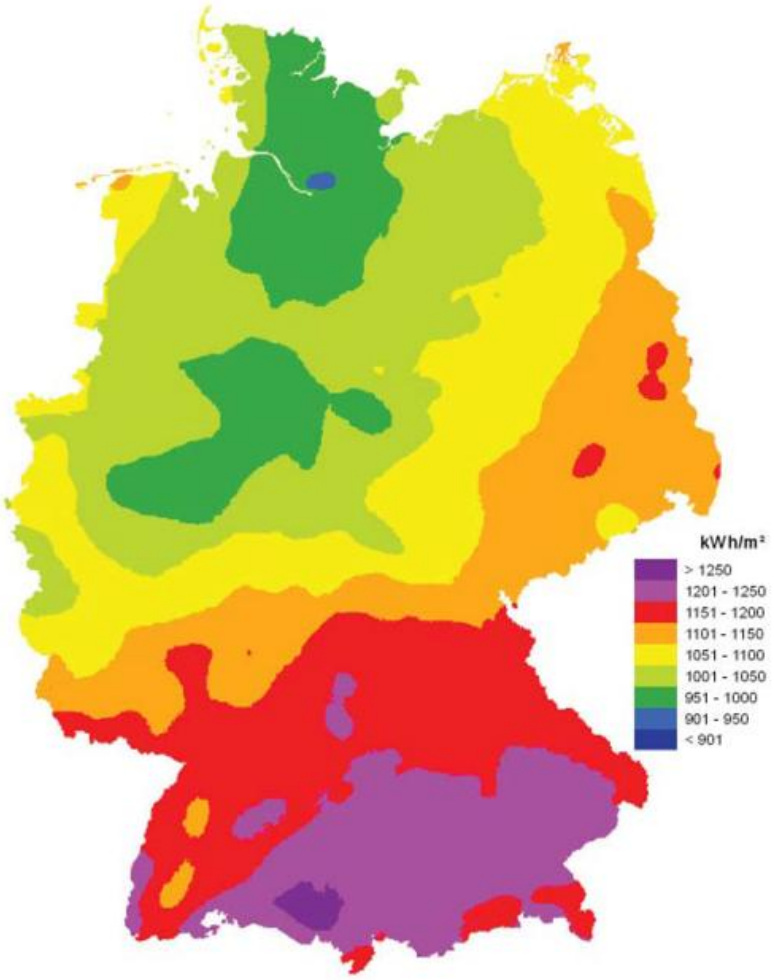


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2012

Die Witterung im Jahr 2012 in den deutschen Küstengebieten

C. Lefebvre

Ähnlich wie das Vorjahr, fiel das Jahr 2012 zu mild aus. Die Jahresmitteltemperaturen bewegten sich westlich der Elbe zwischen 9,1 und 9,7°C (Helgoland) und im übrigen Küstenraum zwischen 8,5°C (Kap Arkona) und 9,0°C. Sie lagen damit um rund 0,7 K über den Mittelwerten von 1961-1990.

Das leicht überdurchschnittliche Temperaturniveau ging mit einer geringeren Anzahl an Frosttagen (Minimumtemperatur unter 0°C) und Eistagen (Maximumtemperatur unter 0°C) einher als im Mittel von 1961 bis 1990. Die Zahl der Frosttage lag an der Nordsee meist zwischen 41 und 52 (auf Helgoland und den Ostfriesischen Inseln um 25), an der Ostsee zwischen 44 und 70 (am Kleinen Haff 82). Das waren 12 bis 22 Tage weniger als im Durchschnitt. Dabei trat Frost von Januar bis April und von Oktober bis Dezember auf. Dauerfrost (Eistage) trat an der Nordsee an 10 bis 19 Tagen, an der Ostsee an 17 bis 27 Tagen auf. Das waren 1 bis 3 Tage weniger als gewöhnlich. Die Anzahl der Sommertage (Maximumtemperatur mindestens 25°C) lag mit Ausnahme von Helgoland zwischen 5 und 19 und damit im Bereich der Mittelwerte, ebenso wie die Zahl der heißen Tage (Maximumtemperatur mindestens 30°C) mit meist 1 oder 2, in Greifswald 4.

Der Jahresgang der Temperatur im Jahr 2012 war nur geringfügig ausgeprägter als im Jahr 2011 und im vieljährigen Mittel, wie in Abb. 1 am Beispiel von Helgoland und Arkona zu sehen ist.

Das Jahr legte mit Höchsttemperaturen bis zu 11°C am Neujahrstag teilweise den mildesten Start seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen hin. In der letzten Januarwoche erfasste dann mit Zufuhr russischer Kaltluft eine massive Kältewelle große Teile Europas, die bis Mitte Februar anhielt. Der Februar fiel um 1 bis 2 K zu kalt aus, und die Anzahl der Eistage war doppelt so hoch wie üblich. Im März schritt dann die jahreszeitliche Erwärmung wesentlich schneller voran als üblich, so dass die Monatsmitteltemperaturen um etwa 2,0 bis 3,5 K über dem Mittel der Referenzperiode 1961-1990 lagen. Der April fiel typisch wechselhaft und 0,5 bis 1 K zu mild aus. Im Mai gab es pünktlich zu den Eisheiligen (11.-15. Mai) einen Kaltlufteinbruch. Die Zufuhr von Meeresluft polaren Ursprungs löste einen Temperatursturz von rund 10 K aus, wodurch die Tageshöchsttemperaturen am 12. meist nur noch bei 10 bis 12°C lagen. An der Ostsee trat in den Folgenächten gebietsweise wieder leichter Frost in Bodennähe auf. Im letzten Maidrittel wurden dann aber die ersten Sommertage verzeichnet, so dass der Monat insgesamt um 1 bis 2 K zu warm ausfiel. Juni und Juli zeigten einen wechselhaften Witterungscharakter, wobei der Juni um bis zu 1 K zu kühl und der Juli geringfügig wärmer ausfiel als im Mittel. Der August wurde durch vorherrschenden Hochdruckeinfluss geprägt. Er war um 1 bis 2 K wärmer als gewöhnlich. Die höchsten Temperaturen wurden gegen Ende der zweiten Monatsdekade erreicht, als mit einer südlichen Strömung mediterrane Luftmassen herangeführt wurden und die Sonne mehr als 10 Stunden lang schien. Am meist wärmsten Tag des Jahres, dem 19. August, erreichten die Höchsttemperaturen – mit Ausnahme der Hochseeinsel Helgoland – zwischen 27 und 35°C. Sommerlich geprägt war auch noch das erste Septemberdrittel. Danach wurde es zwar herbstlich kühl und stürmisch, aber dennoch war der September um 0,5 bis 1 K wärmer als im vieljährigen Mittel. Im Oktober lagen die Monatsmitteltemperaturen im Bereich der Durchschnittswerte oder leicht darunter. Nach einem Kaltlufteinbruch am 26. gab es vorübergehend Frost in Bodennähe und ersten Luftfrost. Der Herbst verabschiedete sich mit einem um knapp 0,5 bis 1 K zu warmen November, in dem es kaum Nachtfrost gab. Der Dezember begann winterlich mit Kälte und Schnee. Er fiel westlich der Elbmündung geringfügig zu mild, sonst um bis zu 1,5 K zu kalt aus. Die Zahl der Tage mit Dauerfrost lag östlich der Elbe meist um 3 bis 5 Tage über dem Durchschnitt.

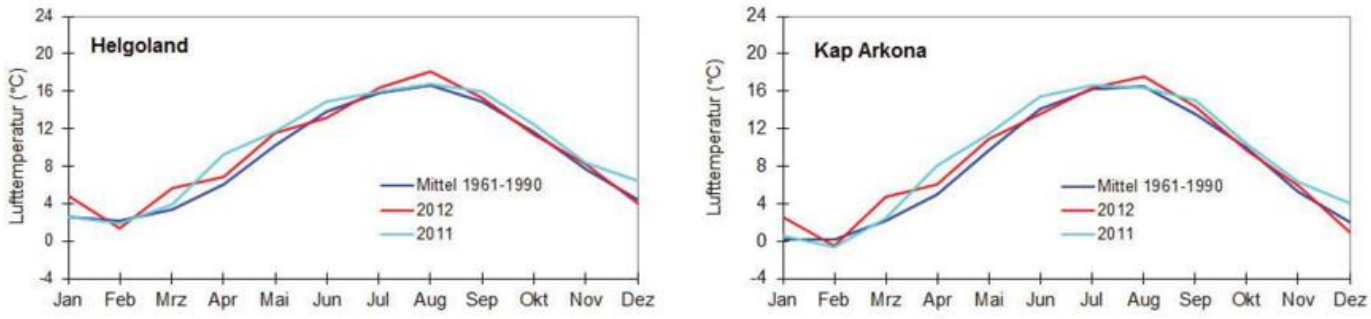


Abb. 1: Jahresgang der Monatsmitteltemperatur

Die ohnehin schon deutlichen Niederschlagsunterschiede zwischen Nord- und Ostsee waren 2012 noch verstärkt (Abb. 2). Denn im ohnehin niederschlagsreicheren Nordseeraum fiel verbreitet bis zu rund 20 % mehr Niederschlag als im Mittel der Jahre 1961-1990, während im trockeneren Ostseeraum bis zu 15 % weniger fiel. Den meisten Niederschlag verzeichnete der Raum Halbinsel Eiderstedt / Nordfriesland (St. Peter Ording 989 mm). Im übrigen Nordseeraum und an der nördlichen Ostseeküste Schleswig-Holsteins fielen meist zwischen 730 und 850 mm, während an der übrigen deutschen Ostsee verbreitet 530 bis 580 mm verzeichnet wurden, zwischen Boltenhagen und Rügen und auf Fehmarn jedoch nur rund 470 bis 490 mm. Dabei lag die Anzahl der Niederschlagstage mit mehr als 1 mm an der Nordsee mit meist 130 bis 145 um bis zu 10 Tage (in St. Peter Ording mit 156 Tagen sogar um 21 Tage) über dem Durchschnitt. An der Ostsee gab es rund 100 bis 120 solcher Niederschlagstage, was im Bereich der vieljährigen Mittel lag. Passend dazu lag die Anzahl der Tage mit Starkniederschlägen (über 10 mm) an der Nordsee um 1 bis 6 Tage über und an der Ostsee um 2 bis 7 Tage unter dem Durchschnitt.
Auf einen niederschlagsreichen Januar, an dem an der niedersächsischen Nordsee bis um das Doppelte des gewöhnlichen Niederschlags fiel, folgte mit 10 bis 30 mm ein vielfach zu trockener Februar. Noch trockener war der März mit Niederschlagshöhen zwischen 5 und 20 mm. An der Ostsee war er der trockenste März seit Aufzeichnungsbeginn 1947, an der Nordsee war der März 1996 mit nicht einmal 10 mm noch trockener. Im April gab es regionale Unterschiede mit Defiziten als auch Überschüssen bis zu 30 %, bevor der Mai vor allem an der Ostsee deutlich zu trocken ausfiel. Juni und Juli waren verbreitet zu nass. Teilweise fiel bis zum Doppelten der Mittelwerte. Aber es gab auch Gebiete, in denen es zu trocken war. Ein hohes Aufkommen an Gewittern, aber auch das Tief KATARZYNA am 24. Juni lösten Tagesniederschläge bis um 30 mm, vereinzelt auch bis zu 50 mm aus, was zu lokalen Überschwemmungen führte. Im August wie auch im September lag das Niederschlagsaufkommen an der Nordsee fast durchweg über dem Durchschnitt, während es an der Ostsee meist Defizite gab, im September sogar bis zu 60 %. Der Oktober brachte vielfach leicht überdurchschnittliche Niederschläge. Nur im Bereich der Weser- und Elbemündung und an der westlichen Ostsee war es zu trocken. Der Herbst endete mit einem zu trockenen November, der Defizite von 20 bis 50 % brachte, während der Dezember wieder überwiegend zu nass ausfiel.

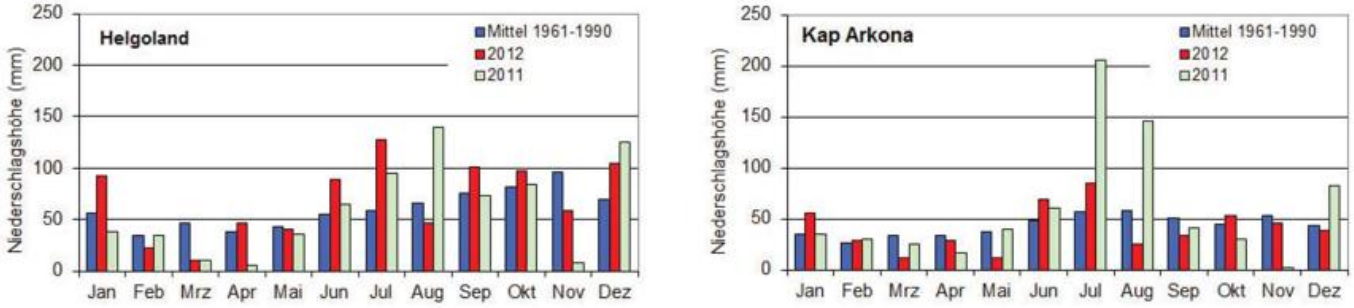


Abb. 2: Jahresgang des Niederschlags

Mit Beginn der kalten Witterungsphase in der letzten Januarwoche gingen die Niederschläge in Schnee über. Ende Januar lag eine geschlossene Schneedecke von überwiegend 2 bis 3 cm, die auf rund 10 cm im Februar anwuchs, bevor sie in der 2. Monatshälfte rasch wieder abschmolz. Im Dezember gab es vor allem in der 1. Monatshälfte Schneefälle, die durchweg zu einer geschlossenen Schneedecke führten. Regional wurden dabei maximale Schneehöhen zwischen 10 und 20 cm gemessen, an der Ostsee auch bis um 30 cm. Nach Monatsmitte taute der Schnee dann zunehmend ab, bevor am 21. erneuter Schneefall aufkam. Die Schneedecke hielt sich aber nicht über die gesamten Weihnachtsfeiertage.

Die Sonnenscheindauer im deutschen Küstenraum bewegte sich zwischen 1462 Std. in Cuxhaven und 1923 Std. am Kap Arkona. Verbreitet schien die Sonne um bis zu 10 % mehr als im Mittel der Jahre 1961-1990, aber in einigen Gebieten, wie zwischen Weser und Elbe, im nördlichen Nordfriesland, an der westlichen Ostsee und östlich von Rügen wurden die Mittelwerte um bis zu 10 % verfehlt. Wie Abb. 3 zu entnehmen ist, war der Jahresbeginn (Januar bis März) deutlich sonnenscheinreicher als gewöhnlich. An der Ostsee schien die Sonne im Januar mit rund 60 bis 80 Stunden teilweise doppelt so lange wie im Mittel. Dagegen fiel der Juni nicht nur mit seiner Kälte, sondern auch mit seiner Sonnenscheinarmut auf. Er verbuchte mit 140 bis 210 Stunden Defizite von 15 bis 40 %. Sonnenscheinreich war dagegen der August mit 205 bis 260 Sonnenstunden und einem Plus von bis zu 20 %. Der Juli war überdurchschnittlich sonnig an der Nordsee, der Oktober an der Ostsee. September und November brachten bei regionalen Ausnahmen meist weniger Sonne als im Mittel. Das Jahr endete mit einem überwiegend sonnenscheinarmen Dezember, in dem die Mittelwerte mit 20 bis 40 Sonnenstunden um bis zu 45 % unterschritten wurden.

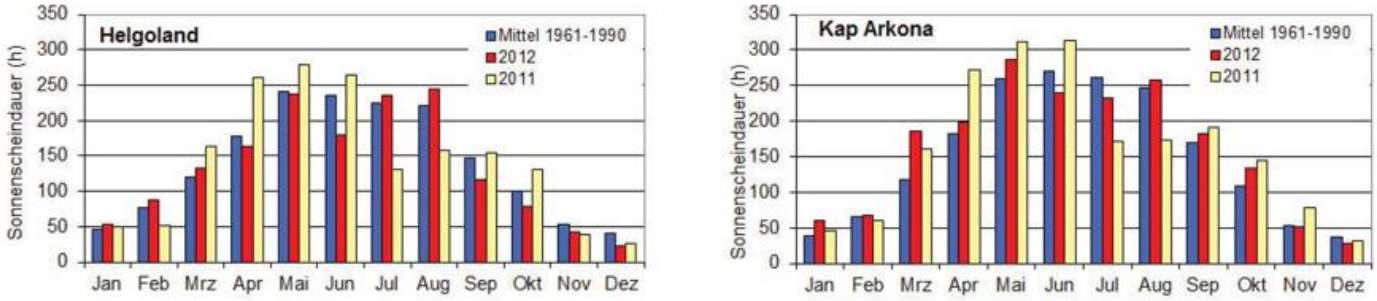


Abb. 3: Jahresgang der monatlichen Sonnenscheindauer

Der Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur in der westlichen Ostsee in Abb. 4 zeigt, wie der Kälteeinbruch in der letzten Januarwoche zu einem raschen Rückgang der Wassertemperaturen führte. Die Mittelwerte der 10-jährigen Periode von 1997 bis 2006 wurden um bis zu 3 K unterschritten. Durch die frostige Witterung kam es vom 26. an zunächst in geschützt liegenden und flachen inneren Gewässern, später in den Häfen der Ostsee und am 31. an der nordfriesischen Küste zur Eisbildung. Bis Mitte Februar wuchs das Eis bis zu einer Dicke von 30 cm an, was die Behinderung der Schifffahrt zur Folge hatte. Mildere Temperaturen leiteten nachfolgend die Eisschmelze ein, wodurch es am Monatsende weitestgehend eisfrei war. Im März bewirkte das überdurchschnittliche Temperaturniveau eine raschere Erwärmung der Gewässer als üblich. Im April und Mai lagen die Wassertemperaturen dann wieder im Bereich der vieljährigen Mittel, wobei die sommerliche Witterung Ende Mai die weitere Erwärmung deutlich förderte, die kühle Juniwitterung diese aber im Folgenden beträchtlich verzögerte, so dass die Wasseroberflächentemperaturen im Juni um 1 K niedriger ausfielen als im Mittel 1997-2006. Im Juli und anfangs auch im August blieben diese leicht unter dem Durchschnitt. Erst die hochsommerliche Witterung Mitte August sorgte für eine deutliche Erwärmung auf leicht überdurchschnittliche Werte, die bis in den September hinein bestehen blieben. Danach bewegten sich die Wassertemperaturen im Bereich der Mittelwerte, im frostarmen November auch um bis zu 1 K darüber. Dauerfrost führte nach Dezemberbeginn zu einer raschen Abkühlung und zur Eisbildung in Häfen, flachen und geschützt liegenden Gewässern entlang der Ostsee und der nordfriesischen Küste. Die Eisdicke erreichte vielfach bis zu 5 cm, in den östlichen Gebieten der Ostsee, wie am Kleinen Haff, bis zu 10 cm. Durch die einsetzende Milderung, schmolz das Eis, womit die Nordseeküste Ende der zweiten Monatsdekade und die Ostsee in der letzten Dezemberwoche wieder eisfrei wurde.

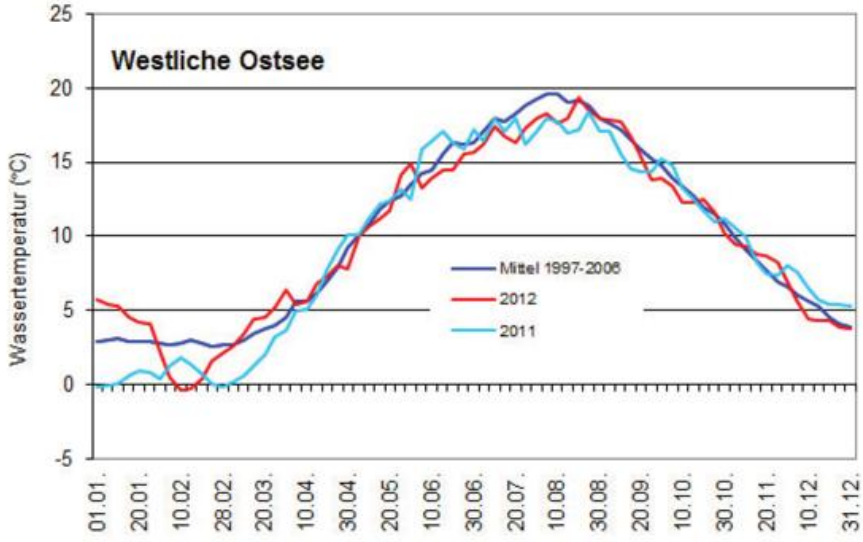


Abb. 4 : Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur

Das Windaufkommen war 2012 ähnlich hoch wie im Vorjahr. Wie Abb. 5 zeigt, betrug das Jahresmittel des geostrophischen Windes* über der Deutschen Bucht 11,2 m/s (2011: 11,1 m/s), was 40 km/h entspricht. Es blieb damit weiterhin geringfügig unter dem 120-jährigen Mittel von 1880 bis 2009, das 11,6 m/s (41,8 km/h) beträgt. An 2 % der Tage lag die Windgeschwindigkeit über 27,8 m/s (100 km/h) und blieb damit ebenfalls knapp unterhalb des Mittelwertes der 98 % Perzentile.

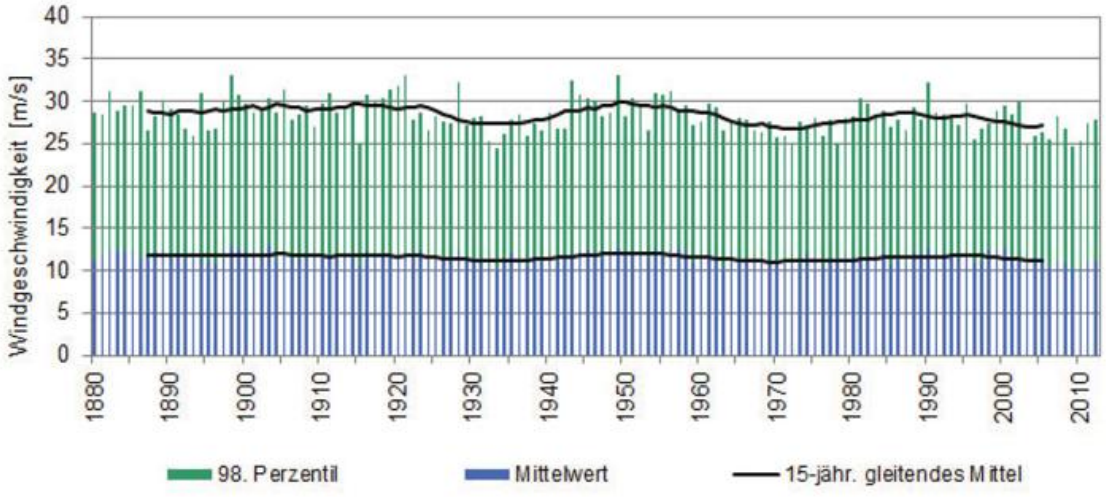


Abb. 5: Jahresmittel und 98 % Perzentile des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

Das Jahr begann mit einem stürmischen Januar. Sturm- und Orkantiefs zogen im Monatsverlauf über den Norden Europas und lösten in Küstengebieten verbreitet Sturmböen der Stärke Bft 9 bis 10, vereinzelt auch Bft 11, aus. Am 5. sorgte der Durchzug des Tiefs ANDREA auf den Nordseeinseln für Böen bis Orkanstärke (Bft 12) und eine leichte bis mittlere Sturmflut mit Wasserständen bis zu 1,40 m über dem mittleren Wasserstand am 6. Januar an der Ostsee. Auch in der 2. Februarhälfte traten vermehrt stürmische Winde auf, die in exponierten Lagen mit Böen bis Bft 10 oder 11 verbunden waren. Nachdem im Januar und Februar Winde aus westlichen Richtungen (SW bis NW) zu 60 % der Zeit wehten, hatten sie im März sogar einen Anteil von rund 70 %, was gegenüber dem vieljährigen Mittel eine Steigerung um 20 bis 25 % bedeutet (Abb. 6). Im Mai ging der Kaltlufteinbruch zu den Eisheiligen mit stürmischen Winden aus nördlichen Richtungen einher. Südliche Winde, die zu 40 bis 50 % der Zeit wehten, dominierten im Juni und Juli das Windaufkommen. In den Sommermonaten lösten vor allem Gewitter stürmische Böen aus. Diese erreichten z.B. am 18. Juni bis zu 56 Knoten, was Bft 11 entspricht. Aber auch sommerliche Tiefdruckgebiete bewirkten an der Nordsee Sturmböen, die vereinzelt Bft 10 entsprachen. Diese schweren Sturmböen wurden auch in den folgenden Monaten immer mal wieder verzeichnet. Dabei war im September der Anteil an Winden aus westlichen Richtungen (Südwest bis Nordwest) überdurchschnittlich hoch. Sie wehten zu 75 % der Zeit (Abb. 6). Der November zeichnete sich durch einen Anstieg der Häufigkeit der ohnehin schon vorherrschenden südlichen Winde um 20 % aus. Kräftig waren sie in der ersten und letzten Monatsdekade vor allem an der Nordsee. Auf den Nordseeinseln löste das Sturmtief FRANZISKA am 25. sogar orkanartige Böen (Bft 11) aus. Im Dezember kamen die Winde zu mehr als der Hälfte der Zeit aus Ost bis Süd, während im vieljährigen Mittel Winde aus westlichen Richtungen (SW bis NW) solch einen hohen Anteil haben. Winde aus diesen Richtungen wehten aber nur zu einem Drittel der Zeit. Sturmböen bis hin zu schweren Sturmböen traten insbesondere um Weihnachten auf.

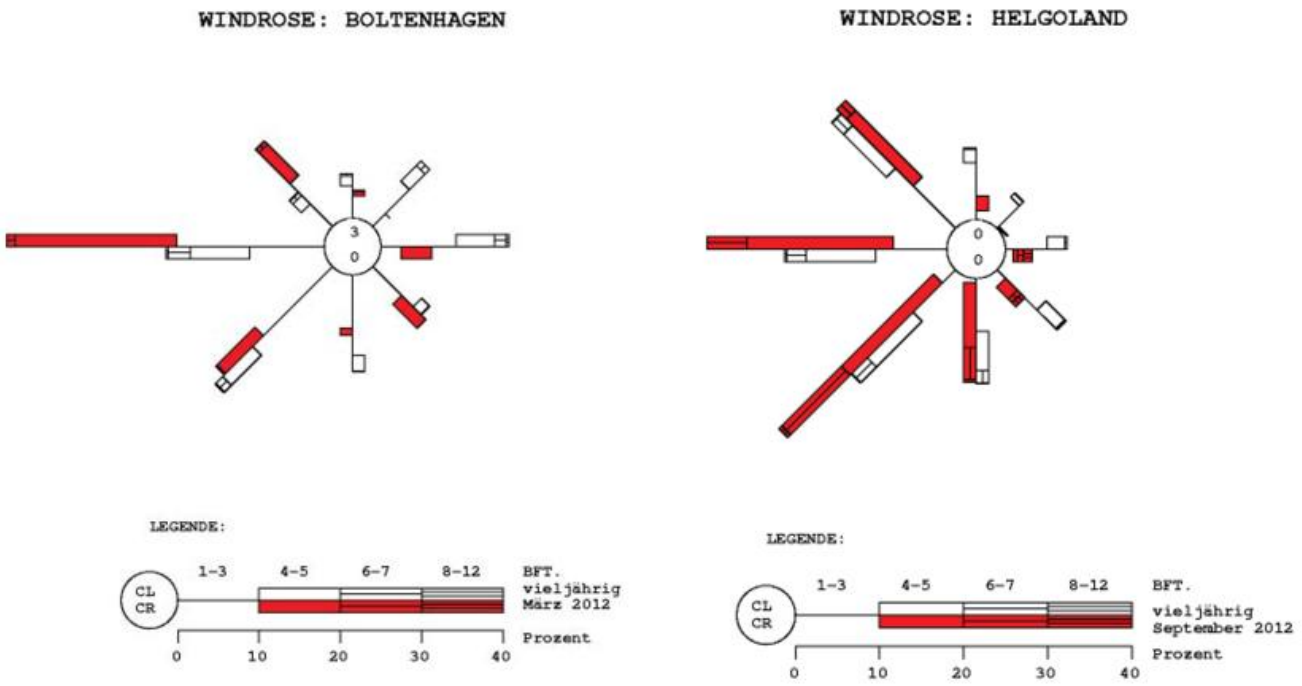


Abb. 6: Windverteilungen an der Station Boltenhagen im März und auf Helgoland im September 2012 (rot) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2012)

*Geostrophischer Wind: Der geostrophische Wind ist dem horizontalen Gradienten des auf Meeresniveau reduzierten Luftdrucks proportional und damit - wie der reale Wind - ein Maß für die atmosphärische Bewegung.

Objektive Wetterlagenklassen 2012

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt, seit 22.11.1999 das neue operationelle erweiterte Globalmodell (GME), das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügt; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.
Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit nachvollziehbar mit dem gleichen Ergebnis. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „Objektive Wetterlagenklassifikation“ abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 30jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z_{950} z_{500} f mit:

aa =: Anströmrichtung: XX = keine vorherrschende Richtung,
NO = Nordost, SO = Südost,
SW = Südwest, NW = Nordwest;

z_{950} z_{500} =: Zyklonalität in

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2012

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2012 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	NWAAT	37	10,11	17	SWZAT	7	1,91
2	NWAZT	36	9,84	18	XXZAF	6	1,64
3	SWZAF	36	9,84	19	XXZZT	6	1,64
4	SWAAF	28	7,65	20	NOAAF	4	1,09
5	SWAZT	26	7,10	21	XXZAT	4	1,09
6	SWZZF	23	6,28	22	NWZZF	4	1,09
7	SWAAT	22	6,01	23	SOZAF	3	0,82
8	XXAAT	21	5,74	24	NWZAF	3	0,82
9	NWAAF	21	5,74	25	SOZAT	2	0,55
10	SWAZF	15	4,10	26	SOZZT	2	0,55
11	NWZZT	12	3,28	27	XXZZF	2	0,55
12	NOAAT	11	3,01	28	SOAAT	1	0,27
13	NOAZT	8	2,19	29	SOAAF	1	0,27
14	SWZZT	8	2,19	30	NWAZF	1	0,27
15	XXAAF	7	1,91	31	NOZAF	1	0,27
16	XXAZT	7	1,91	32	NOZZT	1	0,27

Tab. 1: Wetterlagen 2012

Die Wetterlagenklassen XXAZF, NOAZF, SOAZF, NOAZT, SOAZT; NOZZF; SOZZF und NWZAT sind im Jahr 2012 nicht vorgekommen.

Besonders häufig traten in diesem Jahr die hochreichend antizyklonalen und trockenen Nordwestlagen NWAAT sowie die in der Höhe zyklonalen und trockenen Nordwestlagen NWAZT und die bodennah zyklonal und in der Höhe antizyklonal geprägten feuchten Südwestlagen SWZAF auf (Tab. 1, Abb. 1), auch die Südwestlagen SWAAF und SWAZT waren häufig vertreten, gefolgt von den Südwestlagen SWZZF und SWAAT. Allerdings wurde die feuchte, hochreichend antizyklonale Südwestlage SWAAF in der Referenzperiode 1981–2010 deutlich häufiger beobachtet. Auch die beiden ebenfalls hochreichend antizyklonalen lagen XXAAT und NWAAF waren noch recht oft vertreten, wobei die Wetterlage NWAAF weniger häufig registriert wurde als der Mittelwert des Referenzzeitraumes 1981-2010. Die 7 Wetterlagen NWAAT, NWAZT, SWZAF, SWAAF, SWAZT, SWZZF und SWAAT stellten zusammen 57 % aller Lagen dar.

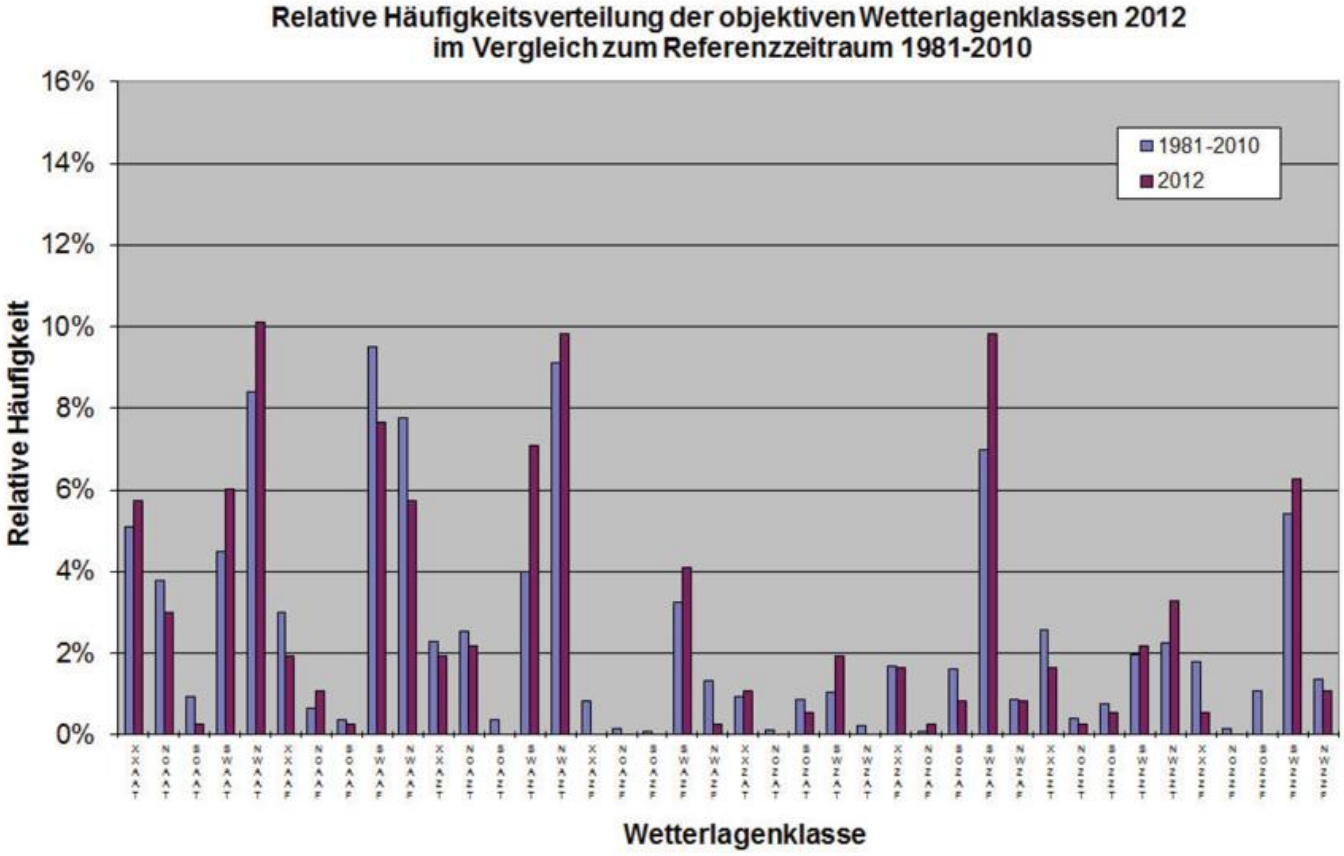


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2012 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2012

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2) ist festzustellen, dass Südwestlagen stärker vertreten waren als im Referenzzeitraum 1981-2010, während die Anzahl der Südostlagen deutlich unter dem vieljährigen Mittel lag. Dies gilt auch für Lagen ohne eindeutig vorherrschende Windrichtung. Ansonsten entsprach die Windrichtungsverteilung weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode.
In Bodennähe sowie in der freien Atmosphäre entsprach die Verteilung der antizyklonalen und zyklonalen Lagen weitgehend dem Referenzwert (Abb. 3). Die feuchten Lagen traten wieder etwas seltener auf als in der Referenzperiode.

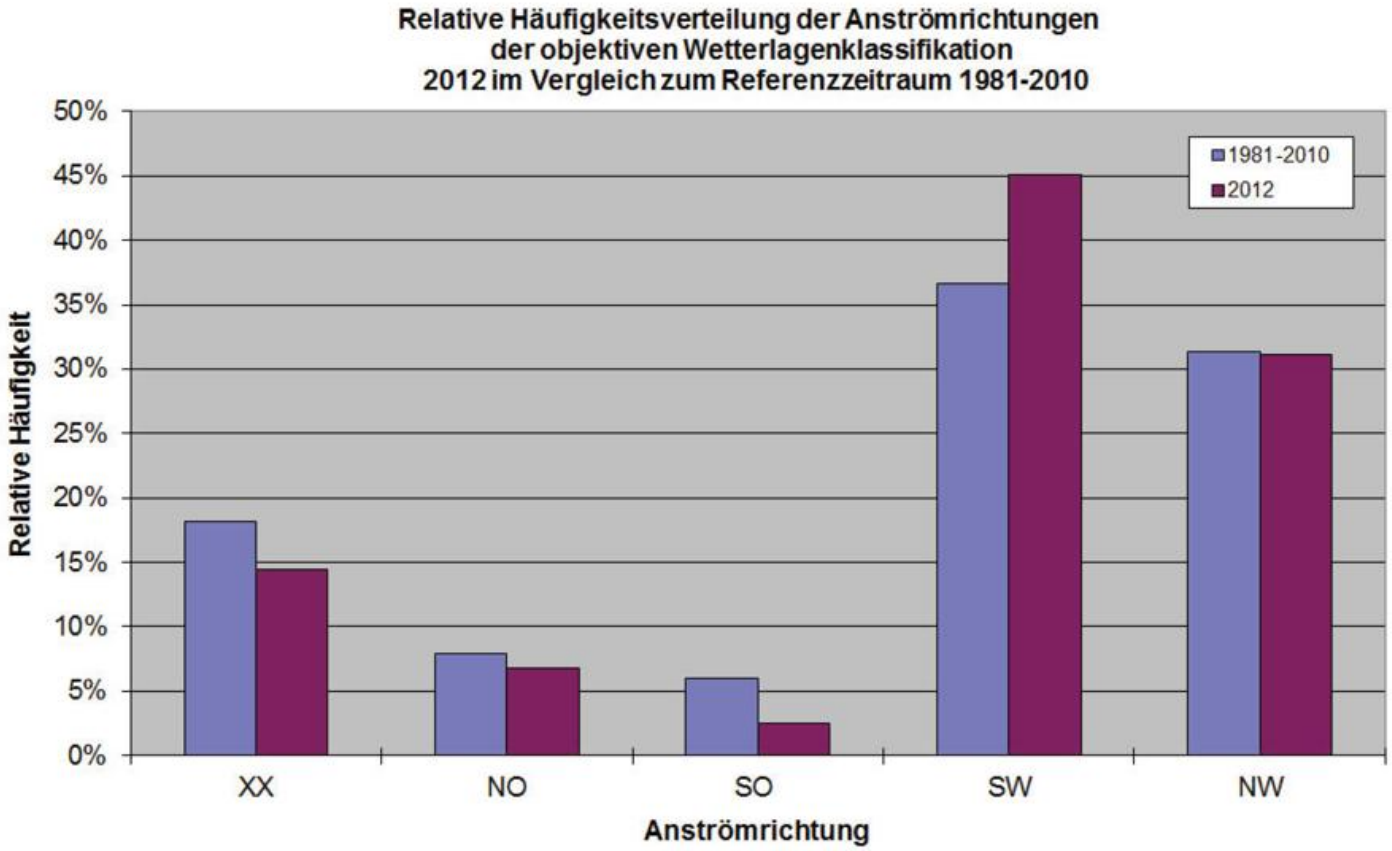


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2012 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

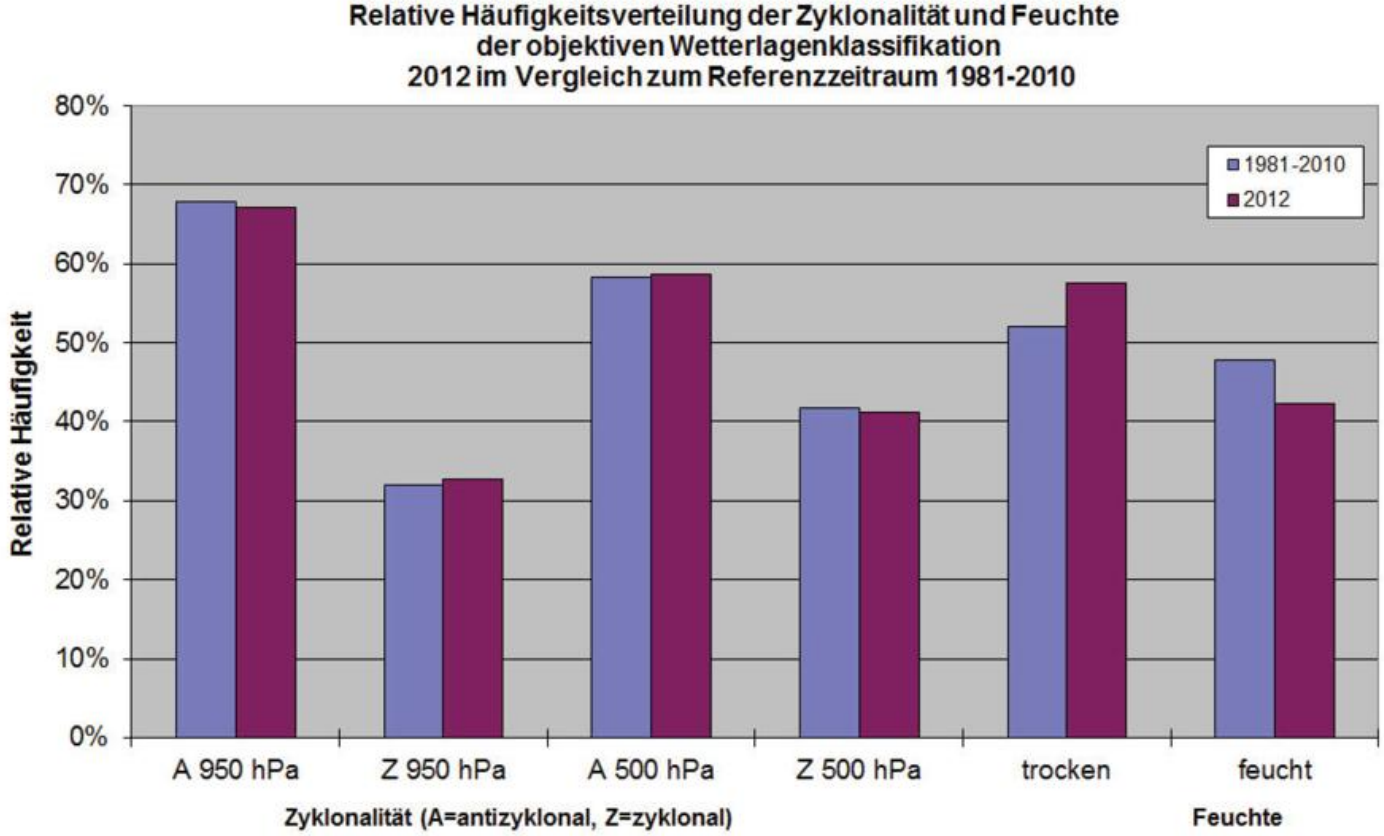


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2012 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	2	2	11	2	3	1	3	7	5	5	6	6	53
NO	2	10	5	1	6	0	1	0	0	0	0	0	25
SO	6	1	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	12
SW	1	0	4	21	11	21	20	19	15	19	21	12	164
NW	20	16	11	5	8	8	6	5	10	7	3	13	112
A 950 hPa	19	25	28	19	17	19	23	24	22	19	16	15	246
Z 950 hPa	12	4	3	11	14	11	8	7	8	12	14	16	120
A 500 hPa	19	15	27	17	23	15	10	19	21	21	18	10	215
Z 500 hPa	12	14	4	13	8	15	21	12	9	10	12	21	151
trocken	21	22	22	16	16	13	15	14	21	16	17	18	211
feucht	10	7	9	14	15	17	16	17	9	15	13	13	155
Temperatur	2.4	-2.9	3.4	0.8	2.1	0.1	0.5	1.9	0.3	-0.3	1.2	0.7	0.9
Niederschlag	145	49	26	73	74	115	128	84	80	109	88	140	93

Tab. 2: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2012. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatlichen Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

• Anströmrichtung

Südwestlagen traten im April sowie von Juni bis November besonders häufig auf, während sie von Januar bis März sehr selten beobachtet wurden. Auch im Dezember kamen Südwestlagen nicht häufig vor. Nordwestlagen waren nur im Januar und Februar häufig zu beobachten, während sie in den anderen Monaten recht selten auftraten. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering, wobei von Juni bis Dezember nur an 2 Tagen Ostlagen registriert wurden. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung traten im Jahr 2012 auch eher selten auf.

• Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen nur im Dezember nicht häufiger als zyklonalen Lagen beobachtet. Besonders deutlich dominierten sie im Februar und März sowie von Juli bis September. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen in 9 der 12 Monate vorherrschend. Zyklonale Lagen dominierten nur im Juli und im Dezember, im Juni traten genauso viele antizyklonale wie zyklonale Lagen auf.

• Feuchte

Nur von Juni bis August herrschten feuchte Wetterlagen vor. Von Januar bis Mai und von Oktober bis Dezember dominierten trockene Lagen.

• Temperatur

Das Jahr 2012 war in Deutschland im Mittel 0,9°C wärmer als in der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90. Februar und Oktober hatten unterdurchscnittliche Mitteltemperaturen.

• Niederschlag

Im Jahr 2012 waren 5 Monate niederschlagsreicher und 7 Monate trockener als in der Referenzperiode. So wurde das Jahr insgesamt trockener als im Zeitraum 1961-90.
Ein klarer Zusammenhang zwischen diesen Witterungsanomalien und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich nur in Einzelfällen feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2012

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) wurden die Trends zu einer Zunahme der Südwestlagen und zu einer Abnahme der Nordwestlagen bestätigt.
Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) ist die langfristige Zunahme der feuchten Lagen noch erkennbar, wurde aber erneut geschwächt.
Bei der Zyklonalität (Abb. 6) ist in 500 hPa eine Tendenz zu einer Zunahme der antizyklonalen Lagen erkennbar. In 950 hPa sind keine langfristigen Tendenzen feststellbar (Abb. 7).

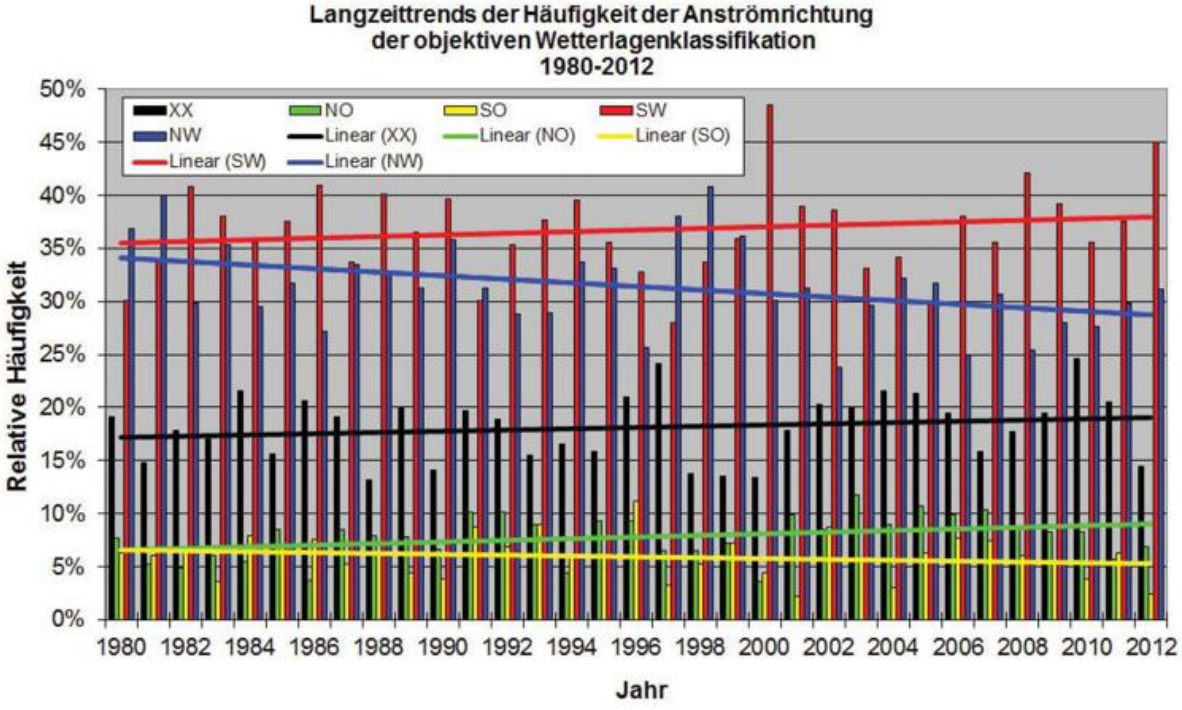


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

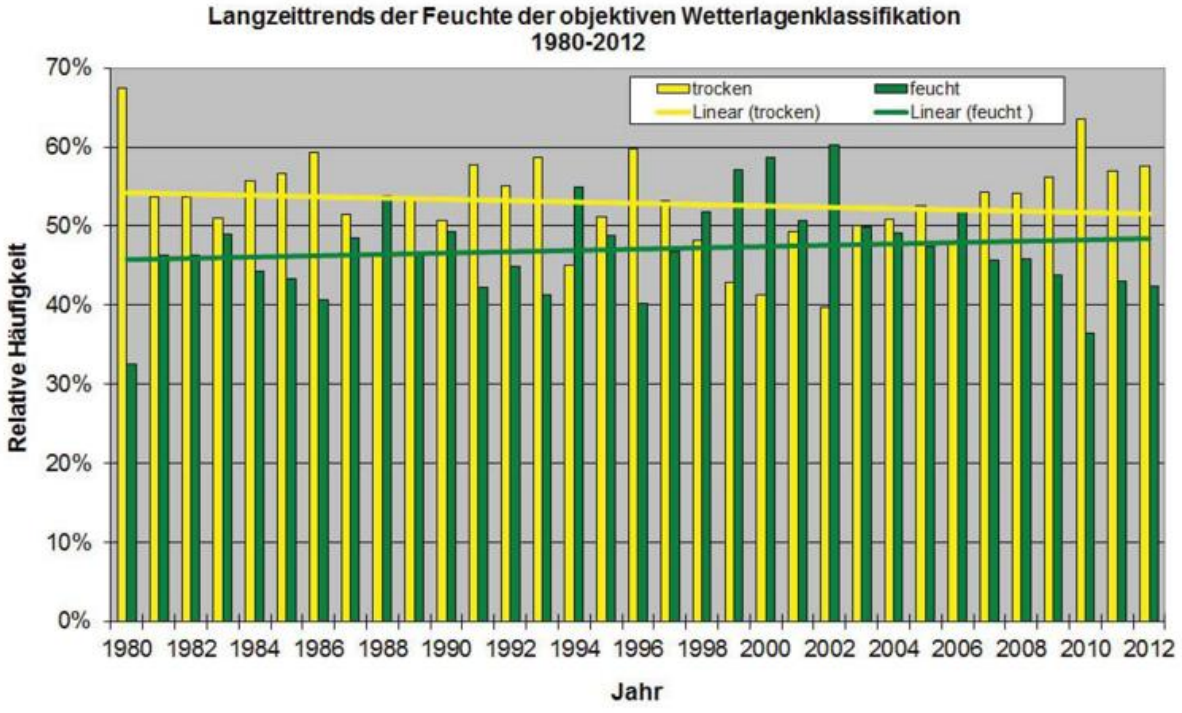


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

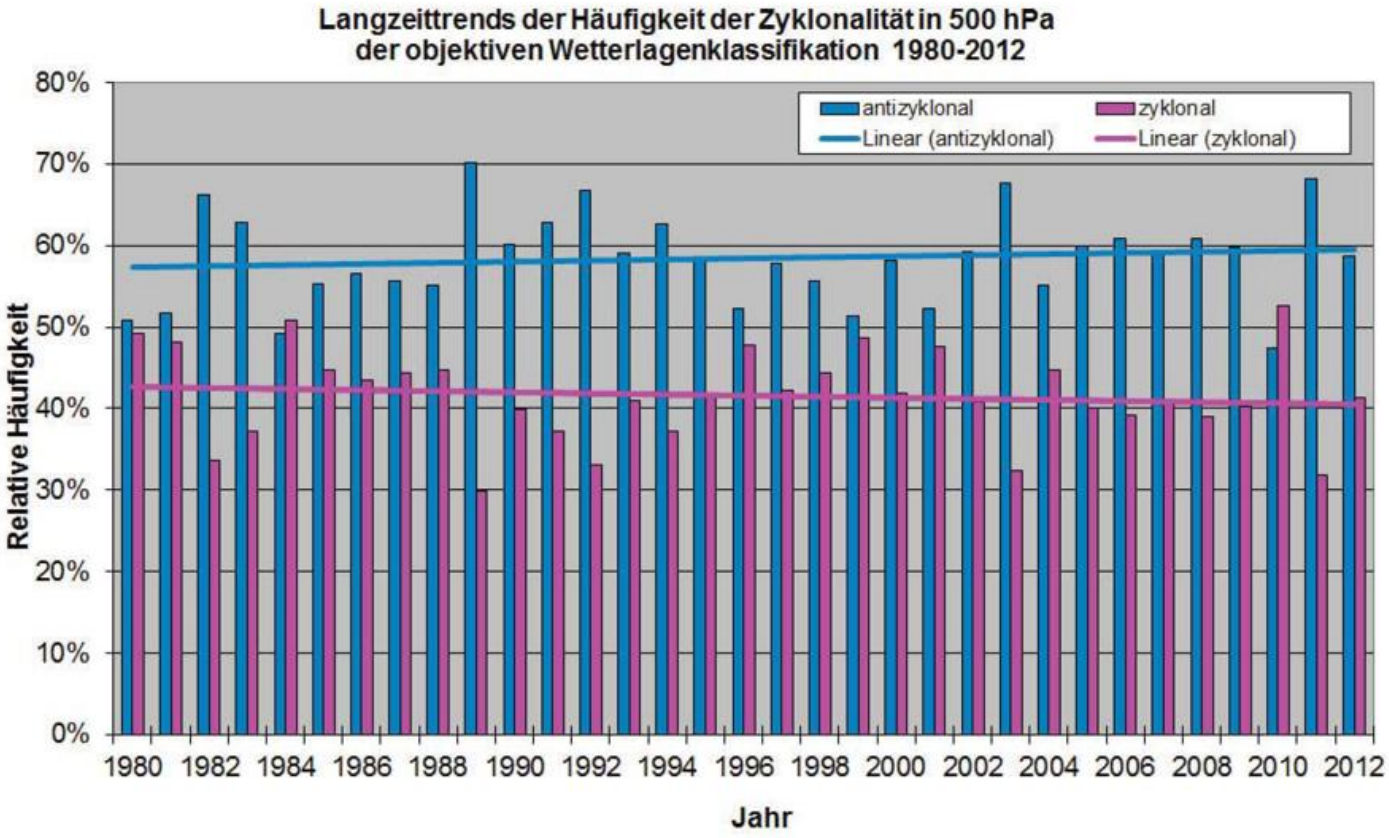


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

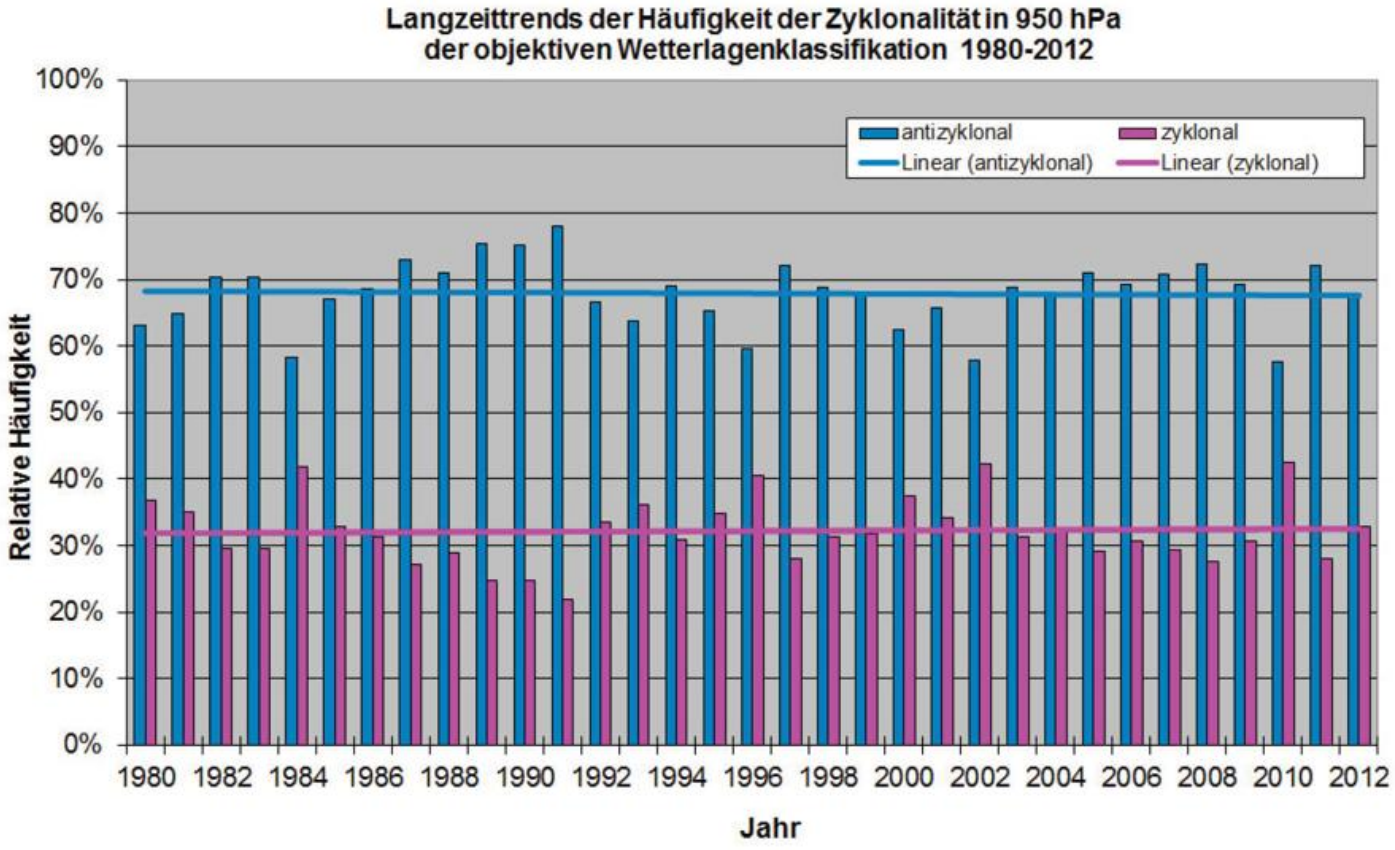


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2012

F.-J. Löpmeier, S. Pietzsch

Übersicht über den Verlauf des Jahres

Das Jahr startete mild und nass mit frühzeitigen Wachstumsregungen in der Natur. Erst Ende Januar folgten Dauerfrost und Vegetationsruhe, die bis Mitte Februar anhielten. Der insgesamt warme, sonnenscheinreiche und deutlich zu trockene Frühling endete mit niedrigen Bodenfeuchten und gebietsweise Trockenstress bei den Winterkulturen. Daraufhin folgte ein wechselhafter Sommer, der warm und trocken endete und letztendlich noch für gute Erntebedingungen sorgte. Begleitet von einem Wechsel spätsommerlicher Phasen und markanten Kaltlufteinbrüchen fiel der Herbst insgesamt recht durchschnittlich aus. Die notwendigen Ernte- und Feldarbeiten verliefen weitgehend problemlos und zum Ende der Jahreszeit gingen die Pflanzen in Winterruhe, die durch extrem mildes und feuchtes Weihnachtswetter wieder unterbrochen wurde (Abb. 1).

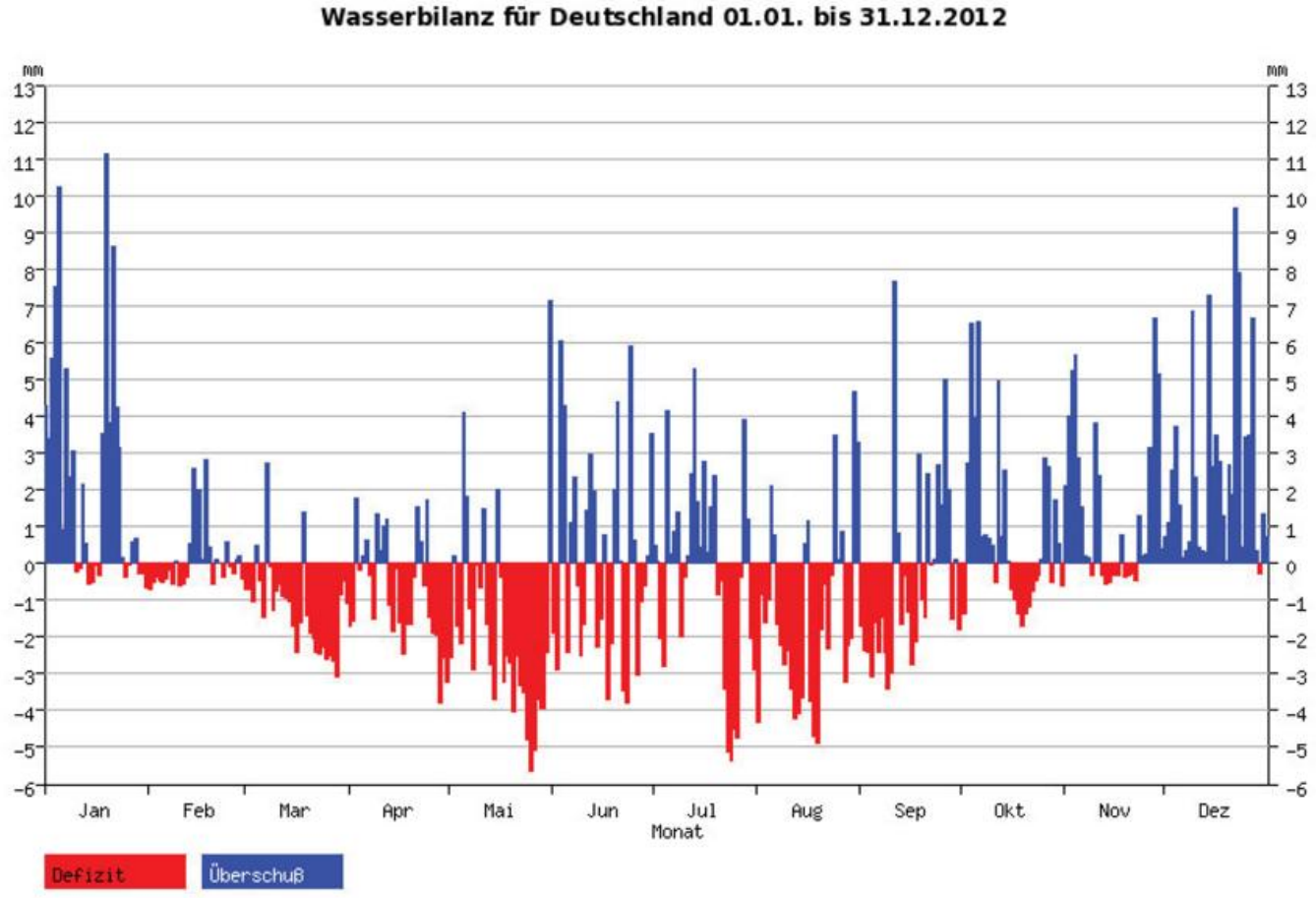


Abb. 1: Wasserbilanz in Deutschland im Jahresverlauf 2012

Der **Januar** begann mit einer milden und nassen Witterung, die bereits Ende des Vormonats eingesetzt hatte. Die Winterkulturen entwickelten sich langsam weiter und örtlich wurden Pilzinfektionen beobachtet. Vielerorts begannen Hasel und Schneeglöckchen zu blühen (Abb. 2, links oben). Erst Mitte des Monats wurde es kühler und der Januar endete mit starkem Frost, der unbewachsene Böden gebietsweise bis in eine Tiefe von 25 cm gefrieren ließ. Die Vegetationsruhe war wiederhergestellt.

Der Dauerfrost hielt noch bis Mitte **Februar** an. Dort wo kein Schnee lag herrschten strenge Kahlfröste mit Frosteindringtiefen von bis zu 80 cm. In Abb. 3 sind die Tiefsttemperaturen am Boden und in 5 cm Tiefe dargestellt, die Anfang des Monats (07.02.) verbreitet unter -10°C lagen. Die Blätter des Wintergetreides sind vielerorts erfroren und in der Bodenkrume der vorab wassergesättigten Böden kam es teilweise zu starken Frosthebungen, die den Wurzelapparat schädigen können. In der deutlich milderen letzten Dekade des Monats blühten verbreitet die Schneeglöckchen (Abb. 2, links oben). Phänologisch betrachtet befand sich die Natur somit im Vorfrühling.

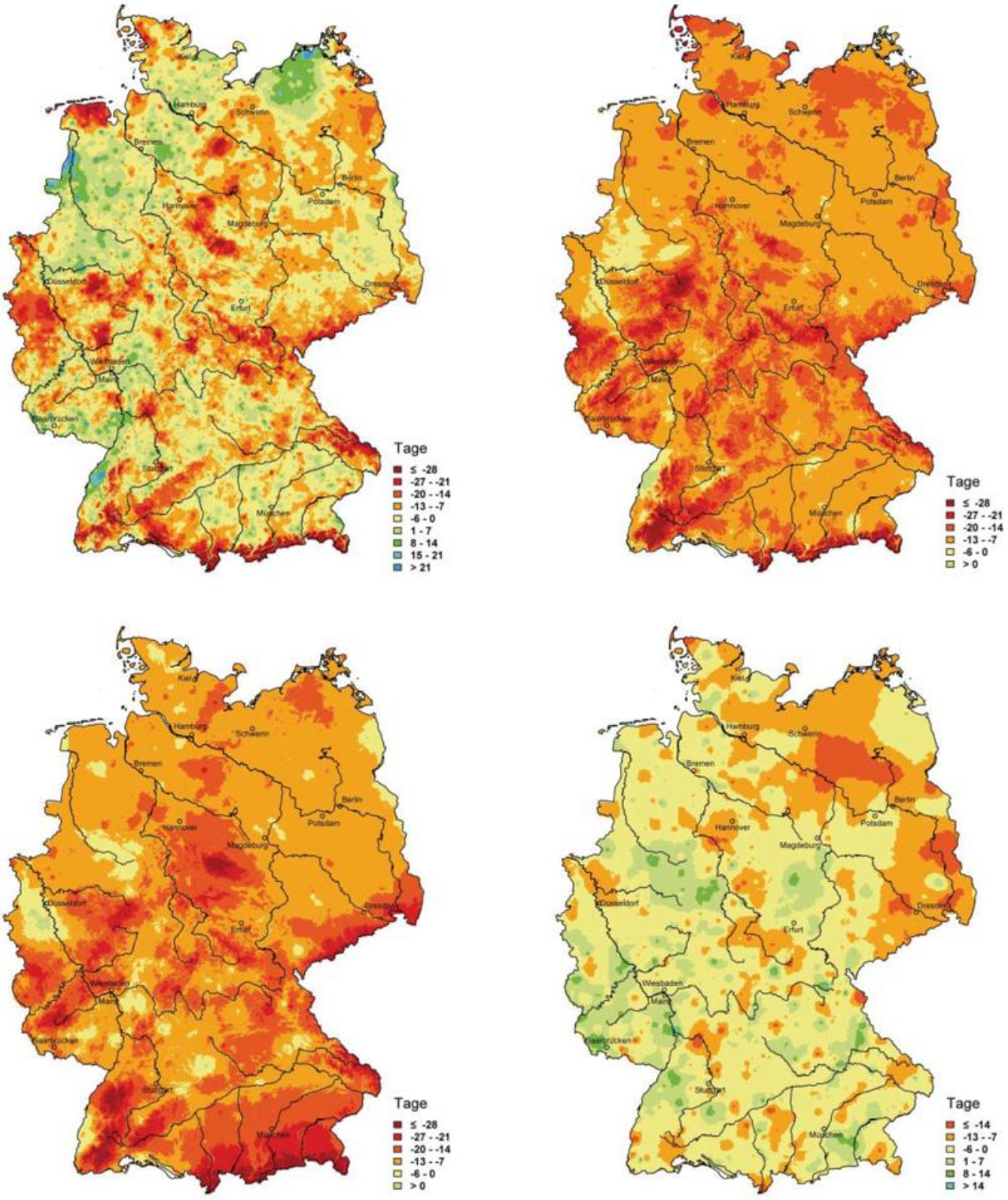


Abb. 2: Abweichung der Schneeglöckchen- (oben links) und Apfelblüte (oben rechts) vom vieljährigen Mittel
Abweichumg der Eintrittsdaten für das Ährenschieben vom Winterroggen (unten links) und der Fruchtreife der Rosskastanie (unten rechts) vom vieljährigen Mittel

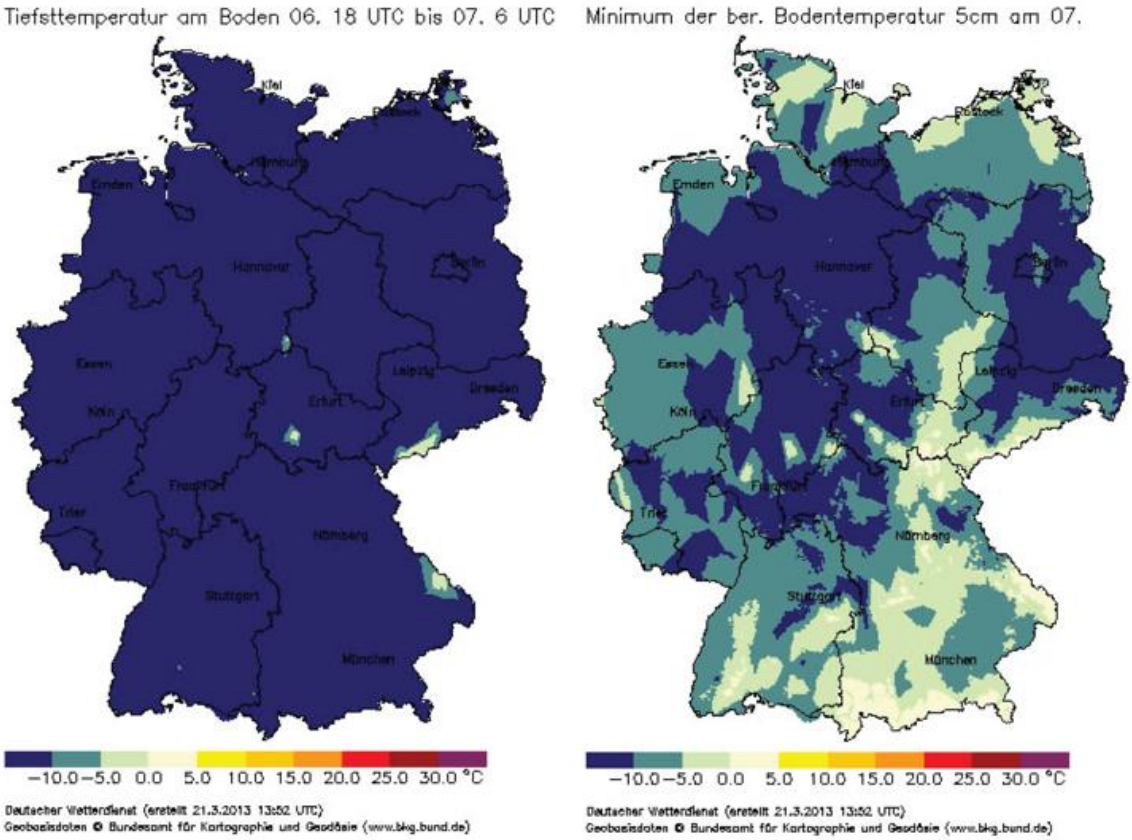


Abb. 3: Tiefsttemperatur am Boden (unter Gras) und in 5 cm Tiefe am 07.02.2012

Der **März** gestaltete sich, ähnlich wie im Vorjahr, warm, trocken und sonnenscheinreich. Die Böden auf den Feldern waren gut befahrbar und die Frühjahrsbestellung konnte problemlos vonstatten gehen. Die anhaltende trockene Witterung führte allerdings in den oberen Bodenschichten gebietsweise zu sinkenden Bodenfeuchten auf weniger als 50 %nFK. Auch stieg mit der Trockenheit die Waldbrandgefahr und vereinzelt traten Wald- und Grasflächenbrände auf. Eine weitere negative Auswirkung der milden Witterung war der Zuflug von Rapsschädlingen. Mit Beginn der Vegetationsperiode wurden, vor allem in Regionen, die während der Frostperiode Anfang Februar schneefrei waren und unter strengen Kahlfrösten litten, teils erhebliche Auswinterungsschäden bei Winterraps und -weizen festgestellt.

Insgesamt recht durchschnittlich zeigte sich der **April**. Die anfangs eher kühle und wechselhafte Witterung wurde zum Monatsende von einem sommerlichen Warmluftvorstoß abgelöst. Vereinzelt mussten die ersten Beregnungsanlagen in Betrieb genommen werden, um den sinkenden Bodenfeuchten entgegenzuwirken. Besonders im Osten des Landes litten die Kulturen unter verstärktem Trockenstress und es kam zu Auflaufverzögerungen bei Kartoffeln und Zuckerrüben. Außerdem wurden dort die höchsten Waldbrandgefahrenstufen gemeldet. Auswinterungsschäden blieben weiterhin ein Thema - einige Betriebe mussten große Flächen umbrechen und neu mit Sommerkulturen bestellen.

Warm, sonnig und zu trocken war der **Mai**. Nach einer wechselhaften Witterung, durchsetzt mit teils heftigen Gewittern, sowie pünktlich auftretenden Eisheiligen, herrschte im letzten Monatsdrittel Hochdruckeinfluss. Dies bedeutete verbreitet ideales Heu- und Silagewetter. Allerdings trockneten die Böden immer weiter aus. Gebietsweise kam es auf leichten Böden, die nicht beregnet wurden, zu ersten Trockenschäden bei den Winterkulturen.
Regionale heftige Schauer und Gewitter konnten diesen Trend kaum bremsen, da bei solchen punktuellen Wolkenbrüchen ein Großteil des Wassers einfach oberirdisch abfließt und nicht vom Boden aufgenommen werden kann. Die Bodenfeuchten sanken besonders in der letzten Maidekade, bei trockener warmer Witterung, drastisch weiter und lagen zum Monatsende deutlich unter dem Mittelwert (Abb. 4).

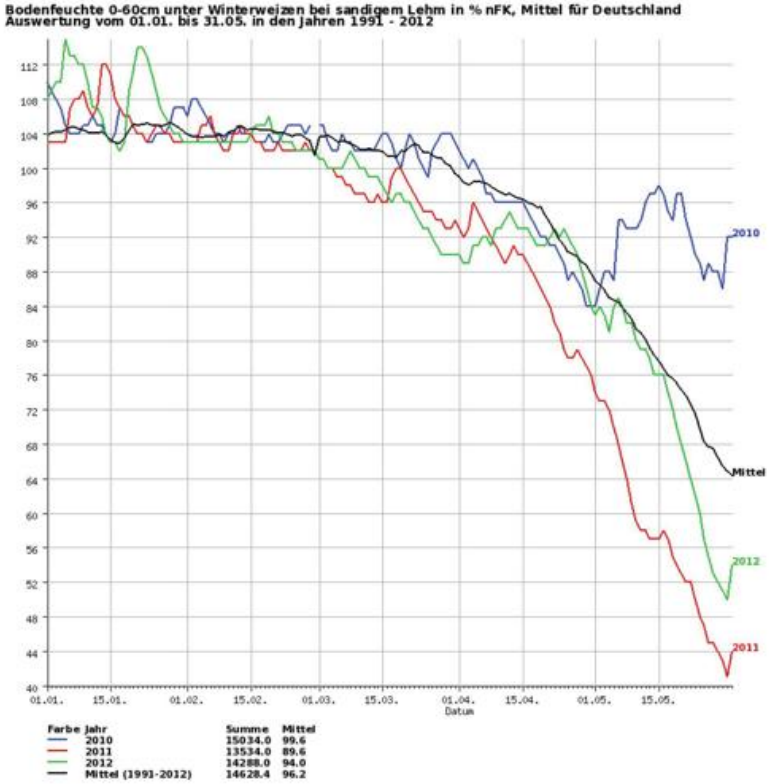


Abb. 4: Bodenfeuchte in Deutschland Januar bis Mai 2012

Während die Bodenschichten ab einer Tiefe von 30 cm noch ausreichend mit Wasser versorgt waren, traten in den darüber liegenden Schichten nahezu flächendeckend kritische Werte von weniger als 50 %nFK auf. In den obersten 10 cm waren es verbreitet nicht einmal 10 %nFK (Abb. 5).

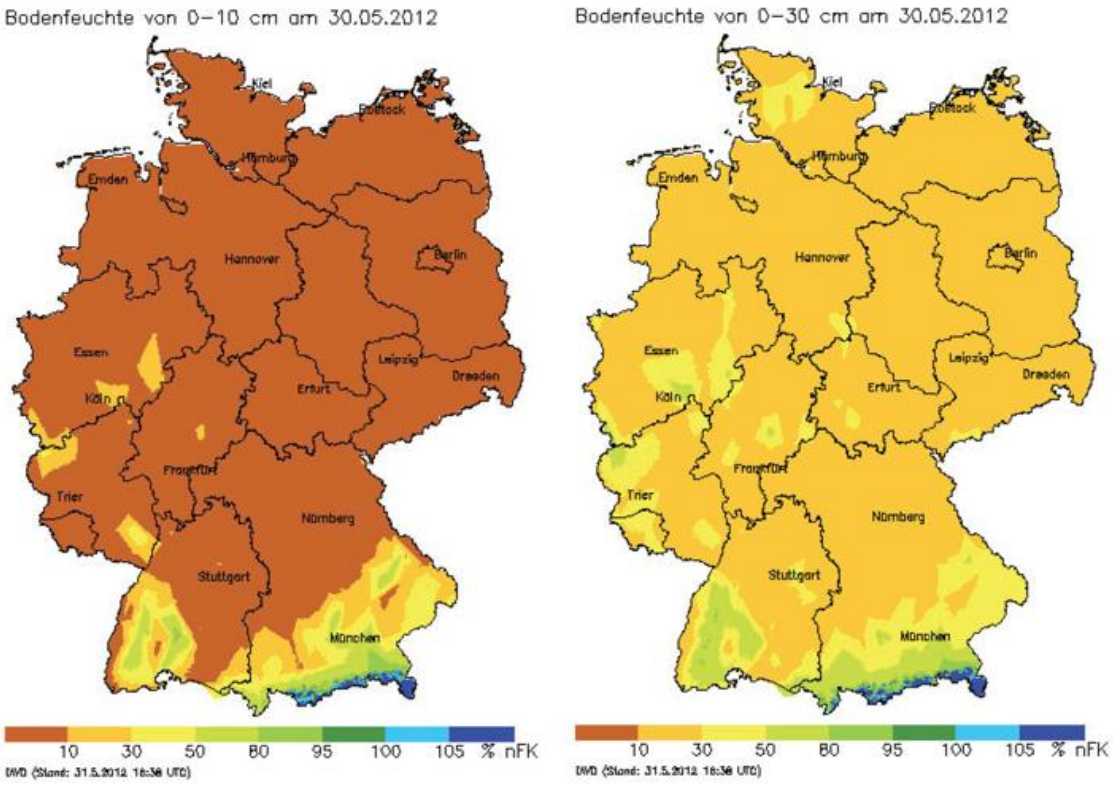


Abb. 5: Bodenfeuchte in Deutschland am 30.05.2012

Die Wald- und Graslandbrandgefahr erreichte vor allem in den östlichen Bundesländern die höchsten Stufen (Abb. 6).

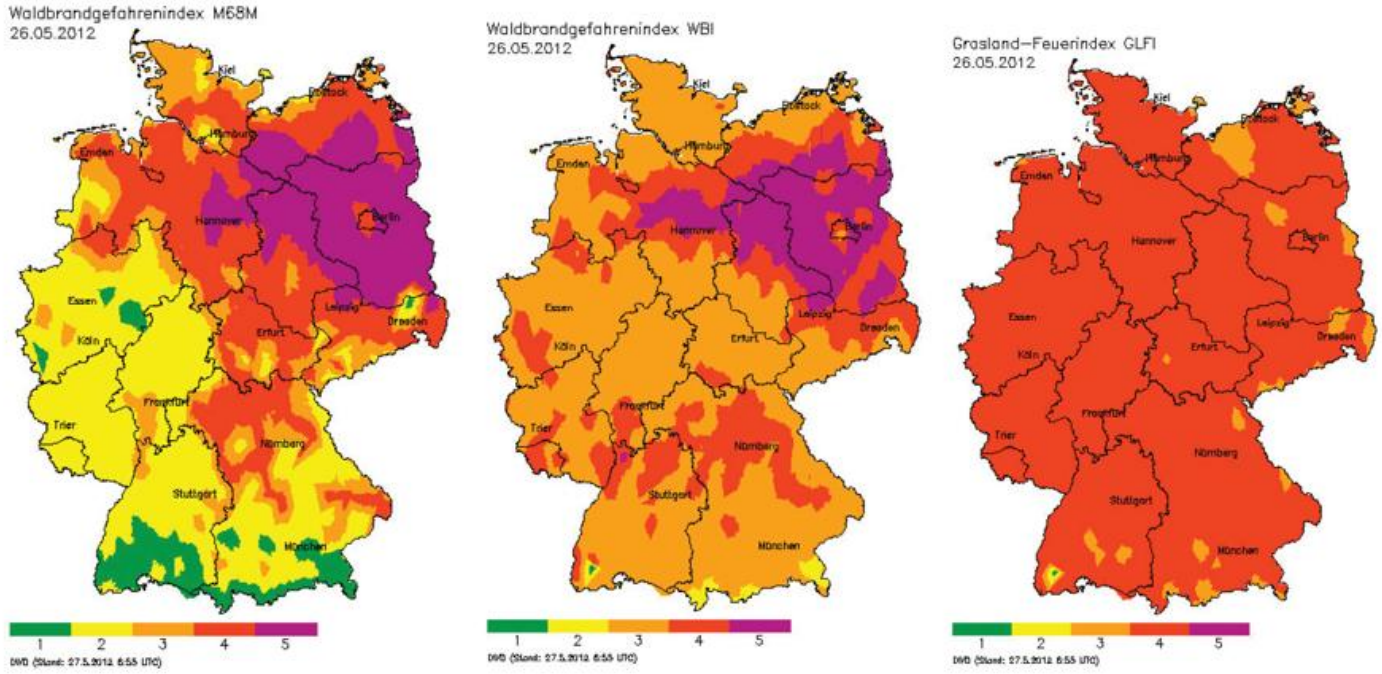


Abb. 6: Waldbrandgefahrenindizes M68 und WBI und Grasland-Feuerindex GLFI am 26.05.2012

Mit dem Beginn des meteorologischen Sommers, fand die vorangegangene Trockenheit ein Ende. Der **Juni** zeigte sich trüb, etwas zu feucht und unbeständig. Die damit verbesserte Bodenfeuchtesituation kam Wintergetreide, Winterraps, Mais und Hackfrüchten zugute. Allerdings führte die feuchte Witterung auch zu einer Erhöhung des pilzlichen Infektionsdrucks und trockene Zeitfenster mussten zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln genutzt werden. Für Silage- und Heuschnitte waren die sonnigen Abschnitte vielerorts zu kurz. Da der Niederschlag teilweise in Form heftiger Schauer und in Verbindung mit Gewittern fiel, kam es gebietsweise zu Lagererscheinungen beim Getreide und zu Bodenerosionen.

Die unbeständige und überdurchschnittlich feuchte Witterung setzte sich im **Juli** fort. Auch der zweite Sommermonat wurde von einer Vielzahl heftiger Gewitter begleitet. Der Niederschlagsreichtum begünstigte weiterhin das Wachstum von Hackfrüchten und Mais, bei gleichzeitig anhaltendem pilzlichen Infektionsdruck. Pflanzenschutzmaßnahmen blieben ein Thema. Erst die letzte Monatdekade zeigte sich trocken mit stark ansteigenden Temperaturen und wurde verstärkt zur Getreideernte und Heuwerbung genutzt.

Der **August** glänzte mit vorwiegend warmem, recht trockenem und sonnenscheinreichem Sommerwetter. Die Getreide- und Rapsernte konnte weitgehend problemlos vonstatten gehen. Ebenso wurde die trockene Witterung vielerorts erneut für die Heuwerbung genutzt. Während anfangs regional noch mit schlechter Bodenbefahrbarkeit gekämpft werden musste, trockneten die Böden zur Monatsmitte hin verstärkt aus und vereinzelte Kulturen gerieten unter Trockenstress. In den letzten Augusttagen entspannte sich die Situation allmählich wieder und vor allem im Süden endete der Sommer sehr nass (Abb. 7) mit anhaltendem Infektionsdruck durch Pilzkrankheiten. Den Zuckerrüben kam die Witterung zugute und sie konnten sich optimal entwickeln.

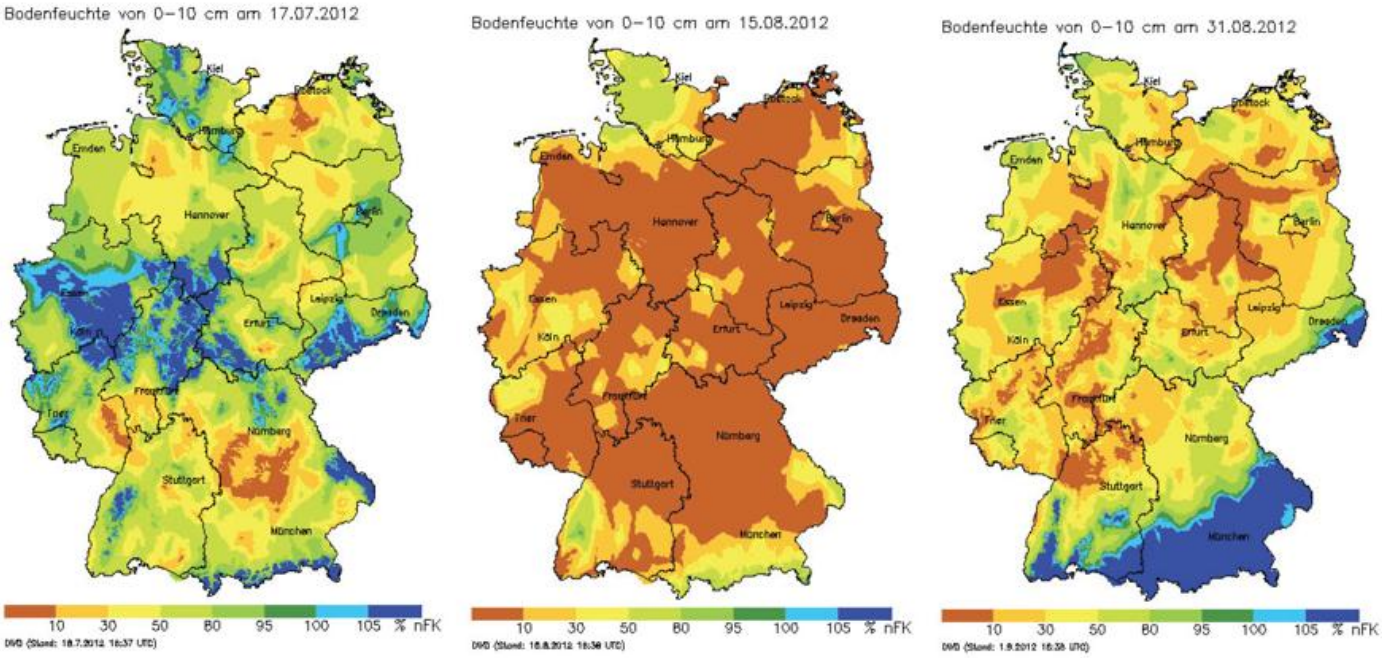


Abb. 7: Bodenfeuchte (%nFK) in 0-10 cm in Deutschland Mitte Juli, Mitte und Ende August 2012

Der **September** zeigte sich in seiner ersten Dekade mit schönstem Altweibersommerwetter, wonach es herbstlich abkühlte und eine wechselhafte Witterung den Rest des Monats bestimmte. Damit einhergehend wurde die Bodenbefahrbarkeit gebietsweise durch Niederschläge eingeschränkt. Insgesamt waren die Bedingungen für anstehende Feldarbeiten aber gut, so dass Zuckerrüben und Kartoffeln gerodet und Wintergetreide gesät werden konnten. Die Silomaisernte startete und bei frühen Trauben konnte mit der Weinlese begonnen werden.

Auch im **Oktober** zeigte sich ein ausgeprägter Wechsel von spätsommerlichen Temperaturen ab der Monatsmitte, die gegen Ende des Monats von einem markanten Kaltlufteinbruch abgelöst wurden. Die Zuckerrüben- und Maisernte konnte jedoch meist problemlos vonstatten gehen und die Weinlese wurde weitgehend abgeschlossen. Regional bedingten die warmen Phasen den Einsatz von Wachstumsregulatoren beim Winterraps.

Im **November** wurden Feldarbeiten, wie die Zuckerrübenernte fortgesetzt und letzte Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt. Vor Inkrafttreten der Sperrfrist brachte man noch Gülle aus. Der insgesamt etwas zu trockene und milde Monat endete mit einer Abkühlung, die dazu führte, dass die Pflanzen ihre Winterruhe antreten konnten.

Der meteorologische Winter startete mit einem anfangs kalten **Dezember**. Reichliche Niederschläge führten zunächst zu einer verbreiteten Bildung von Schneedecken, die die Winterkulturen schützten. In Norddeutschland wurde die Zuckerrübenkampagne fortgesetzt und in einigen Weinanbaugebieten gelang es lokal den ersten Eiswein zu lesen. Zur Monatsmitte hin setzte eine extrem milde Witterung ein, die an Weihnachten frühlingshafte Temperaturen mit sich brachte. Das damit einhergehende Tauwetter und die anhaltenden Niederschläge sorgten dafür, dass sich verbreitet die Bodenwasservorräte auffüllten. Die milden Temperaturen unterbrachen die Vegetationsruhe der Winterkulturen und die ersten Haselblüten wurden gemeldet (Abb. 8).

Bodenfeuchte und Mikroklima

Schlagzeile:

Das Jahr 2012 war landwirtschaftlich geprägt durch extreme Fröste bei geringer Schneedecke im Februar und anschließenden Wechselfrösten sowie in den letzten Jahren häufig durch eine extreme Frühjahrstrockenheit (Abb. 9).

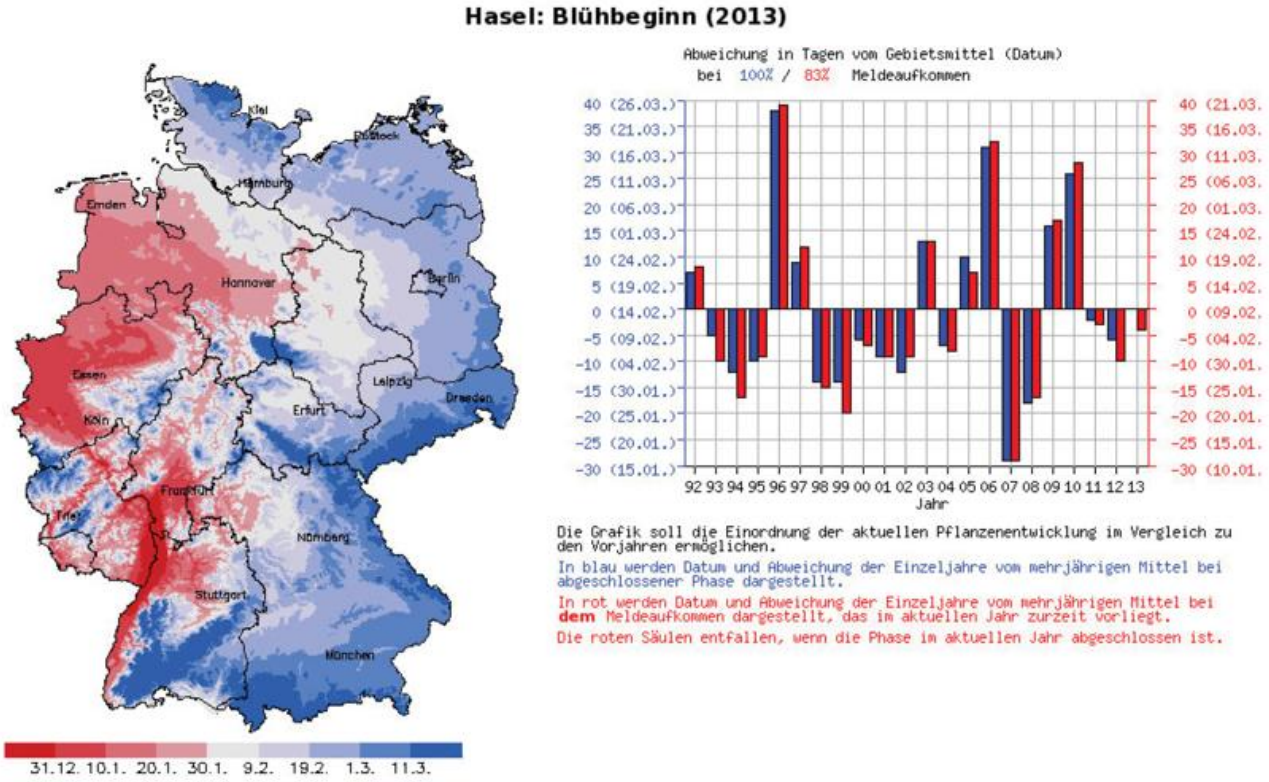


Abb. 8: Blühbeginn der Hasel im Winter 2012/2013

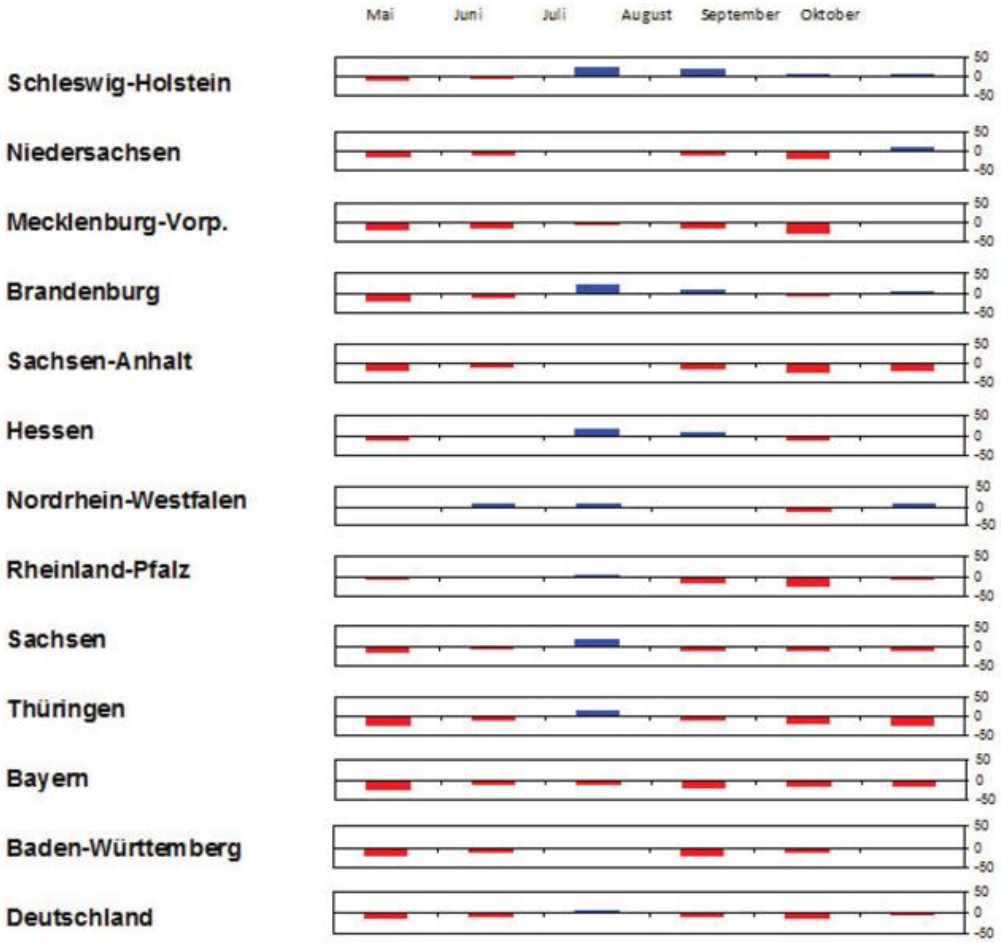


Abb. 9: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (%nFK) im Jahr 2012 vom langjährigen Mittelwert 1962– 006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Kombination aus starken Frösten und den anschließenden Wechselfrösten führte zu zahlreichen Umbrüchen, wobei aufgrund mangelnden Saatguts für Sommergerste häufig auf Maisanbau umgeplant wurde.

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2012

Insgesamt zeigt die Abb. 9 für das gesamte Jahr z.T. deutliche negative Abweichungen bei der Bodenfeuchte. Diese Situation wurde ausgelöst durch das extrem trockene Frühjahr. Als zu feucht im Vergleich zum langjährigen Mittelwert erwies sich in vielen Regionen nur der Juli.

Mikroklima 2012

Mikroklimatisch markant waren die Wintermonate Januar und Februar (Tab. 1). Während der Januar mit extrem milden Temperaturen in Bodennähe zu positiven Abweichungen von z.T. mehr als 4 K führte, drehten sich die Bedingungen im Februar mit negativen Abweichungen von -4 K exakt um. Verbunden mit häufig fehlender Schneebedeckung waren Erfrierungen des Wintergetreides.
Der März, April, Mai und August zeigten wieder deutlich positive Abweichungen.

Besondere Situation

Als agrarmeteorologische Besonderheit 2012 ist, wie allerdings schon in den Vorjahren, die extreme Frühjahrstrockenheit zu nennen. Die Abb. 10 zeigt die räumliche Verteilung der Bodenfeuchte für einen leichten Boden mit Wintergetreide. Man erkennt, dass in großen Teilen Deutschlands neue negative Extreme seit dem Zeitraum 1962 auftreten.

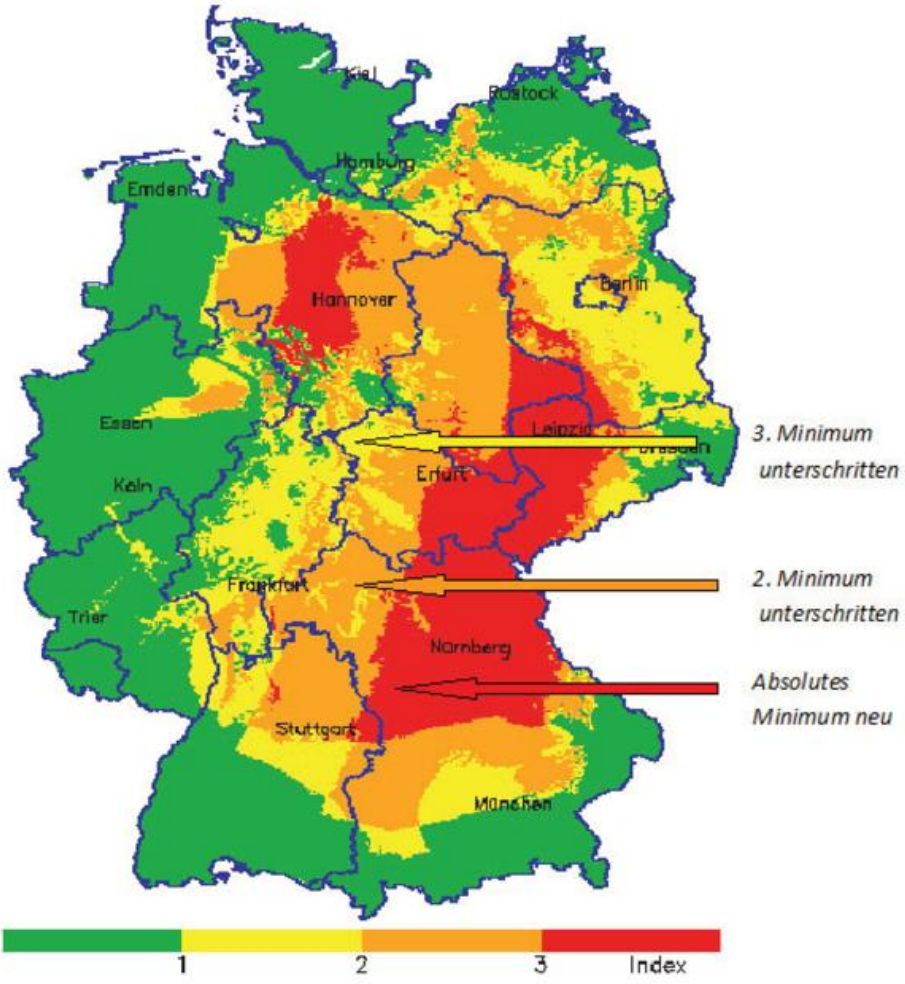


Abb. 10: Extreme Minimumwerte für die Bodenfeuchte eines Winterweizenbestandes auf leichten Böden seit 1962, Stand: 30.05.2012

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2012

	Januar		Februar		März				April				Mai				Juni			
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	1,6	2,6	-1,2	-2,3	3,2	3,0	122,2	-13,6	0,0	0,0	93,9	102,8	1,2	0,8	111,7	70,0	-1,5	-0,6	84,6	115,6
Niedersachsen	1,8	3,0	-2,4	-2,2	3,3	2,9	117,8	-13,7	0,2	0,5	95,4	81,4	1,8	1,2	112,3	67,8	-1,1	-0,5	86,5	106,1
Mecklenburg-Vorp.	1,6	2,9	-1,3	-2,3	3,2	2,8	125,8	-13,1	0,4	0,2	99,8	91,5	1,2	0,3	116,7	59,1	-1,0	-0,8	93,4	93,7
Brandenburg	1,4	3,3	-2,4	-3,1	3,3	3,0	129,5	-11,8	0,8	0,5	110,4	74,7	2,2	1,0	120,1	52,7	-0,6	-0,3	89,2	122,6
Sachsen-Anhalt	1,7	3,6	-1,4	-3,5	3,7	3,0	126,0	-16,1	1,0	0,6	108,3	77,0	2,8	1,4	125,0	60,6	-0,8	-0,3	86,4	135,1
Hessen	1,8	3,0	-3,1	-2,7	3,3	2,2	134,5	-13,5	0,2	0,5	102,3	89,4	2,2	1,3	115,9	82,7	-0,7	-0,2	83,6	131,7
Nordrhein-Westfalen	1,8	2,5	-2,6	-2,8	3,3	2,1	114,8	-11,3	-0,1	0,3	92,2	98,8	1,7	1,0	105,8	77,0	-1,1	-0,3	82,9	119,0
Rheinland-Pfalz	1,9	3,1	-2,6	-3,4	3,4	2,3	141,8	-13,8	0,1	0,2	95,2	109,5	2,4	1,5	117,3	90,7	-0,1	0,3	85,6	126,0
Sachsen	1,1	3,2	-2,1	-4,6	3,1	2,7	129,2	-9,6	0,7	0,5	114,3	59,2	2,6	1,0	123,8	68,1	0,1	0,2	94,2	121,1
Thüringen	1,4	3,5	-2,8	-3,6	3,5	3,2	132,4	-15,9	0,6	0,7	110,8	47,3	2,4	1,2	122,6	68,8	-0,6	0,0	92,3	114,7
Bayern	1,3	4,2	-2,3	-4,0	2,7	1,9	132,9	-12,6	0,6	0,5	107,0	74,1	2,3	1,0	125,0	66,8	0,9	0,8	101,6	101,8
Baden-Württemberg	1,6	3,4	-3,3	-4,1	2,9	1,4	137,9	-12,5	0,2	-0,1	99,5	90,9	2,3	1,1	121,0	84,5	1,0	0,6	98,1	106,1
Gesamt BRD	1,6	3,2	-2,3	-3,2	3,2	2,5	129,6	-13,0	0,3	0,3	101,3	85,2	2,0	1,0	118,1	71,2	-0,3	0,0	91,4	112,5

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	-0,2	-0,2	93,5	2,5	0,8	0,5	101,8	-0,2	-0,1	0,2	92,4	2,3	0,0	0,2	89,3	2,7	1,0	1,2	-0,3	-2,0
Niedersachsen	0,1	-0,4	99,5	1,3	1,3	0,6	111,6	-1,6	0,1	-0,4	104,8	-4,6	-0,2	-0,2	97,0	4,3	0,8	0,7	0,3	0,5
Mecklenburg-Vorp.	0,0	-0,1	93,7	1,5	0,7	0,2	100,6	-0,1	0,3	0,0	107,8	-7,1	0,0	-0,3	101,0	7,6	0,9	1,1	-0,6	-2,0
Brandenburg	0,3	0,6	90,5	3,0	1,1	0,6	101,3	-0,8	1,1	0,2	112,4	-3,9	0,1	-0,6	98,5	4,2	1,0	1,1	-0,3	-1,1
Sachsen-Anhalt	0,5	0,6	96,3	2,5	1,5	0,8	109,9	-1,9	1,0	-0,1	120,1	-23,4	0,1	-0,6	102,5	-2,6	0,9	1,0	-0,2	-0,3
Hessen	-0,2	-0,3	95,8	2,4	1,7	0,6	117,1	-3,0	0,2	-1,3	114,4	-12,5	-0,5	-1,5	104,0	5,3	0,8	1,1	1,0	1,0
Nordrhein-Westfalen	-0,3	-0,5	95,7	2,0	1,7	0,9	121,2	-3,1	-0,3	-1,3	104,2	-12,8	-0,3	-0,7	98,3	5,2	0,7	0,6	1,0	1,3
Rheinland-Pfalz	-0,3	-0,1	96,8	0,4	2,0	1,0	118,5	-4,0	0,4	-0,7	115,3	-15,0	-0,1	-0,8	109,1	7,1	1,1	1,4	1,4	1,3
Sachsen	0,8	0,7	99,4	1,3	1,8	0,8	114,6	-3,1	1,1	-0,4	119,9	-1,8	-0,1	-1,2	102,9	-6,1	1,1	1,2	0,6	-0,3
Thüringen	0,2	0,4	98,1	2,4	1,6	1,1	118,4	-3,1	0,7	-0,4	121,3	-6,5	-0,3	-1,1	107,8	-1,1	0,9	1,2	0,6	0,8
Bayern	0,1	0,6	95,7	0,4	1,6	0,7	117,6	-2,8	0,6	-0,7	111,6	-1,1	-0,2	-0,7	98,5	4,1	1,2	1,9	0,9	1,0
Baden-Württemberg	-0,1	0,1	95,9	0,6	1,9	0,7	117,0	-2,8	0,5	-0,9	109,3	1,6	-0,1	-1,2	95,4	6,3	1,4	1,6	1,1	0,7
Gesamt BRD	0,0	0,1	95,7	1,4	1,5	0,7	112,7	-2,2	0,4	-0,5	109,6	-5,1	-0,1	-0,7	99,1	4,0	1,0	1,3	0,5	0,2

Legende:

A = Bodentemperatur unbewachsener Boden 5 cm (rot = zu warm, blau = zu kalt)
B = Minimumtemperatur in Bodennähe für unbewachsenen Boden (rot = zu warm, blau = zu kalt)
C = Penman-Verdunstung, Abw.in % (rot = zu hohe Verdunstung, blau = zu geringe)
D = Benetzungszeiten, Abw. in % (rot = rel. geringe Benetzungszeiten, blau = relativ hohe)
E = Krumenbodenfeuchte, %nFK (rot = relativ trocken, blau = relativ feucht)
F = Kornfeuchte (%, 19 Uhr) (rot = relativ gering, blau = relativ hoch)

Tab. 1: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2012. Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2012 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman-Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Das Weinjahr 2012

H.-H. Schmitt

Kälteperioden und Hitzewellen - Wetter-Rückblick

Das Wetter im Jahr 2012 brachte einige überraschende Wetterwendungen – angefangen von einem späten Wintereinbruch im Februar über einen feuchten Frühsommer bis hin zu einem trocken-warmen Spätsommer, dem letztlich die herausragende Qualität des Jahrgangs 2012 zu verdanken ist. Ein früher Wintereinbruch hätte beinahe für frühe Eisweine gesorgt. Wermutstropfen in dieser Entwicklung: Ungünstiges Blütewetter sorgte für eine schlechte Befruchtung und damit vergleichsweise geringe Erträge.
Den Verlauf des Jahres 2012 hinsichtlich der Mitteltemperaturen im Vergleich zu den letzten 30 Jahren, der Verteilung der Niederschläge und die Termine für Austrieb, Blüte, Reife und Lese zeigt Abb. 1.

Später Winter

Der Winter 2011/12 begann ungewöhnlich mild – Dezember und Januar waren eher frühlingshaft. Schon Anfang Januar regte sich die Natur, die Hasel als erster Frühlingsbote stäubte in Geisenheim schon am 4. Januar. Die Reben brauchen indessen höhere Temperaturen, um aus dem Winterschlaf zu erwachen. Als es dann im Februar doch noch knackig-kalt wurde, machte das den Reben demzufolge auch nichts aus, zumal die Abkühlung relativ langsam kam. Die Rheingauer Reben überstanden die Frostperiode unbeschadet. Trotz der kalten Phase im Februar war der meteorologische Winter (er umfasst die Monate Dezember, Januar und Februar) insgesamt deutlich zu mild und viel zu nass.

Verspäteter Austrieb

Der März wurde dann wieder zu mild, die Natur erwachte aus der Kältestarre. Der Müller-Thurgau blutete am 11. März, der Riesling am 17. März – beide Werte lagen im Bereich der vieljährigen Durchschnittswerte. Der unmittelbar bevorstehende Austrieb der Reben wurde dann aber durch einen neuerlichen Kälterückfall in der zweiten Aprilhälfte ausgebremst: Erst am 29. April wurde der Riesling-Austrieb im Referenzweinberg des Weinbauamts Eltville registriert. Das war der späteste Termin der letzten zehn Jahre!
Ein sehr warmes April-Ende und ein insgesamt zu warmer Mai (in beiden Monaten gab es schon Tage mit Temperaturen knapp über 30°C) lösten in der Folgezeit aber wieder einen Entwicklungsschub aus. Ergebnis war ein relativ früher Riesling-Blühbeginn am 6. Juni, was eine gute Woche früher als im Durchschnitt der letzten 30 Jahre war.
Meteorologisch bemerkenswert: Alle drei Frühjahrsmonate waren trockener, als es der Norm entspricht. Bis Ende Mai war für das Gesamtjahr schon ein Niederschlagsdefizit von gut 40 Liter aufgelaufen, und das trotz des nassen Jahresstarts! Schon machte sich in den noch flach wurzelnden Junganlagen Wassermangel bemerkbar.

Verrieselte Blüte

In die Euphorie über einen frühen Start der Reifeentwicklung kam dann die kalte Dusche in Form von wechselhaftem und kühlem Blütewetter. Die erste Junihälfte fiel wenig sommerlich aus – deutlich zu kühl und viel zu nass. Ergebnis war eine unzureichende Befruchtung, wovon der früher blühende Spätburgunder noch stärker betroffen war als der Riesling, weil er voll in die Schlechtwetterperiode kam. Die Rieslingblüte zog sich etwas länger hin, konnte im Endeffekt aber noch mit einem halbwegs zufrieden stellenden Blühergebnis aufwarten. Gleichwohl war durch die verrieselte Blüte schon die Hoffnung auf eine mengenmäßig große Ernte verflogen.
Das feuchte Wetter stellte die Winzer beim Pflanzenschutz vor Probleme, weil die Rebschutzmaßnahmen kaum einmal ungestört von Witterungseinflüssen durchgeführt werden konnten. Erst als es Ende Juli (Höchsttemperatur 35,1°C) und über weite Teile des Augusts (Höchstwert 37,4°C) hochsommerlich wurde, wendete sich das Blatt. In der entscheidenden Reifephase fanden die Trauben beste Bedingungen vor, die Rebentwicklung nahm wieder Fahrt auf. Der Reifebeginn beim Riesling im Eltviller Sonnenberg lag mit dem 15. August fünf Tage früher als der Durchschnitt!

Günstiger Herbstverlauf

Die für die Winzer entscheidende Phase im Herbst entwickelte sich zunächst sehr günstig. Der September begann hochsommerlich mit Höchstwerten über 30°C und viel Sonnenschein, was die Oechslegrade rasch weiter steigen ließ. Dass es in der zweiten Monatshälfte wieder mehr Regen gab, konnte der Traubengesundheit kaum schaden. Denn gleichzeitig wurde es auch nachts frisch, so dass sich keine Fäulnis ausbreiten konnte. Gleichzeitig konservierten die niedrigen Nachttemperaturen die Säure in den Beeren, so dass sich die Trauben Anfang Oktober in nahezu perfektem Zustand präsentierten.

Die Lese beim Spätburgunder begann Ende September, beim Riesling Anfang Oktober, und damit weitgehend im Bereich der Norm. Das Besondere in diesem Jahr: Angesichts des guten Gesundheitszustands der Trauben konnte die Lese noch weiter hinausgezögert werden, mit dem Ergebnis, dass der physiologisch perfekte Lesetermin getroffen werden konnte. Fast hätte es zum guten Schluss noch eine extrem frühe Eisweinernte gegeben: In der Nacht zum 28. Oktober gab es Frost bis -5°C – das wäre dann aber auch des Guten zuviel gewesen. In jedem Fall darf man sich schon jetzt auf den 2012er freuen.

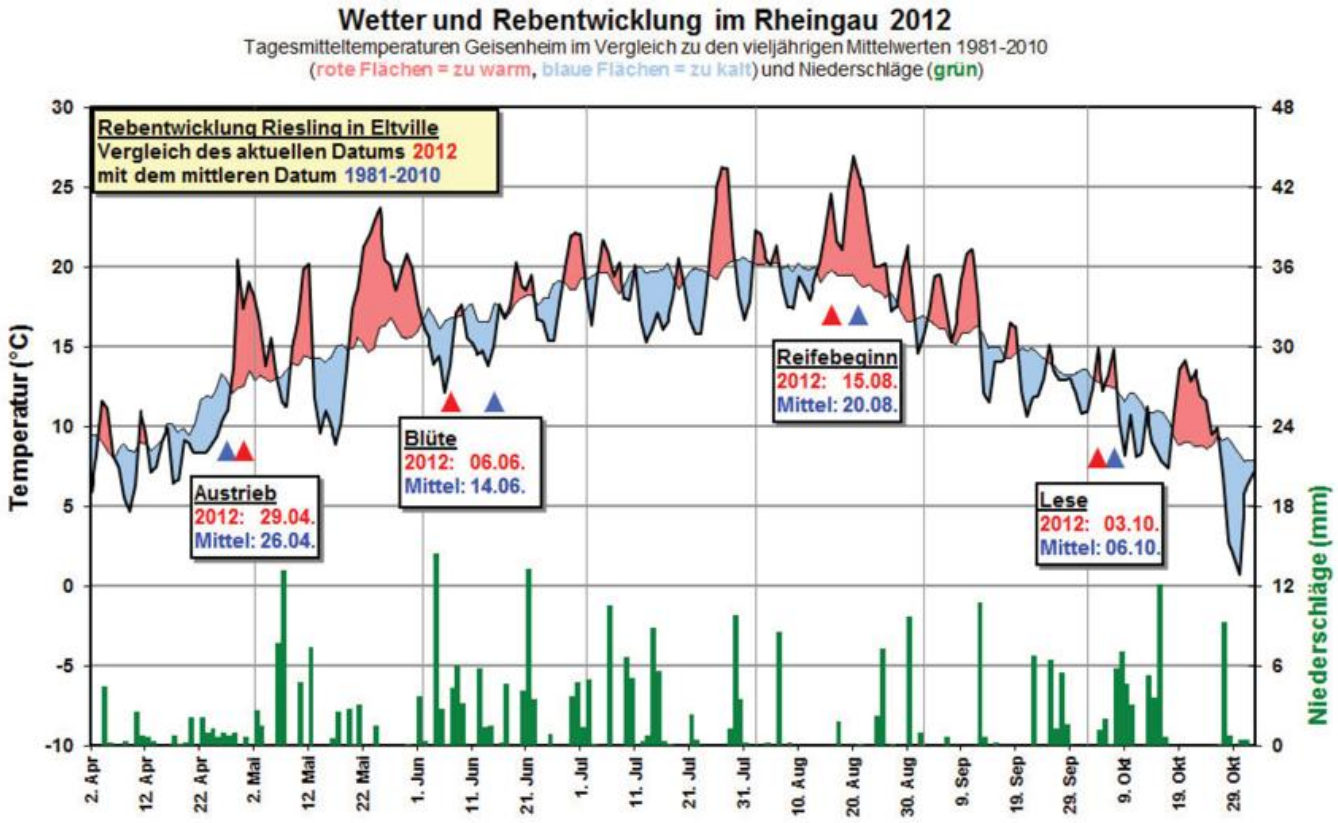


Abb. 1: Wetter und Rebenentwicklung im Rheingau 2012

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann, H. Nitsche

Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

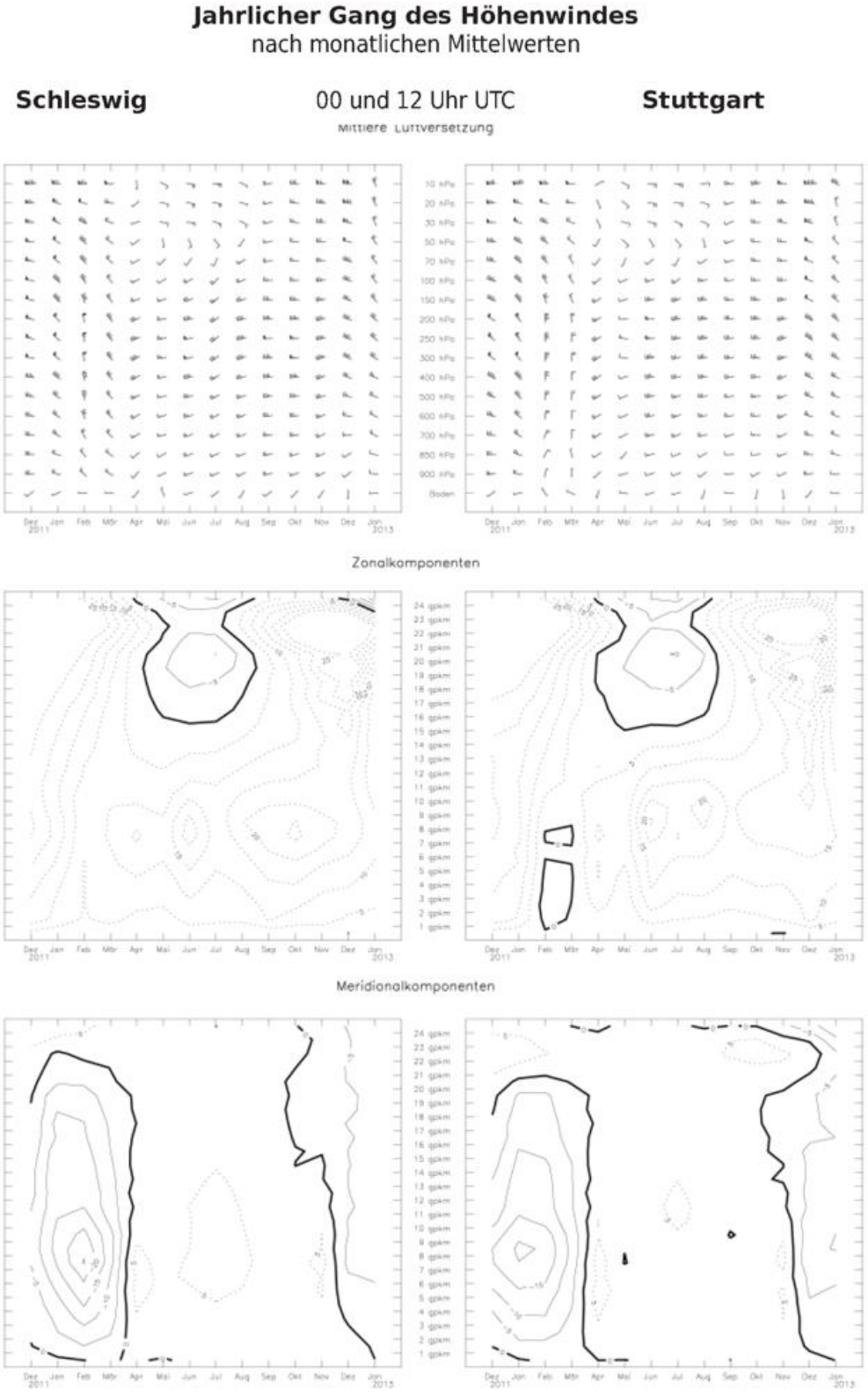
In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2012 dargestellt.

Die Strömungsmuster von Schleswig und Stuttgart weisen wieder eine große Ähnlichkeit auf. Im Januar herrschte an beiden Stationen in der Troposphäre im Mittel die für diesen Monat typische Nordwestströmung vor. Im Februar drehte die Strömung mit der Höhe sowohl über Schleswig als auch über Stuttgart auf Nord. Damit prägte in dem Monat relativ trockene Kaltluft das Wettergeschehen in Deutschland. Während sich im März über Schleswig wieder eine Nordwestströmung ausbildete, blieb über Stuttgart die Nordströmung und damit die ausgeprägte Meridionalkomponente erhalten. Im April waren überwiegend Südwestlagen wetterbestimmend, was auch durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart verdeutlicht wird. Bei hochreichendem Hochdruckeinfluss im Mai schwächte sich die troposphärische Strömung ab und drehte in Schleswig bereits bodennah, über Stuttgart in den höheren Schichten auf West. Diese Westdrift blieb bis Oktober stabil. Im November sorgten viele Südwestlagen für eine entsprechende Ausrichtung der Anströmung. Im Dezember blieb für Schleswig und Stuttgart bodennah die Südkomponente in der Anströmrichtung erhalten. In den höheren Troposphärenschichten bildete sich dann die für die Wintermonate typische West- bis Nordwestströmung aus.

In der Stratosphäre dominierte von Januar bis März über beiden Stationen eine Nordwest- bis Nordströmung, die erst in den höheren Stratosphärenschichten auf West drehte. Im April bildete sich über Stuttgart, im Mai auch über Schleswig in der oberen Stratosphäre eine Ostströmung aus. Diese Ostwindzirkulation blieb bis Ende August stabil. Ab September herrschte über ganz Deutschland wieder eine stratosphärische Westströmung vor.

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	118	246	129
	50	136*	228*	93*
GREIFSWALD (WEWA)	20	117	244	128
	50	137	228*	92*
BERGEN (BW)	20	117	246	130
	50	136	232*	97*
LINDENBERG (OBS)	20	116	249	134
	50	136	228*	93*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	116	243	128
	50	136	223*	88*
MEININGEN (WEWA)	20	117	246	130
	50	137*	233*	97*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	121	246	126
	50	136*	234*	99*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	118	246	129
	50	137*	233*	97*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	121	244	124
	50	134*	233*	100*
OBERSCHLEISSHEIM	20	120	244	125
	50	130*	235*	106*

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2012 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten.
Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.
Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1kn=0,514m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2012

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1988 bis 2012.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über allen Stationen in der letzten Aprildekade ein. Die Ostströmung blieb in der Höhe bis Ende August/Anfang September beständig.

In 30 hPa setzte die Ostzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, Ende April ein und blieb ebenso wie in 20 hPa bis Ende August stabil. Damit ist die Ostwindperiode 2012 etwas kürzer als im Vorjahr.

In 50 hPa begann die sommerliche Zirkulation an den 10 ausgewählten Radiosondenstationen zwischen dem 10. und 17. Mai und endete in der zweiten Augusthälfte.

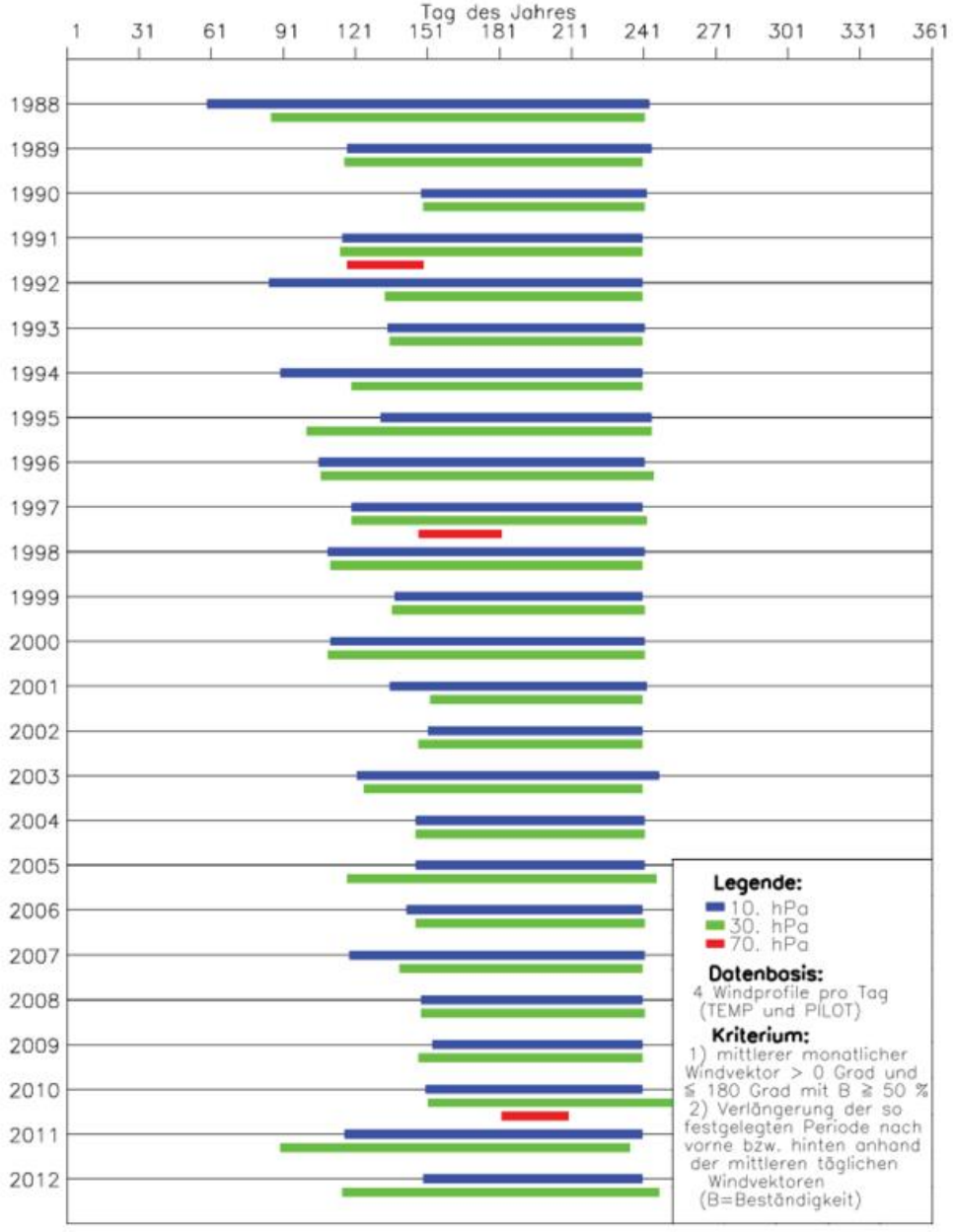


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1988-2012

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2012 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1972. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten. Interessante Kurvenverläufe zeigen das Winter- und Frühjahrsdiagramm. Der Winter 2011/2012 war ab Mitte Januar geprägt von Kaltluftadvektion. Zunächst gelangte hochreichend Meereskaltluft nach Deutschland, die Ende Januar durch den Zustrom kontinentaler Kaltluft, bedingt durch ein sibirisches Kältehoch, abgelöst wurde. Da dieses Hochdruckgebiet, bis Mitte Februar stabil blieb, wurde der Winter in der mittleren Troposphäre deutlich zu kalt. Im März änderte sich die Großwetterlage und Warmluftadvektion sorgte für eine schnelle Erwärmung der unteren und mittleren Troposphäre. Die Stratosphäre war in allen Jahreszeiten zu kalt, wobei im Winter eine extreme negative Anomalie zu beobachten war.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2012 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Sehr deutlich ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause zu erkennen. Unterhalb der Tropopause verhielt sich der Temperaturgradient an beiden Stationen jahreszeitengemäß.

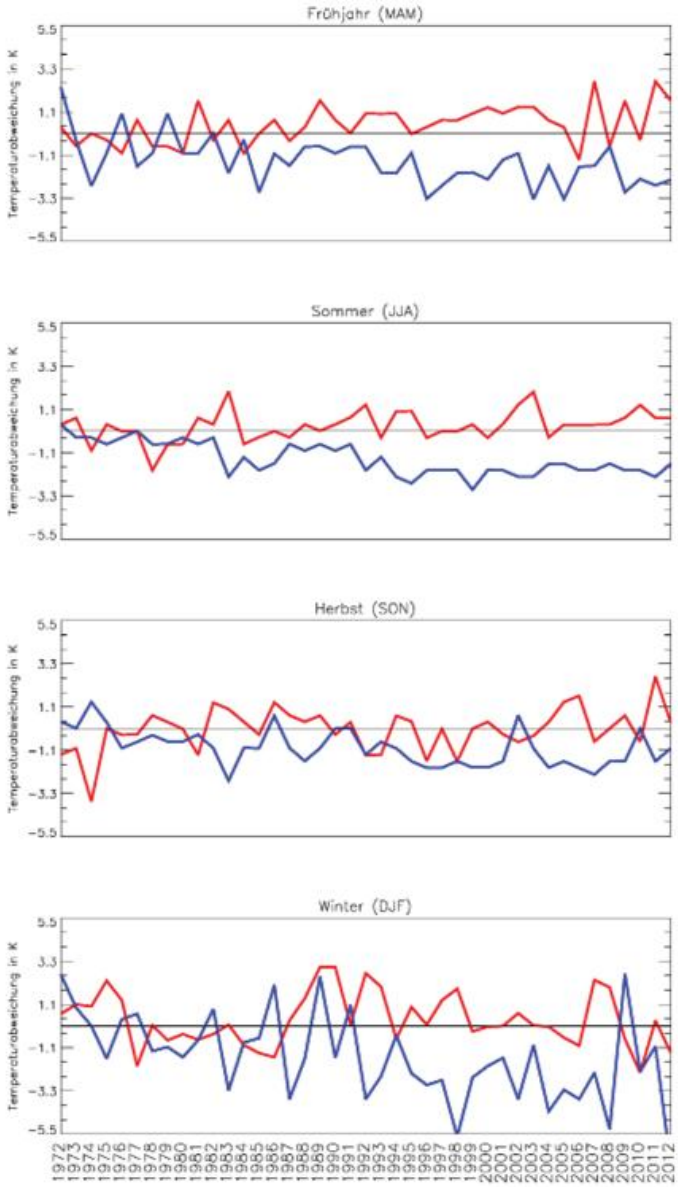
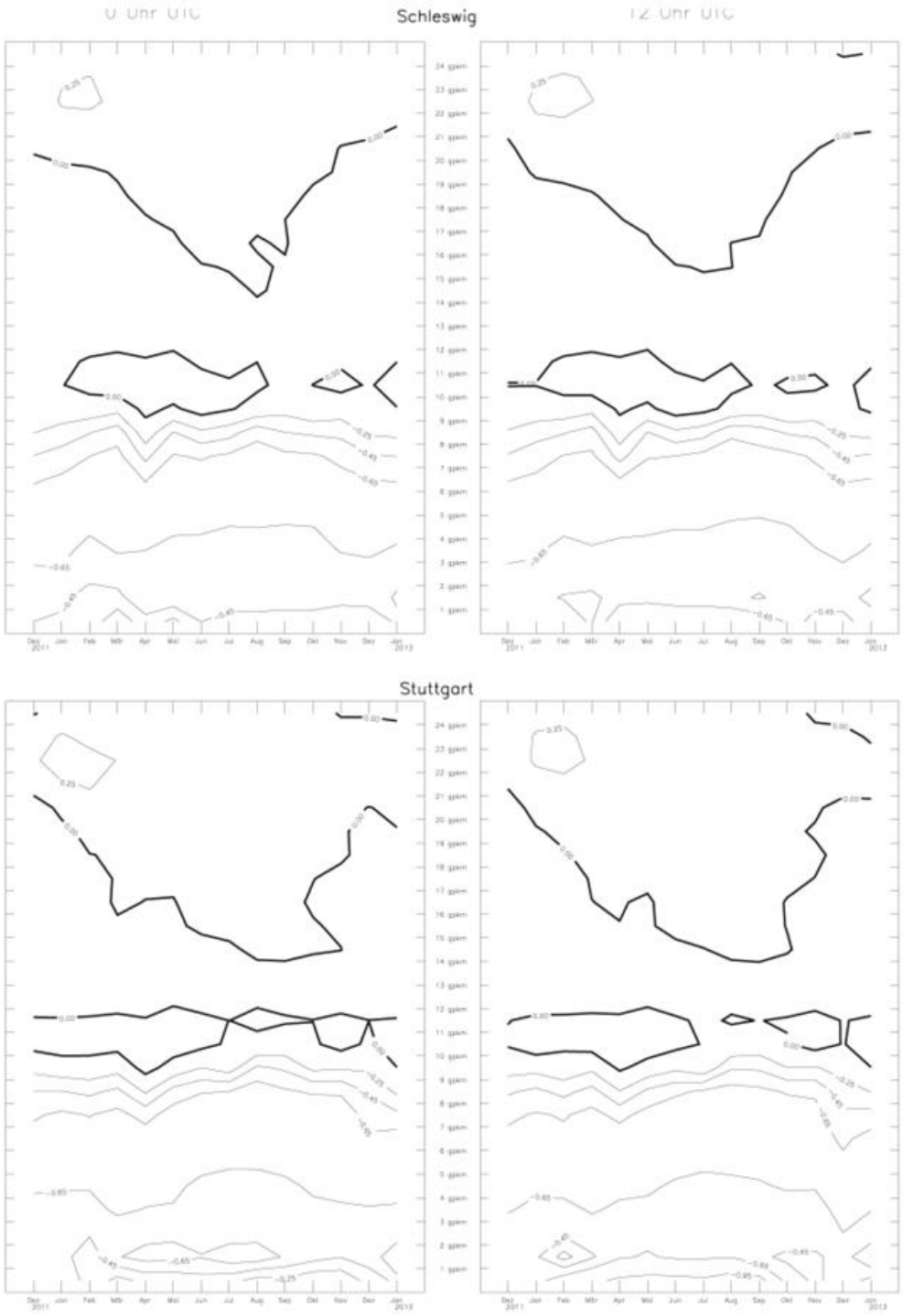


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2012 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten 2012



Negative Werte entsprechen einer Abnahme, positive Werte entsprechen einer Zunahme der Temperatur mit der Höhe (Angabe in K/100m)

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2012

Temperaturminima in der Stratosphäre

Temperaturminima in der Stratosphäre von -80°C und darunter wurden in Tab. 2 eingetragen. Anfang des Jahres war die Stratosphäre besonders kalt über der Nordhälfte Deutschlands. Im Januar wurden über Schleswig und Bergen stratosphärische Temperaturminima von -86°C und -85°C gemessen. Im Februar wurden nur in der unteren Stratosphäre über Greifswald -80°C gemessen. Diese niedrigen Temperaturen gingen einher mit einer Abnahme des stratosphärischen Ozons, die zwischen 4 % und 14 % lag (s. Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130 vom 18. Mai 2012).
Ende Dezember wurden dann wieder an allen Stationen in einer Höhe zwischen etwa 20 und 30 km Extremwerte bis -86°C (Greifswald) registriert.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
	Jan	1	0	-83	21986
SCHLESWIG (WST)	Jan	14	12	-86	22825
	Dez	28	0	-83	22582
	Dez	24	12	-85	24614
	Jan	14	0	-82	21004
	Jan	14	12	-84	22415
	Feb	21	12	-80	21482
	Dez	27	0	-84	24811
GREIFSWALD (WST)	Dez	26	12	-86	23525
	Jan	14	0	-83	22886
BERGEN (BW)	Jan	14	12	-85	21878
	Dez	28	0	-81	22565
	Dez	28	12	-84	24524
	Jan	15	0	-81	22348
LINDENBERG (OBS)	Jan	15	12	-83	20936
	Dez	26	0	-84	25188
	Dez	24	12	-84	23947
	Jan	4	0	-84	26887
ESSEN-BREDENEY (AWST)	Jan	15	12	-82	21363
	Dez	28	0	-80	23661
	Dez	24	12	-82	24007
	Jan	15	0	-81	20898
MEININGEN (WEWA)	Jan	15	12	-80	21132
	Dez	27	0	-83	24890
	Dez	27	12	-83	24394
	Jan	14	0	-82	22675
IDAR-OBERSTEIN (BW)	Jan	4	12	-82	27257
	Dez	26	0	-80	27000
	Dez	26	12	-84	23550
STUTTGART (SCHNAR. AWST)	Jan	1	0	-81	23658
	Dez	25	12	-82	24974
	Jan	15	0	-80	21982
KUEMMERSBRUCK (BW)	Jan	14	12	-80	22942
	Dez	11	0	-81	29035
	Dez	27	12	-83	25205
	Jan	7	0	-82	25147
OBERSCHLEISSHEIM (WEWA)	Jan	3	12	-81	26929
	Dez	24	0	-83	22306
	Dez	26	12	-82	24843

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2012

Ozon in der Stratosphäre

U. Köhler, W. Steinbrecht, H. Claude

Auch 2012 setzten sich die niedrigen Gesamtozonsäulen aus dem Vorjahr fort. Mit nur 312 DU wurde das sechstniedrigste Jahresmittel seit Beginn der Messreihe im Jahr 1968 erzielt. Nur während der Pinatubo-beeinflussten Jahre 1992 und 1993 wurden in zwei aufeinanderfolgenden Jahren ähnlich niedrige Werte festgestellt. Das außergewöhnliche Jahr 2010 mit seiner dicken Ozonschicht von 339 DU ist damit bisher eine Singularität geblieben (Abb. 1).

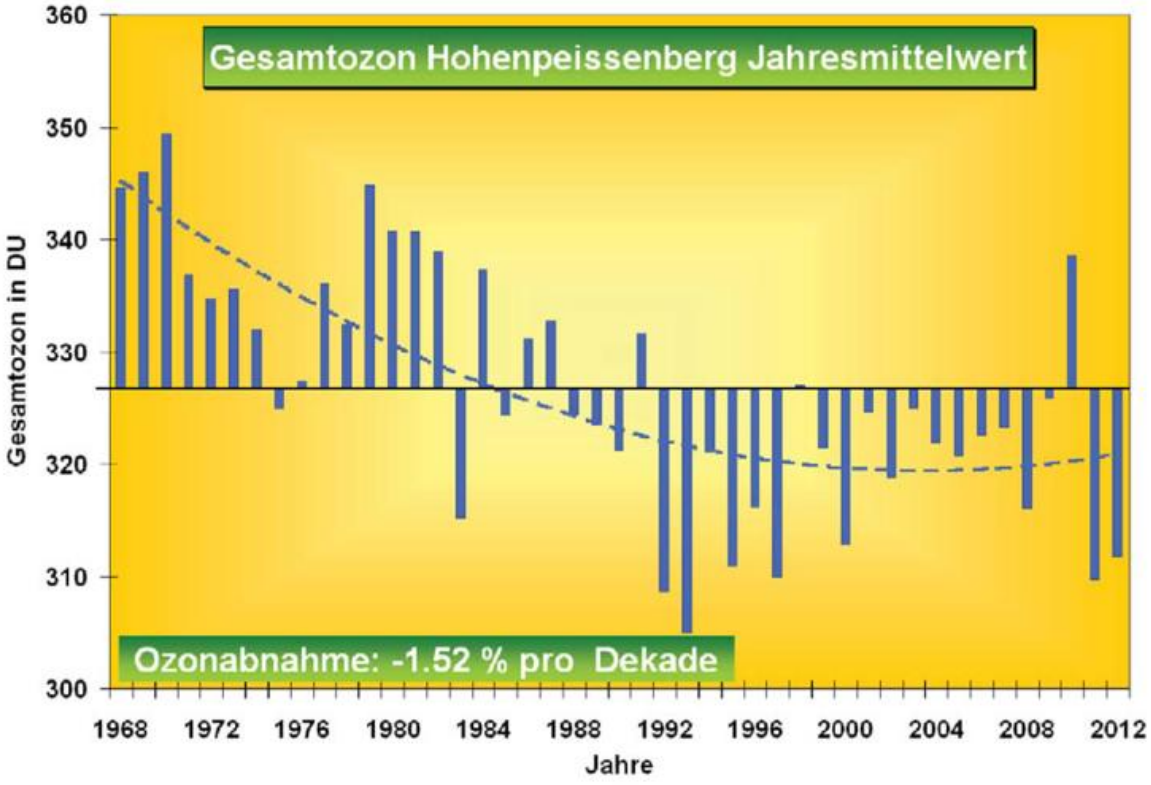


Abb. 1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus den Spektrometermessungen am Hohenpeißenberg

Abb. 2 zeigt den Verlauf der Ozonsäule am Hohenpeißenberg über das Jahr 2012 im Vergleich zu den beiden Vorjahren. In beiden Jahren lagen die Monatsmittel fast durchweg unterhalb des 67 %-Perzentils. Nur der Januar 2011 und der November 2012 lagen oberhalb des Medianwertes. Auffällig ist, dass 2011 besonders im späten Frühjahr (April und Juni) und im Herbst/Frühwinter (September, November und Dezember) sehr niedrige Werte aufweist, während 2012 besonders im Januar extrem negativ ausfiel. Als eine der Ursachen des Ozondefizits im Frühjahr 2011 wurde im Klimastatusbericht 2011 die ozonarme Luft aus dem arktischen „Ozonloch" nachgewiesen, wie es über dem Nordpol noch nie so intensiv beobachtet wurde (Abb. 3). Im 1. Quartal 2012 hingegen war kein arktisches Ozonminimum im Frühjahr zu erkennen. Damit konnten auch keine ozonarmen Luftmassen nach Auflösung des Polarwirbels aus den hohen in die mittleren Breiten gelangen.

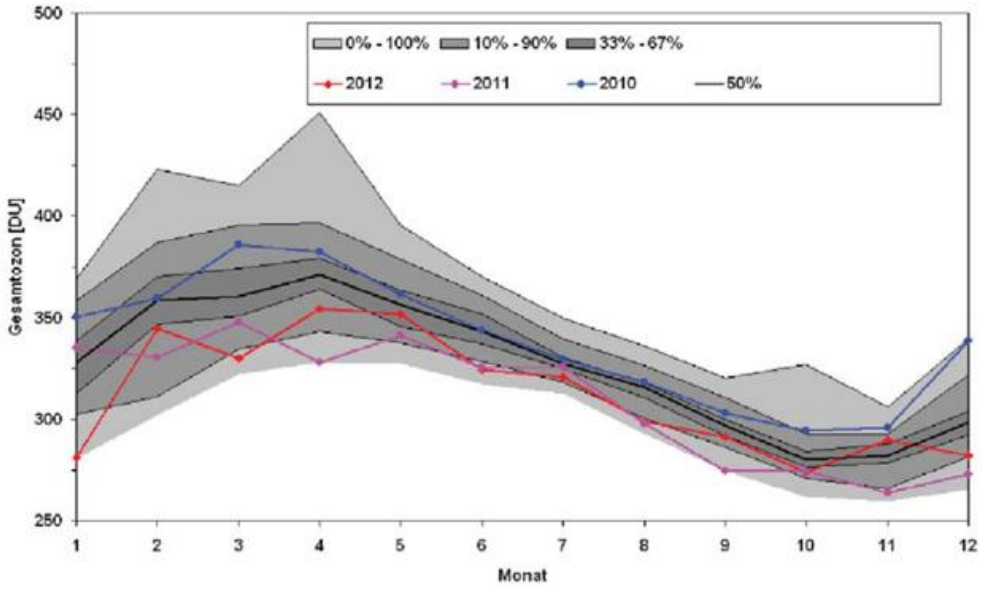


Abb. 2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2010, 2011 und 2012. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an

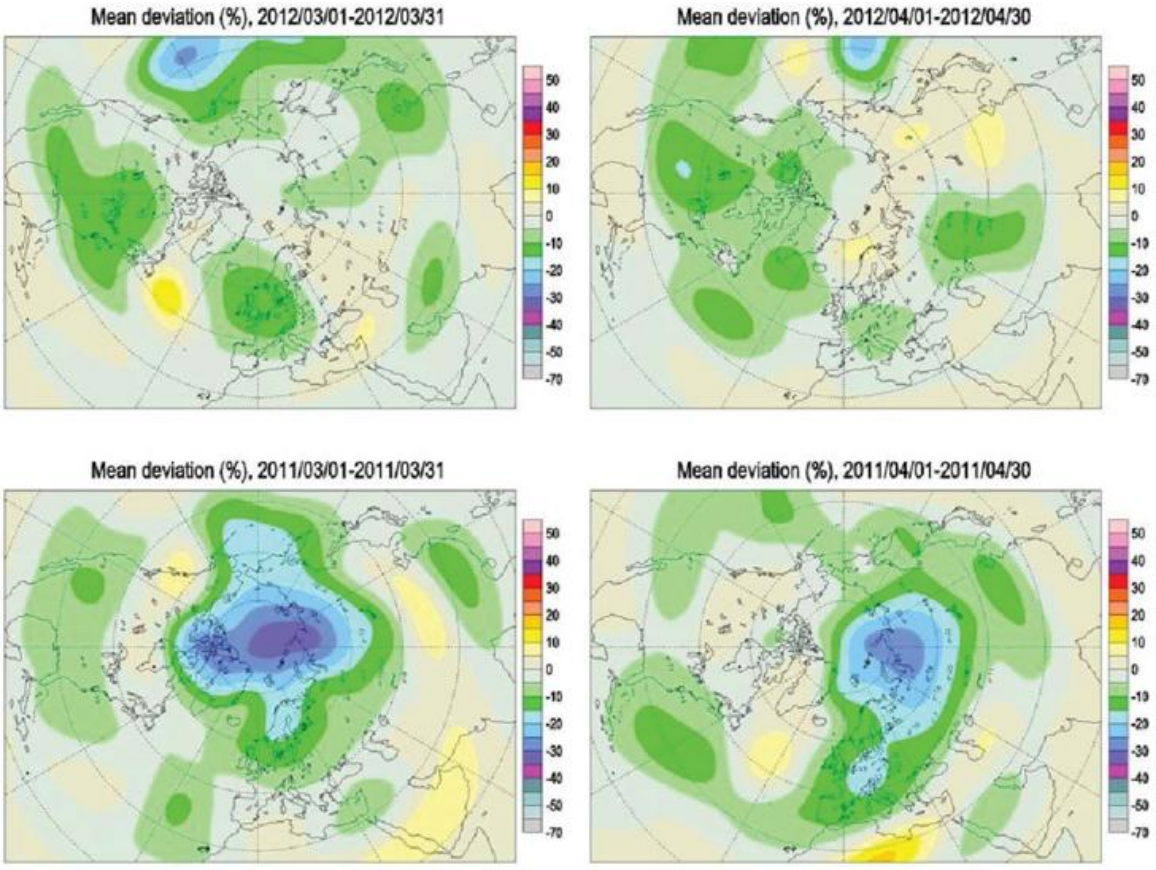


Abb. 3: Abweichung des nordhemispärischen Gesamtozons in den Monaten März und April 2012 (oben) und 2011 (unten) vom vieljährigen Mittel 1978-1988 (Quelle: WO3UDC, Toronto, Kanadischer Wetterdienst)

In Abb. 3 sieht man deutlich diese Unterschiede zwischen den beiden Jahren. Im März 2011 (Abb. 3, unten links) erkennt man das ausgeprägte arktische Ozonloch und anschließend den Ausbruch der ozonarmen Luftmassen (Abb. 3, unten rechts), die zu dem Rekordminimum im April 2011 über Mitteleuropa führten. In 2012 (Abb. 3, obere Grafiken) ist nichts dergleichen zu erkennen.

Den schon oft beschriebenen Einfluss der atmosphärischen Zirkulation auf die Ozonschichtdicke sieht man in den zwei folgenden Grafiken sehr deutlich. Der Verlauf des Nordatlantischen Oszillation(NAO)-Indizes als Maßzahl für die Druckverteilung über dem Nordatlantik, hier speziell gemittelt über die Monate Januar bis April (Abb. 4), zeigt die negative NAO-Phase 2010, die normalerweise mit hohen Gesamtozonwerten einhergeht (Abb. 2). In 2011 und 2012 kippte dieser Index wieder in eine überwiegend positive Phase, was mit niedrigen Gesamtozonsäulen einhergeht. Ähnliches zeigt auch die übliche Antikorrelation zwischen der Anomalie der Tropopausenhöhe und des Gesamtozonwertes (Abb. 5). Häufigere ausgedehnte Hochdruckphasen über Mitteleuropa während einer positiven NAO-Phase führen im Mittel zu hohen Tropopausen mit einer entsprechenden dünneren Ozonschicht. Der Januar 2012 mit seinem hohen positiven NAO-Index lieferte daher im Gegensatz zu seinen Vorgängern in 2010 und 2011 einen sehr niedrigen Gesamtozonwert, der sogar ein Rekordminimum für den Hohenpeißenberg darstellte.

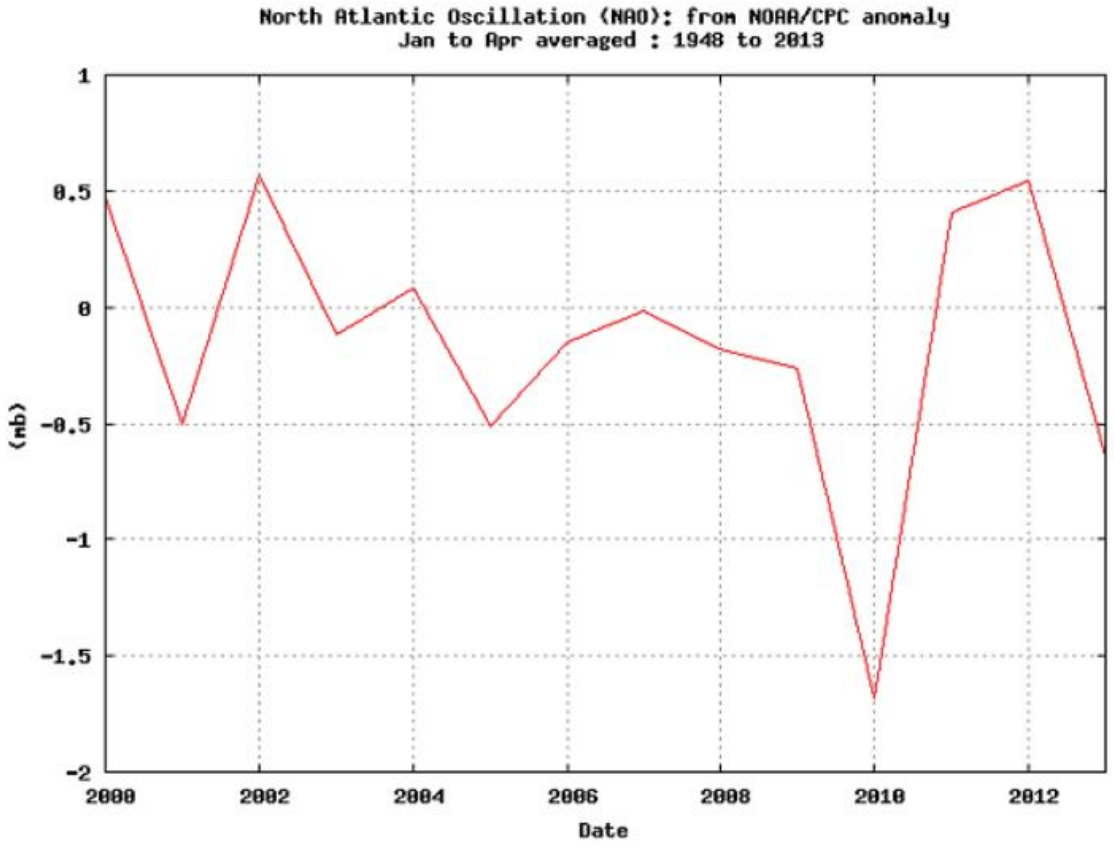


Abb. 4: Zeitreihe des NAO-Index, gemittelt über die Monate Januar bis April, ab 2000. Quelle: http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/

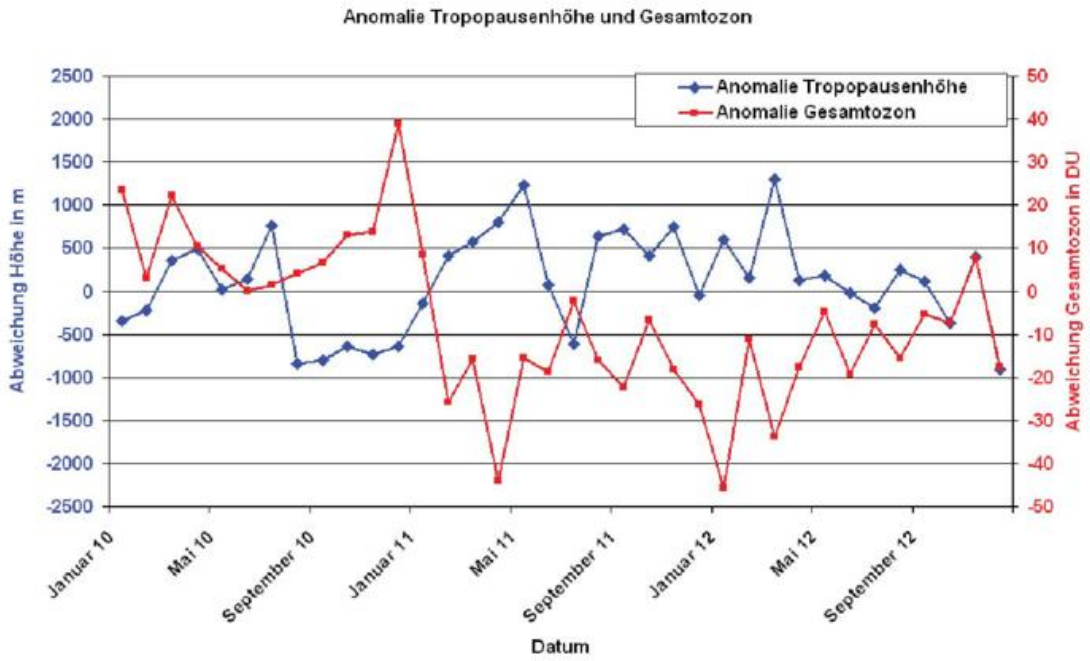


Abb. 5: Zeitreihe der Anomalien von Tropopausenhöhe (blau) und Gesamtozon (rot) über Hohenpeißenberg ab 2010.

Weitere Einflüsse kommen von der QBO (quasi-zweijährigen Schwingung der Winde über dem Äquator) und vom 11-jährigen Sonnenzyklus. Wie im Winter 2009/2010 befand sich die QBO auch im Winter 2011/2012 in der östlichen Windscherungsphase, was eigentlich hohe Ozonsäulen in nördlichen Breiten im Winter und im darauffolgenden Jahr begünstigt. Zusätzlich befinden wir uns im, allerdings schwach ausgeprägten, Maximum des Sonnenzyklus. Beides würde für eher hohe Ozonsäulen in 2012 sprechen. Offensichtlich wurden diese Tendenzen aber im Jahr 2012 vom stärkeren Einfluss der positiven Nord-Atlantik-Schwingung übertroffen (Abb. 4). Sie erklärt den Hauptanteil der niedrigen Ozonsäulen 2012.

Auch wenn mittlerweile der stratosphärische Chlorgehalt langsam zurückgeht und viele Indikatoren daraufhin deuten, dass die Erholung der Ozonschicht begonnen hat, so ist offensichtlich nach wie vor das Potenzial für niedrige Ozonschichtdicken vorhanden, wenn die entsprechenden atmosphärischen Einflussgrößen dies begünstigen. Die Erholung der Ozonschicht ist eben immer noch im Anfangsstadium.

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2012

A. Meyer-Christoffer, H. Nitsche

Lufttemperatur

Im **Jahresmittel** (ohne Abb., siehe (http://www.dwd.de/rcc-cm) war **2012** praktisch in ganz Europa wärmer als normal (Referenz 1961-1990). Nach der Auswertung der E-OBS Daten lag 2012 auf Rang 11 der Zeitreihe seit 1950 mit einem Gebietsmittelwert von 10,6°C und einer Anomalie von +0,91°C. Besonders markant war die positive Anomalie in der Arktis mit einer Temperaturzunahme von mehr als 3 K um Spitzbergen und nordöstlich davon. Aber auch im südlichen Mitteleuropa, im Osten der Iberischen Halbinsel, auf dem Balkan, im zentralen und im östlichen Mittelmeer, im Nahen Osten sowie im Süden des europäischen Russlands und im Kaukasus lagen die positiven Anomalien im Bereich 1-2 K.

Winter 2011/2012:

Im **Winter 2011/2012** stand eine intensive positive Anomalie von mehr als 4 Kelvin in der Arktis einer negativen Anomalie im Süden und Südosten gegenüber (Abb. 1b, oben). Im **Dezember 2011** gab es positive Anomalien über dem europäischen Russland, dem Europäischen Kontinent, Skandinavien und in der Arktis, während es auf dem westlichen Nordatlantik sowie im Nahen Osten kälter als normal war. Im **Januar 2012** war es außer im Mittelmeerraum überall wärmer als normal mit den größten positiven Anomalien von mehr als 4 K in der Arktis einschließlich Nordostgrönlands. Der Mittelmeerraum war kälter als normal mit Anomalien bis zu -2 bis -3 K im östlichen Mittelmeer und der Westtürkei. Im **Februar 2012** war der gesamte Europäische Kontinent kälter als normal während die Arktis, Teile Südskandinaviens und der gesamte Atlantik wärmer als normal waren. Die größten negativen Anomalien traten über der Südhälfte Frankreichs und dem Alpenvorland sowie auf dem Balkan, dem östlichen Mitteleuropa und im südlichen Teil des europäischen Russlands auf. Die stärksten positiven Anomalien von mehr als +4 K gab es wieder um und nordöstlich von Spitzbergen. Die Kältewelle von der letzten Januarwoche bis Mitte Februar prägte diesen Winter (WMO RCC-RA II & RA VI, 2012). Eindrucksvoll ist die Anomalie des Kältewellen-Andauer-Index (CSDI) in Abb. 10.

Frühjahr 2012:

Das **Frühjahr 2012** war insgesamt im Gebiet der WMO Region VI wärmer als normal (Abb. 1b, Mitte oben). Die positiven Anomalien reichten von 0,3 K bis 4 K als Landesmittelwerte (auf der Basis der Analyse der Anomalien, Abb. 1b). In Norwegen war der Frühling 2012 der 15. wärmste seit 1900. Die positiven Anomalien warmer Tage (Abb. 10 und Abb. 11) sind bemerkenswert. In etlichen europäischen Ländern war der **März 2012** unter den fünftwärmsten März-Monaten in ihren Zeitreihen. In Norwegen war er der wärmste März seit 1900. In Österreich war er der drittwärmste März seit 1880, in Deutschland der viertwärmste März seit 1881. In Dänemark war schon der 12. März ein Sommertag. Im **April 2012** waren die Britischen Inseln, die Färöer und Westeuropa und die Iberische Halbinsel etwas kälter als normal mit negativen Anomalien unter -1 K. England meldete den kältesten April seit 1989. Alle anderen Länder waren wärmer als normal. Die warmen Anomalien übertrafen +4 K im Süden des europäischen Russlands und dem Kaukasus. Im **Mai 2012** war es über dem Nordatlantik und den angrenzenden Regionen sowie teilweise im zentralen und östlichen Mittelmeerraum kälter als normal, sonst aber überall wärmer als normal mit positiven Anomalien im Süden des europäischen Russlands und dem Kaukasus die wieder 4 K übertrafen. Mehrere Länder meldeten Rekordwerte der täglichen Maxima für den Mai. Am 29. Mai wurde in Narsarsuaq auf Grönland eine Maximumtemperatur von 24,8°C gemessen. Norwegen verzeichnete an einigen Stationen neue Rekorde und Dänemark hatte 3 aufeinanderfolgende Sommertage in der 3. Monatsdekade. In Irland wurde an der Station Shannon Airport am 25. Mai mit 27,8°C das höchste Maximum seit 1938 erreicht und De Bilt in den Niederlanden hatte am 22. Mai den ersten Sommertag des Jahres und am folgenden Tag den ersten heißen Tag in den östlichen Landesteilen.

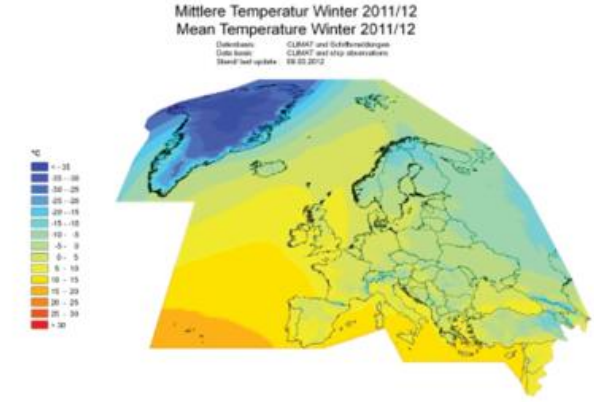
Sommer 2012:

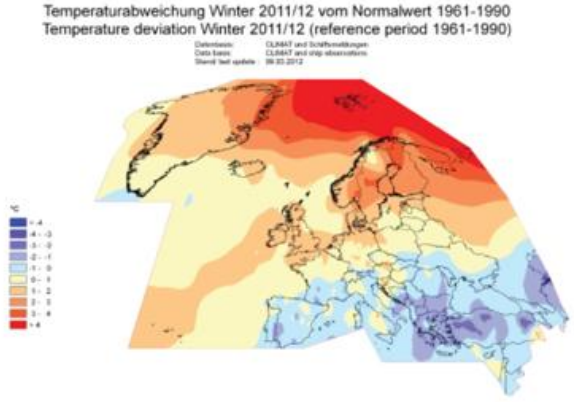
Der **Sommer 2012** war im südlichen Mitteleuropa, in Süd- und Südosteuropa, im Nahen Osten sowie auf Grönland und dem nordwestlichen Nordatlantik wärmer als normal (Abb. 1b, Mitte unten). Die größten positiven Anomalien traten in Italien, auf der Balkanhalbinsel und in der Ukraine auf. Die mittlere Anomalie der Teilregion ‚Mittelmeer und Italienische und Balkanhalbinsel betrug +3,8 K und diejenige für den Nahen Osten +2,25 K (auf der Basis der Analyse der Anomalien, Abb. 1b). In einigen Ländern war der **Sommer 2012** unter den wärmsten ihrer Zeitreihen, z.B.: in Österreich war der Sommer 2012 der drittwärmste seit 1767, in der Schweiz war der **Sommer 2012** regional sehr unterschiedlich auf Rang 2 bis 10 der warmen Sommer seit 1864, in Spanien war es der viertwärmste seit 1961.

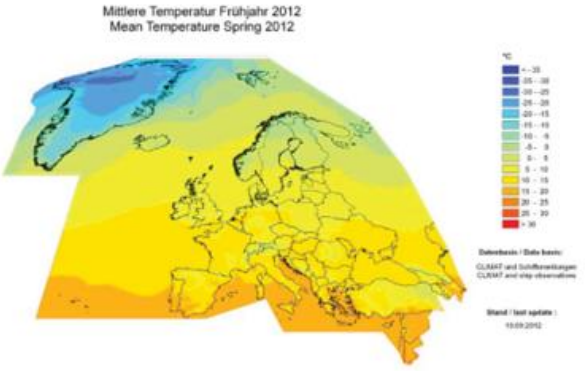
Die positiven Anomalien waren hauptsächlich durch die Monate **Juni** und **August** geprägt. Dabei waren Sommertage und Tropennächte in den betreffenden Regionen deutlich übernormal häufig. Die Anomalien der Anzahl der Tropennächte sind in Abb. 10 zu sehen. In Montenegro wurde an etlichen Stationen die bisher höchste Anzahl der heißen Tage übertroffen. In Deutschland war der **Sommer 2012** dagegen nur durchschnittlich, in den skandinavischen Ländern sowie in Irland und Schottland sogar noch etwas kühler als im Mittel über die Referenzperiode 1961-1990. Dänemark verzeichnete 2012 den kältesten Sommer seit dem Jahre 2000 und den kältesten **Juni** seit 1991.

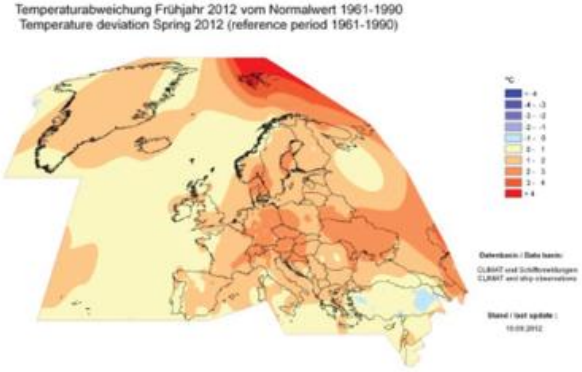
Herbst 2012:

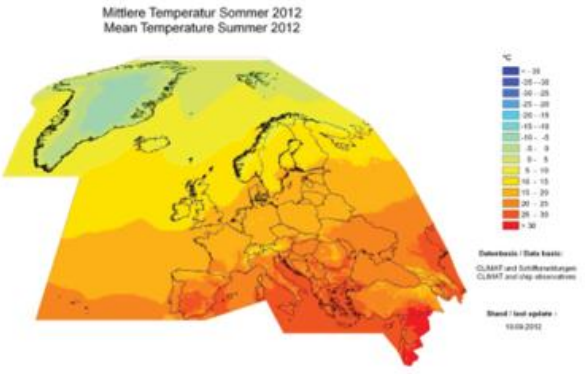
Im **Herbst 2012** waren Grönland , die Arktis und der größte Teil des Europäischen Kontinents mit Ausnahme des äußersten Westens wärmer als normal (Abb. 1b, unten). Dagegen waren der Nordatlantik, die Britischen Inseln und Island kälter als normal. Hinsichtlich der Anomalien unterschieden sich die drei Monate **September**, **Oktober** und **November 2012** wenig. Im **September 2012** hatten die Balkanhalbinsel sowie die Arktis und Grönland positive Anomalien von +2 bis +3 K, z.T. auch darüber. Heiße Tage traten z.B. in Österreich, Polen und Moldawien auf. Im **Oktober 2012** war es in West- und Mitteleuropa sowie in Skandinavien ausgenommen dem äußersten Norden meist kälter als normal. Die größten negativen Anomalien bis -3 K traten in Irland, im Norden der Britischen Inseln und in großen Teilen Norwegens und Westschwedens auf. Das Vereinigte Königreich hatte den kältesten Oktober seit 2003. Wärmer als normal war es im Süden, Südosten, Osten, Norden und Nordwesten mit den größten positiven Anomalien über 4 K in der Schwarzmeerregion und über 3 K von der Ägais nordostwärts bis in den Süden des europäischen Russlands, der südlichen Ukraine und in der Kaukasusregion. Ähnlich große Anomalien gab es in Nordgrönland und in der Barentssee. Der **November 2012** war in der Arktis und größtenteils auf dem Europäischen Kontinent außer den atlantiknahen Gebieten der Britischen Inseln, Frankreichs und der Iberischen Halbinsel wärmer als normal. Der Nordatlantik war kälter als normal. Die positiven Anomalien überstiegen +4 K in der Arktis und z.B. +3 K an vielen Stationen in der Slowakei.

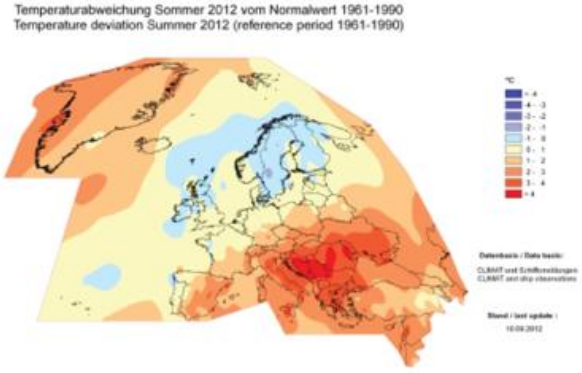


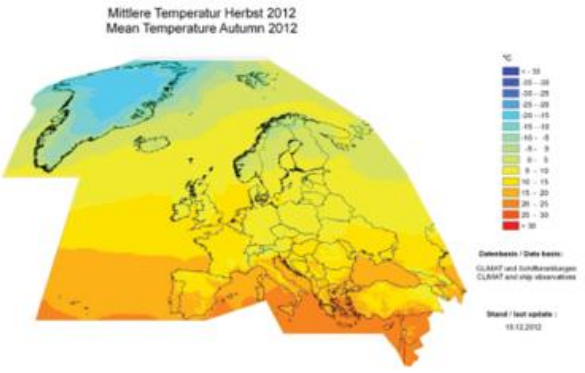












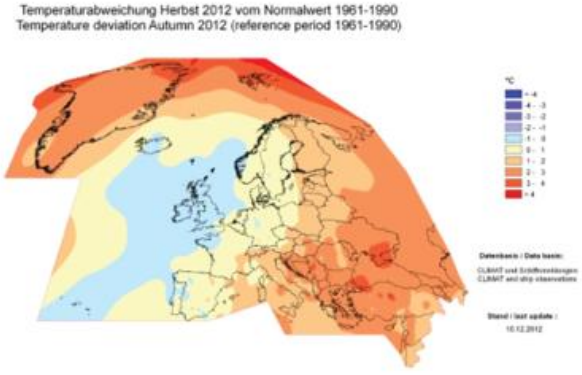


Abb.1a: Mittlere Lufttemperatur (2m) in °C im Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.1b: Mittlere Anomalie der Lufttemperatur (2m) in °C bzw. K im Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012, Herbst 2012

Niederschlag

Die Niederschlagskarten dieses Beitrags beruhen auf dem „GPCC Monitoring Product“ (Becker et al., 2013) des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN, engl. Global Precipitation Climatology Centre, GPCC) http://gpcc.dwd.de.

Die Analysen des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN) zeigen für das Jahr 2012) für Europa überwiegend geringe Abweichungen des Niederschlags von den vieljährigen Mittelwerten des Zeitraums 1951–2000. Allerdings wird eine zonale Aufteilung in zu trockene und zu feuchte Gebiete deutlich.
In der Anomaliekarte (Abb. 2b) fällt insbesondere der leichte Niederschlagsüberschuss nördlich von 50° auf, vor allem in England und Wales sowie im Südosten Norwegens, in Teilen Schwedens, im Süden Finnlands, im Baltikum und in Weißrussland bis nach Russland hinein.
Ein geringes Niederschlagsdefizit findet man im Süden, vor allem auf der Iberischen Halbinsel, in Südfrankreich, in Italien und am östlichen Schwarzen Meer. Das größte Defizit über das ganze Jahr ergibt sich mit über 30 mm/Jahr in Nordportugal.

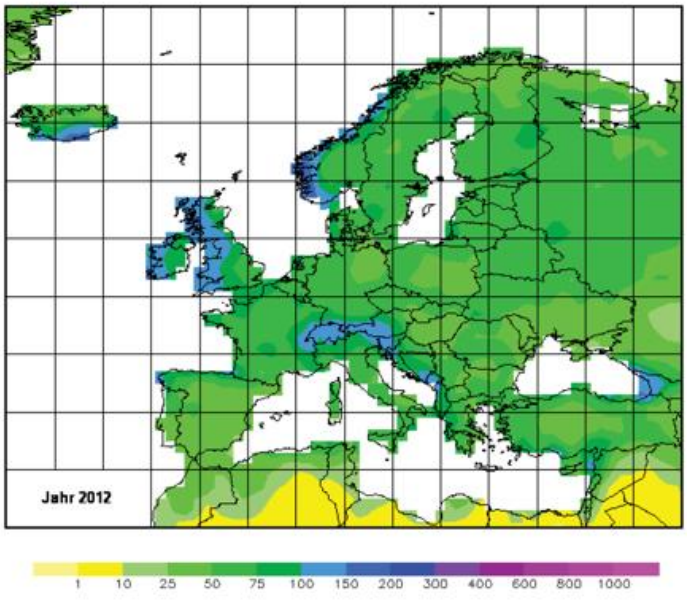


Abb.2a: Niederschlagshöhe in mm/Monat im Jahr 2012

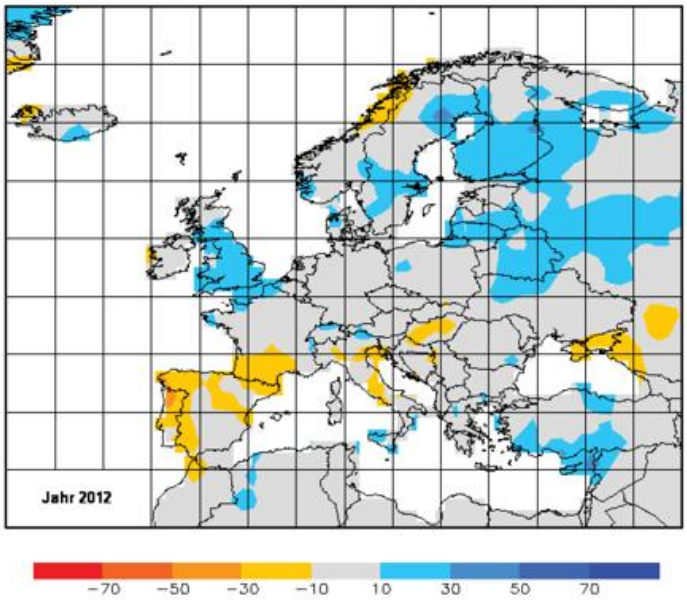


Abb.2b: Niederschlagsanomalie im Jahr 2012 als Abweichung in mm/Monat vom Mittelwert des Zeitraums 1951-2000

Ein differenzierteres Bild erhält man für die einzelnen Jahreszeiten (Abb. 3):

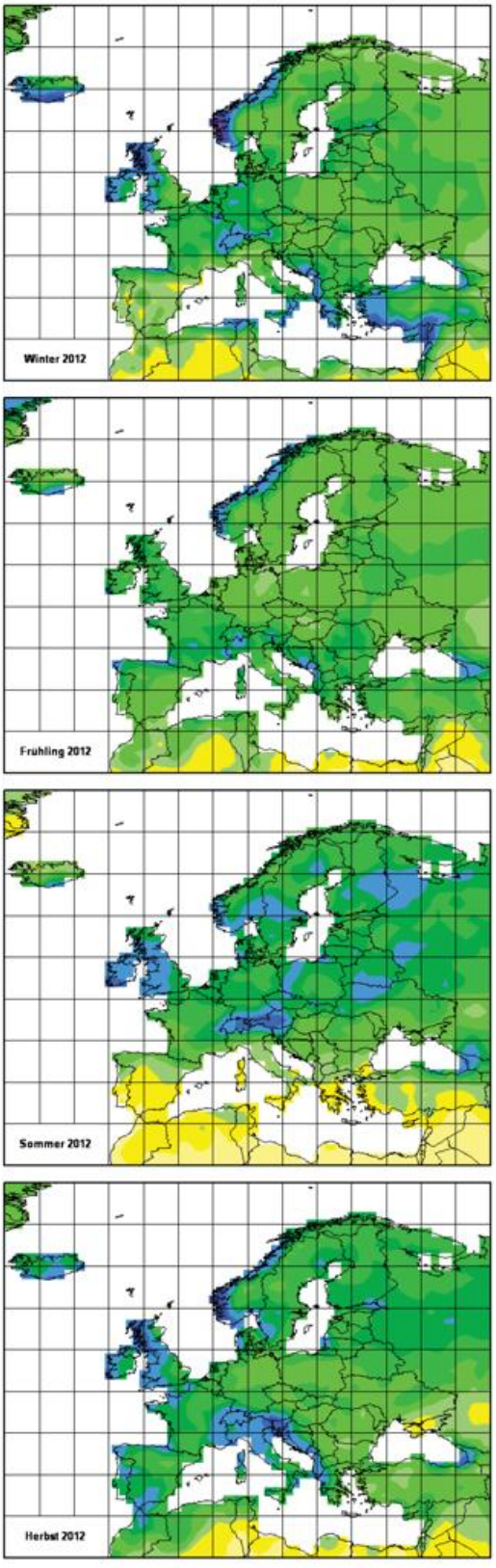


Abb.3a: Niederschlagshöhe für die Jahreszeiten in mm/Monat

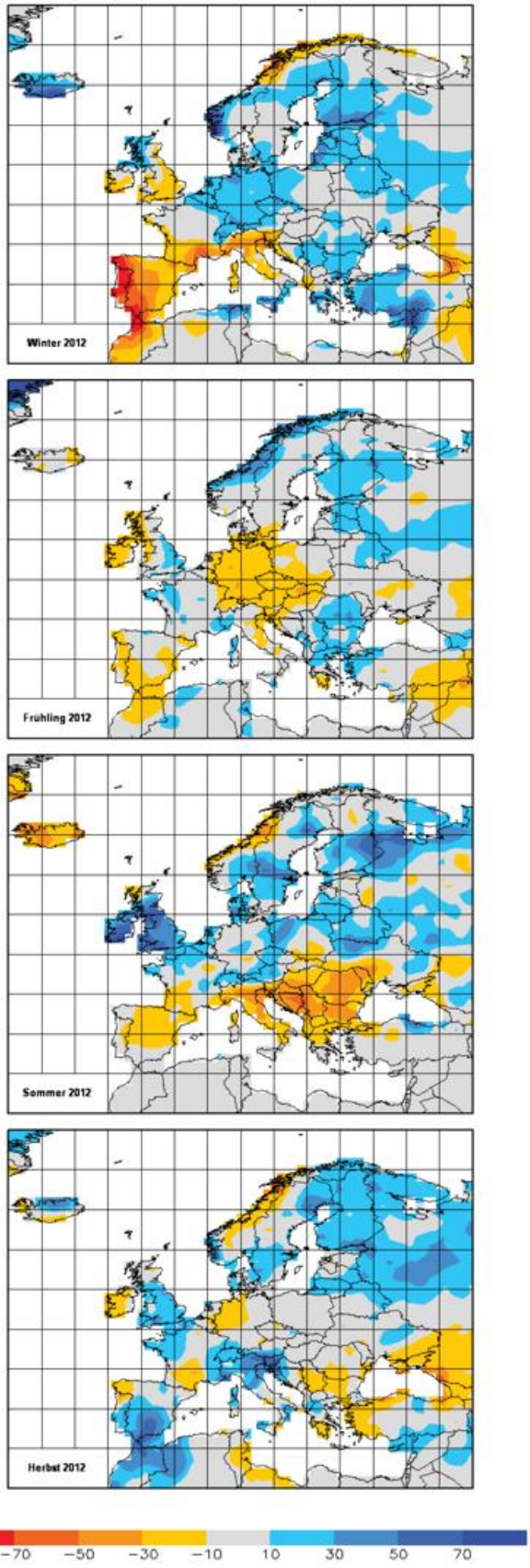


Abb.3b: Niederschlagsanomalie für die Jahreszeiten in mm/Monat (Bezugszeitraum 1951–2000)

Winter 2011/2012:

Im **Winter** fällt vor allem das starke Niederschlagsdefizit auf der Iberischen Halbinsel, in Südfrankreich bis nach Italien und entlang der gesamten Adriaküste auf (Abb. 3b, oben). Ein besonders trockenes Band mit mehr als 50 mm Niederschlag unter der Norm zieht sich von Galicien und Portugal über Andalusien bis nach Afrika. Auch in Südirland, England und der nördlichen Norwegischen Küste war es trockener als im Mittel. In Irland, Großbritannien, Frankreich und auf der Iberischen Halbinsel fiel im Februar besonders wenig Niederschlag, teilweise fielen weniger als 20 % des normalen Niederschlags.
Infolgedessen litten die Iberische Halbinsel und das westliche Mittelmeergebiet sowie Südengland unter Dürreverhältnissen, siehe auch Abb. 10 (3-monatiger SPI-Dürreindex rechte Spalte oben) und Abb. 11 (Ereigniskarten, Winter 2012).
Zuviel Niederschlag hingegen fiel in Nordirland und Schottland, im Südwesten Norwegens und in großen Bereichen Mitteleuropas bis nach Russland und in die Türkei hinein.

Frühjahr 2012:

Im **Frühjahr** wandelte sich das Bild und in einigen vorher zu trockenen Gebieten fiel mehr Regen, während es in anderen trockener wurde, z. B. in Deutschland, in der Schweiz, in Österreich und in Tschechien (Abb. 3b, Mitte oben). Am Bosporus war es aber immer noch zu feucht. In Portugal und Südspanien sowie in Irland gab es jedoch weiterhin zu wenig Niederschlag.
Allerdings hat sich im **März** die Trockenheit in Europa noch weiter nach Osten ausgebreitet, teilweise fiel weniger als 20 % des üblichen Niederschlags (Abb. 4). Der März war in einigen Ländern einer der trockensten der letzten Jahrzehnte. Lediglich an der norwegischen Küste – teils bis nach Schweden hinein – und vom Baltikum nach Russland gab es einen Niederschlagsüberschuss.
Im **April** wurde es dann in fast ganz Europa zu nass. In England, Ostwales und Ostschottland fiel an einigen Orten bis zum 3-fachen des normalen Niederschlags. Die Zahl der Tage mit Niederschlag war vergleichbar mit der im April 1998, der höchsten in den letzten 50 Jahren (UK MetOffice). Im Mai 2012 waren wiederum Mitteleuropa aber auch Südwest-, West- und Osteuropa trockener als normal, während Südosteuropa, insbesondere die Balkanhalbinsel feuchter als normal war.
Die Niederschlagsüberschüsse waren vielfach auf Starkniederschlagsereignisse zurückzuführen, vergleiche dazu Abb. 10 (RR99pTOT, rechte Spalte Mitte oben).

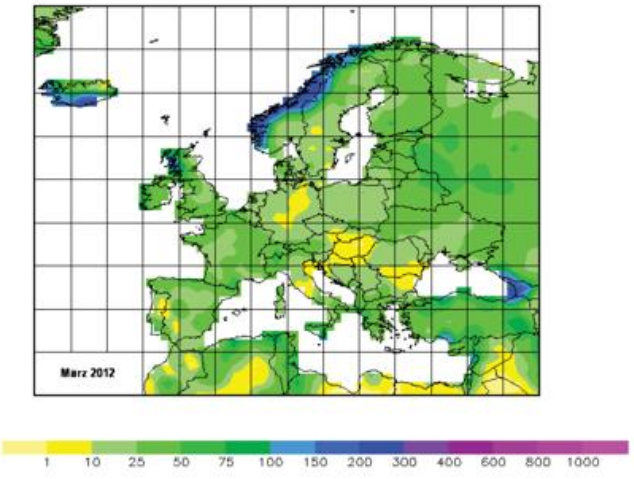


Abb.4a: Monatliche Niederschlagshöhe in mm im März

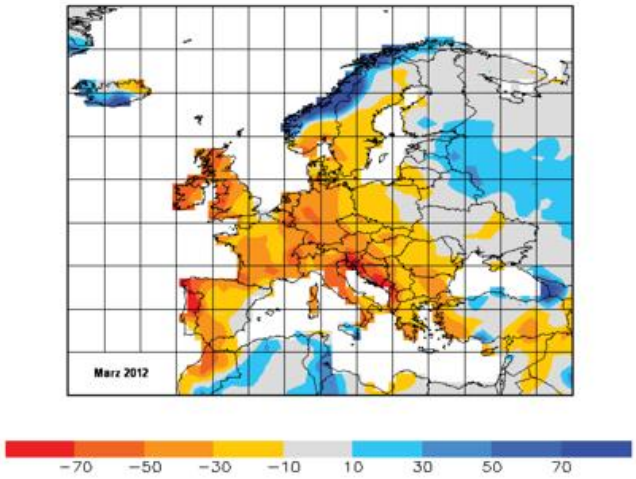


Abb.4b: Monatliche Niederschlagsanomalie in mm im März (Bezugszeitraum 1951–2000)

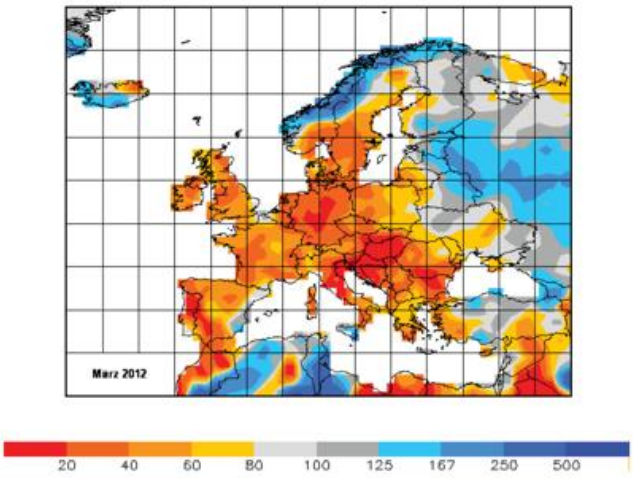


Abb.4c: Relative monatliche Niederschlagsanomalie in Prozent (Bezugszeitraum 1951–2000)

Sommer 2012:

Im **Sommer** 2012 war es in den südlichen Teilen Europas zu trocken, in Bosnien-Herzegowina und Serbien regnete es sogar teilweise 50 mm weniger als im Mittel 1951-2000 (Abb. 3b, Mitte unten). Trocken war es auch auf Island und in Nordgrönland sowie an der norwegischen Küste.
Dagegen war es in West-, Mittel-, Nord- und Osteuropa vielfach feuchter als normal oder zumindest nicht trocken. Die Monate **Juni** und August prägen das Gesamtbild.
In Großbritannien ist der Juni 2012 extrem feucht (der nasseste Juni seit 1910), in England und Wales sogar der nasseste seit 1766 (zusammen mit 1860, UK MetOffice). Das führte zu zahlreichen Überschwemmungen.
Damit stiegen aber auch der Grundwasserspiegel und die Wassermenge in den Flüssen wieder so an, dass die immer noch bestehenden Beschränkungen für den Wasserverbrauch aufgehoben werden konnten.
In Spanien kam es im **August** nach dem trockensten Winter in 70 Jahren zu zahlreichen Bränden in Galizien sowie auf Teneriffa und La Gomera .

Herbst 2012:

Im **Herbst** 2012 waren weite Teile im Nordosten Europas von Schweden übers Baltikum bis nach Russland hinein zu feucht (Abb. 3b, unten). Auch in England und Wales sowie in Südwestfrankreich, in der Schweiz, in Österreich, in Norditalien und Slowenien bis nach Kroatien regnete es mehr als üblich. Sogar Südspanien und Teile Portugals hatten einen Niederschlagsüberschuss, größtenteils sogar in allen drei Monaten, besonders viel im November. Die Niederschlagsüberschüsse waren auf übernormal häufige nasse Tage, insbesondere auf extreme Starkniederschlagsereignisse zurückzuführen. Wiederum verdeutlicht dies sehr gut die Anomalie des Anteils sehr nasser Tage, die z.T. an mehreren Tagen in Folge auftraten, an der Gesamtniederschlagshöhe in Abb. 10 (RR99pTOT, rechte Spalte Mitte unten). Im Einklang damit zeigt die mittlere Luftdruckverteilung tiefen Luftdruck mit Zentrum über der Norwegischen See, der weit nach Süden reicht.

Im **September** starben in Südspanien 10 Menschen nach Sturzfluten, die von heftigen Niederschlägen ausgelöst wurden. Besonders betroffen waren die Provinzen Malaga und Almeria sowie die Region Murcia (Brugge 2012).
Für den Oktober 2012 meldete Schweden, dass in den nördlichen Teilen der Schwedischen Ostküste der nasseste Oktober seit Beginn der Aufzeichnungen registriert wurde. Lokal kam es dort zu Überschwemmungen.
Im **November** kam es in Nord- und Mittelitalien zu zahlreichen Überflutungen. In Venedig erreichte das Hochwasser das sechsthöchste Niveau seit 1872 (World weather news). In England und Wales war die Periode vom 20.–26.November eine der nassesten Wochen der letzten 50 Jahre. Eine Reihe von Starkniederschlagsereignissen führte zu Dammbrüchen und Überschwemmungen (UK MetOffice).
Interessant ist in dem Zusammenhang besonders im November die Verteilung der Anomalien des vertikal integrierten Wasserdampfgehaltes (TPW), der eng mit der Temperaturanomalie in Beziehung steht, da wärmere Luft mehr Wasserdampf tragen kann als kühlere Luft, der dann aber bei entsprechender Dynamik auch für vermehrten Niederschlag zur Verfügung steht (http://www.dwd.de/rcc-cm).

Luftdruck:

Abb. 5 zeigt den Verlauf der standardisierten Zirkulationsindizes im Jahre 2012. Die Zahlenwerte für die monatlichen Zirkulationsindizes stammen vom NOAA Climate Prediction Center (NCEP Reanalyse), wobei man berücksichtigen muss, dass deren Normierung auf der Basis des Zeitraums 1981-2010 durchgeführt wurde.

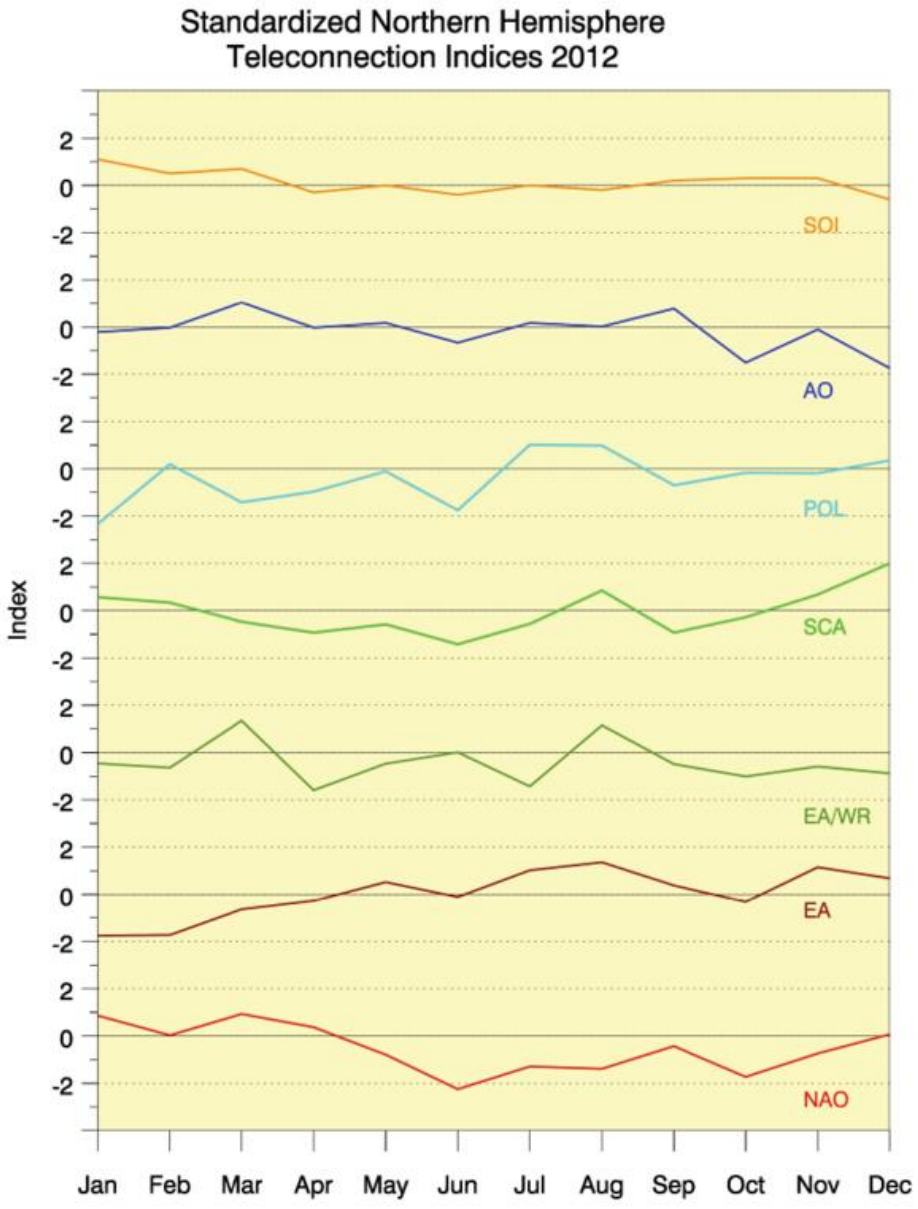
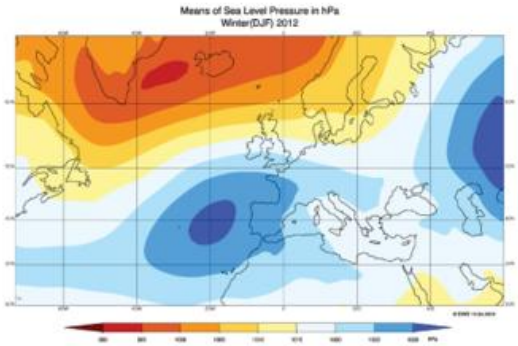
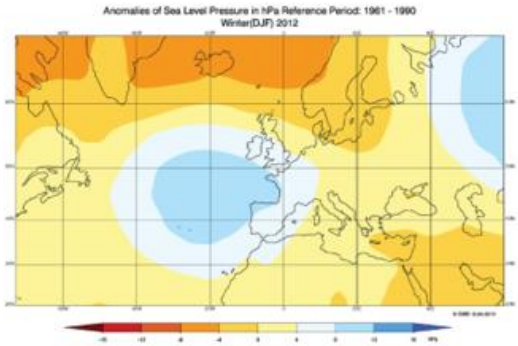
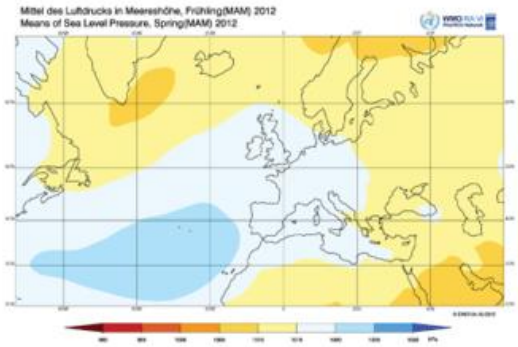


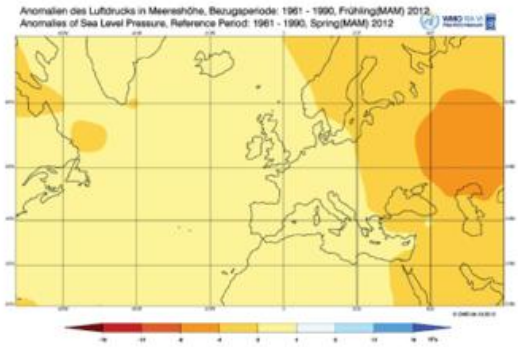
Abb.5: Jahresgänge der standardisierten Zirkulationsindizes des 'Southern Oscillation Index' (SOI) und der Nordhemisphäre (Arctic Oscillation AO, Polar/Eurasia Pattern POL, Scandinavia Pattern SCA, East Atlantic/West Russia Pattern EA/WR, East Atlantic Pattern EA, North Atlantic Oscillation NOA) für das Jahr 2012 nach Daten des NOAA Climate Prediction Center (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml and http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/).

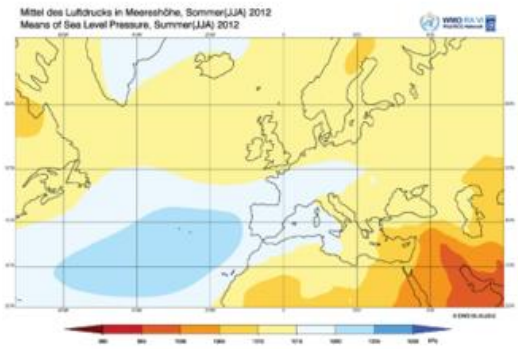
Abb. 6 zeigt den mittleren Luftdruck und seine Anomalien (Referenz 1961–1990) in den Jahreszeiten.

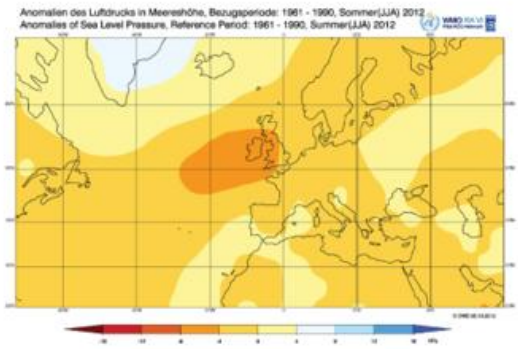


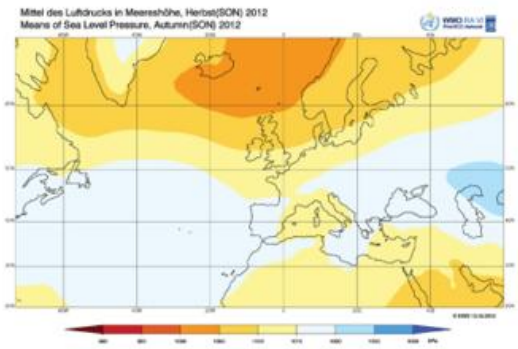












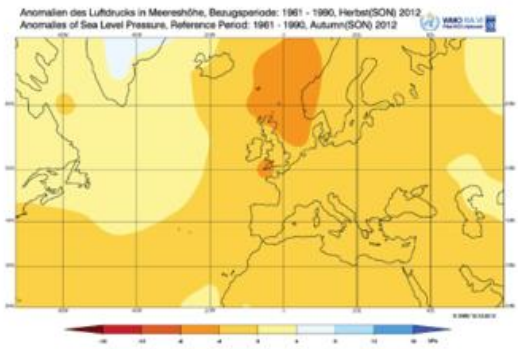


Abb.6a: Jahreszeitenmittelwerte des Luftdrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.6b: Anomalien der Jahreszeitenmittelwerte des Luftdrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Winter 2011/2012:

Vom **Dezember 2011 bis Februar 2012** entwickelte sich die mittlere Luftdruckverteilung von einer nahezu zonalen Verteilung mit tiefem Druck im Norden und hohem Druck im Süden zu einer intensiven blockierenden Lage mit sehr hohem Druck über West und Südwesteuropa, ebenfalls sehr hohem Druck über dem europäischen Russland und einer Hochdruckbrücke dazwischen (Abb. 6a, oben). Während im **Dezember 2011** der NAO-Index klar positiv war (+2,25), war er im **Februar 2012** nahezu neutral (+0,03). Diese starke Blockierung kam durchaus überraschend. Sie könnte von der warmen Anomalie der Arktis, die schon über Monate bestand und dem starken Rückgang des Arktischen Meereises beeinflusst gewesen sein, da der relativ geringe Temperaturgegensatz den Zonalwind abschwächt und damit die Amplitude der Rossby-Wellen verstärken könnte (Francis and Vavrus). Die Kältewelle im **Januar/Februar 2012** stünde damit im Einklang.

Frühjahr 2012:

Im Mittel war das Azorenhoch über den **Frühling 2012** gut ausgeprägt und räumlich ausgedehnt, während das Islandtief nur schwach ausgeprägt war (Abb. 6a, Mitte oben). Nordwest-, West-, Mittel- und Südeuropa hatten im Mittel um bis zu 4 hPa höheren Luftdruck. Skandinavien, Osteuropa und der Nahe Osten hatten leichte negative Anomalien bis -4 hPa (Abb. 6b, Mitte oben). Der Südosten des europäischen Russlands hatte negative Anomalien im Bereich -4 bis -8 hPa. Im **März 2012** waren die Zirkulationsindizes AO und EA/WR positiv.

Sommer 2012:

Der größte Teil der WMO Region VI hatte niedrigeren Luftdruck als normal mit maximalen Abweichungen von -4 bis -8 hPa über den Britischen Inseln und westlich davon (Abb. 6b, Mitte unten). Ein höherer Luftdruck als normal mit positiven Abweichungen von +4 bis +8 hPa herrschte über Grönland. Im **Sommer 2012** war der NAO-Index negativ. In den Monaten **Juli und August 2012** waren die Indizes POL und EA positiv, im August auch EA/WR.

Herbst 2012:

Sowohl der NAO-Index als auch der AO-Index waren im **Herbst 2012** negativ (Tab. 1). Das Islandtief war im Mittel kräftig ausgeprägt und ostwärts ausgedehnt (Abb. 6a, unten). Das Azorenhoch war im Mittel schwächer ausgeprägt. Ein kräftig ausgeprägtes Hoch über dem Süden des europäischen Russlands war weit nach Westen ausgedehnt und eine Hochdruckbrücke zwischen beiden war lediglich durch tieferen Druck über Nordwesteuropa und über dem westlichen Mittelmeer und Italien unterbrochen. Die Nordatlantische Zirkulation NAO beeinflusste die Witterung am stärksten im **Oktober 2012** zusammen mit dem Ostatlantik/Westrussland Muster, während im **November 2012** beide Muster geringeren Einfluss hatten und stattdessen ein Skandinavien/Ostatlantik Muster stärker ausgeprägt war.

Jahreszeit	Mittlerer NAO-Index
Winter 2011/2012	1,07
Frühjahr 2012	0,16
Sommer 2012	-1,64
Herbst 2012	-0.98

Tab. 1: Jahreszeitenmittelwerte des NAO-Index

Sonnenscheindauer und Bewölkung

Die in Abb. 7 dargestellten Karten der jahreszeitlichen Summen der Sonnenscheindauer und ihrer relativen Abweichung zur Referenz 1961-1990 basieren auf den international ausgetauschten monatlichen Klimadaten (CLIMAT) an Stationen. Hinweise zur Datenanalyse sind in http://www.dwd.de/rcc-cm zu finden. In Abb. 8 sind die jahreszeitlichen Verteilungen der Anzahl der Heiteren (Tagesmittel der Bewölkung unter 2/8) bez. der Trüben (Tagesmittel der Bewölkung 7/8 oder mehr) Tage und ihrer absoluten Anomalien (Referenz 1982-2009) dargestellt. Die Datengrundlage dafür sind Daten des AVHRR Instruments auf den polarumlaufenden Satelliten (NOAA, METOP). Daher weicht aufgrund der Datenverfügbarkeit auch der Referenzzeitraum von der Normalperiode 1961-1990 ab. Der Vorteil der satellitengestützten Karten liegt u.a. in der vollständigen räumlichen Überdeckung, während die Karte auf der Basis von Beobachtungsstationen nur auf dem Land Informationen liefert.

Winter 2011/2012:

Der **Winter 2011/2012** war in Europa überwiegend sonnenscheinreich (Abb. 7b, oben). Ausnahmen waren Finnland, der Süden des europäischen Russlands und der Kaukasus, Weißrussland, Teile Deutschlands und Österreichs, Irland und der Westen des Vereinigten Königreichs. Zumeist stimmten die Anomalien der Sonnenscheindauer sehr gut mit den Anomalien der Anzahl der Heiteren und Trüben Tage überein (trotz des unterschiedlichen Bezugszeitraums). Allerdings gab es auch kleinere regionale Abweichungen, die u.a. mit der geringen Stationsdichte für die Beobachtungen zusammenhängen können. Die markanten positiven Abweichungen der Sonnenscheindauer z.B. über Polen entsprechen dort einer Jahreszeitensumme der Sonnenscheinstunden von mehr als 180, in den Höhenlagen von mehr als 200.
In Schweden summierte sich die Sonnenscheindauer über den Winter 2011/2012 zu 107 bis 209 Stunden, dabei schien die Sonne am längsten im **Februar 2012** (76-107 Stunden).

Frühjahr 2012:

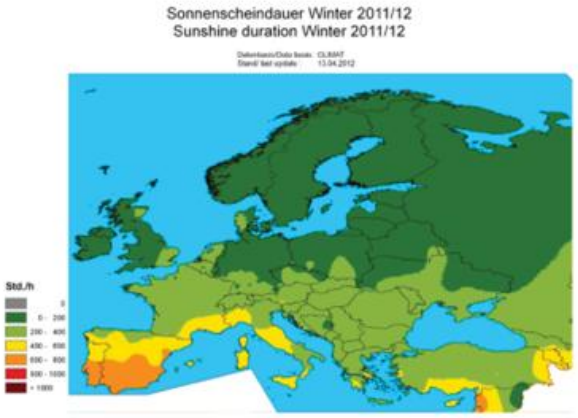
Auch das **Frühjahr 2012** war in weiten Teilen Europas sonnenscheinreich (Abb. 7b, Mitte oben). Ausnahmen sind das östliche Mittelmeer, der Nahe Osten, der Kaukasus und der Süden des europäischen Russlands sowie Teile Skandinaviens und Westrusslands. Auch hier korrespondiert die Anomalie der Sonnenscheindauer wieder sehr schön mit der Anomalie der Heiteren bzw. Trüben Tage. Der Überschuss an Sonnenscheinstunden war hauptsächlich durch die Monate **März und Mai 2012** bestimmt. Der **März 2012** war in einigen Ländern unter den 10 sonnenscheinreichsten Märzmonaten langer Beobachtungsreihen. So erreichte er Rang 1 im Vereinigen Königreich (seit 1880), Rang 4 in Deutschland (seit 1951), Rang 3 in Frankreich (seit 1950, zusammen mit 1961 und 1953) und Rang 9 in Dänemark (seit 1920). Die Station Shannon Airport in Irland verzeichnete den sonnigsten Frühling seit 1938 und erreichte am 25. Mai eine Sonnenscheindauer von 15,6 Stunden.

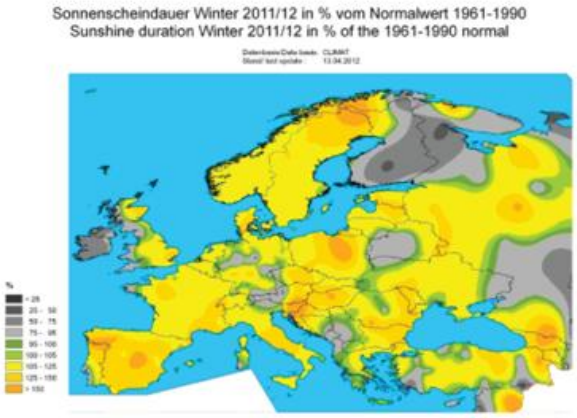
Sommer 2012:

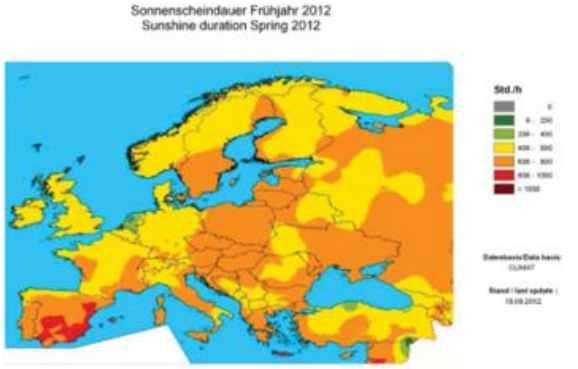
Der Sommer 2012 war sonniger als normal auf der Iberischen Halbinsel, in Italien, auf dem Balkan und im östlichen Mitteleuropa und dem südwestlichen Osteuropa (Abb. 7b, Mitte unten). Auch hier spiegelt sich dies in der großen Anzahl heiterer Tage und geringen Anzahl trüber Tage wider. Nord- und Nordwesteuropa sowie der Nahe Osten hatten dagegen weniger Sonnenschein als normal. Am trübsten war es im Vereinigten Königreich mit Ausnahme des äußersten Nordens und Südostens. In allen 3 Monaten gab es in Südeuropa mehr Sonnenschein als normal. Auf der Balkanhalbinsel dagegen resultiert der Überschuss hauptsächlich aus den Beiträgen der Monate **Juni und Juli 2012**. Dagegen war der **Juni 2012** auf den Britischen Inseln und in Mitteleuropa ein sehr sonnenscheinarmer Monat. Im vereinigten Königreich war es der trübste Juni seit 1929 und in Deutschland lag der **Juni 2012** auf Rang 12 der trüben Junimonate seit 1951.

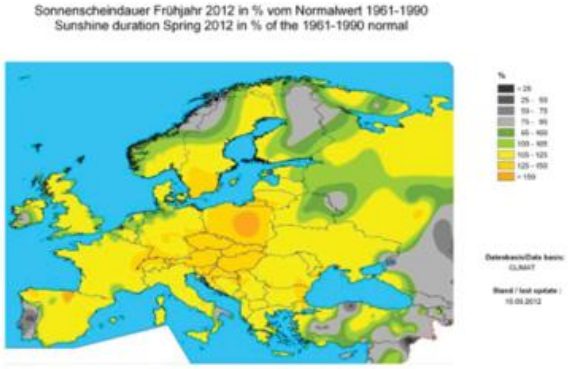
Herbst 2012:

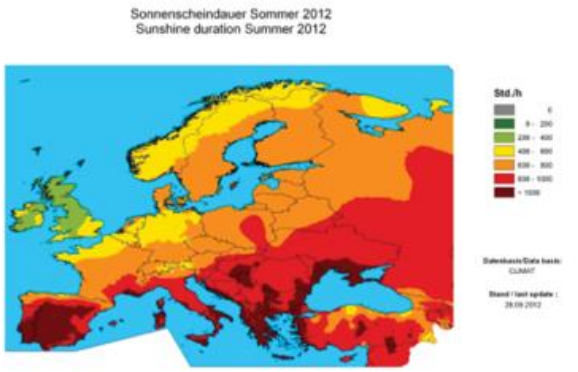
Der **Herbst 2012** war auf den Britischen Inseln, teils auf der Iberischen Halbinsel, in Mittel-, und Südosteuropa und in der östlichen Ukraine und Südwestrußssland sonniger als normal, sonst zumeist trüber (Abb. 7b, unten). Warschau verzeichnete eine Jahreszeitensumme von 424.2 Stunden, zu der hauptsächlich der **September 2012** beitrug. Der **Oktober 2012** brachte vor allem den Britischen Inseln viel Sonne und der **November 2012** trug hauptsächlich zum Sonnenscheinüberschuss auf dem nördlichen Balkan, der Ukraine und in den Alpen, aber auch im Westen des Kontinents, der Nordsee und in Irland bei.

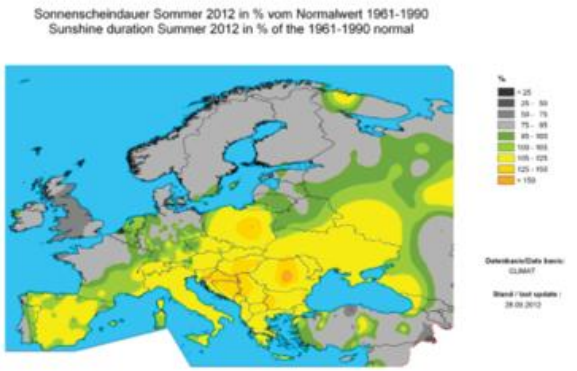


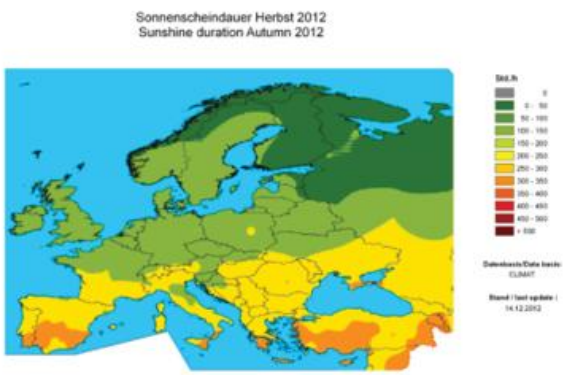












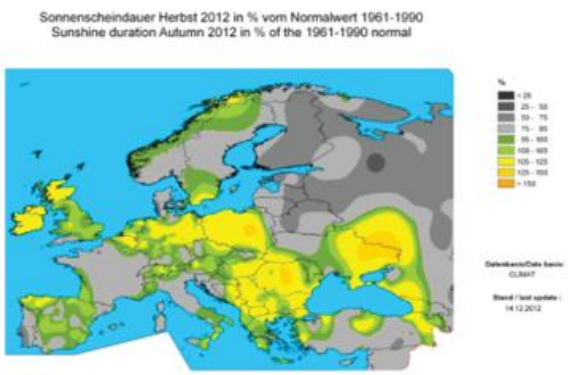


Abb.7a: Mittlere Sonnenscheindauer (in Stunden) für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.7b: Relative Anomalien (in %) der mittleren Sonnenscheindauer für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

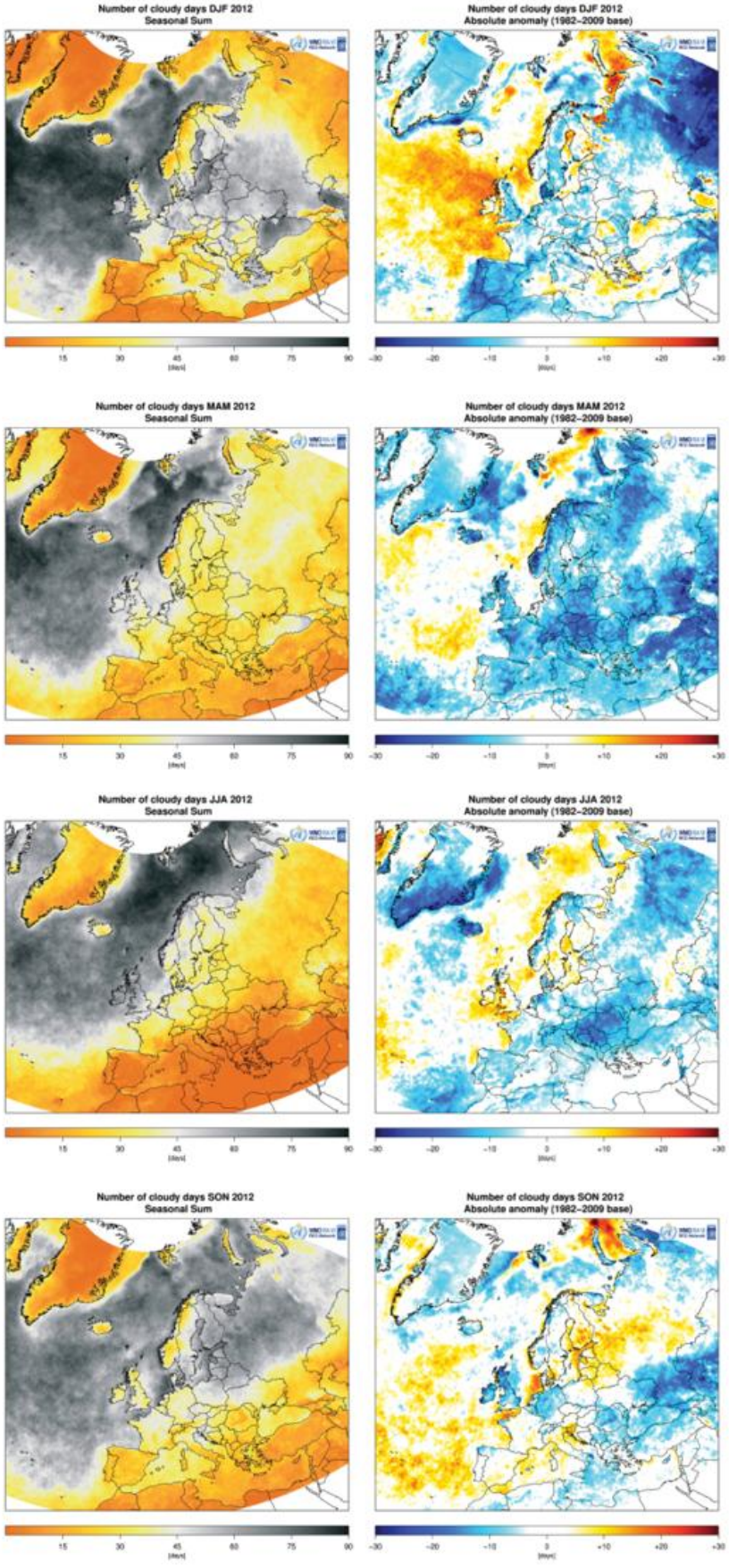


Abb.8a: Jahreszeitliche Anzahl Trüber Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.8b: Absolute Anomalien der jahreszeitlichen Anzahl Trüber Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

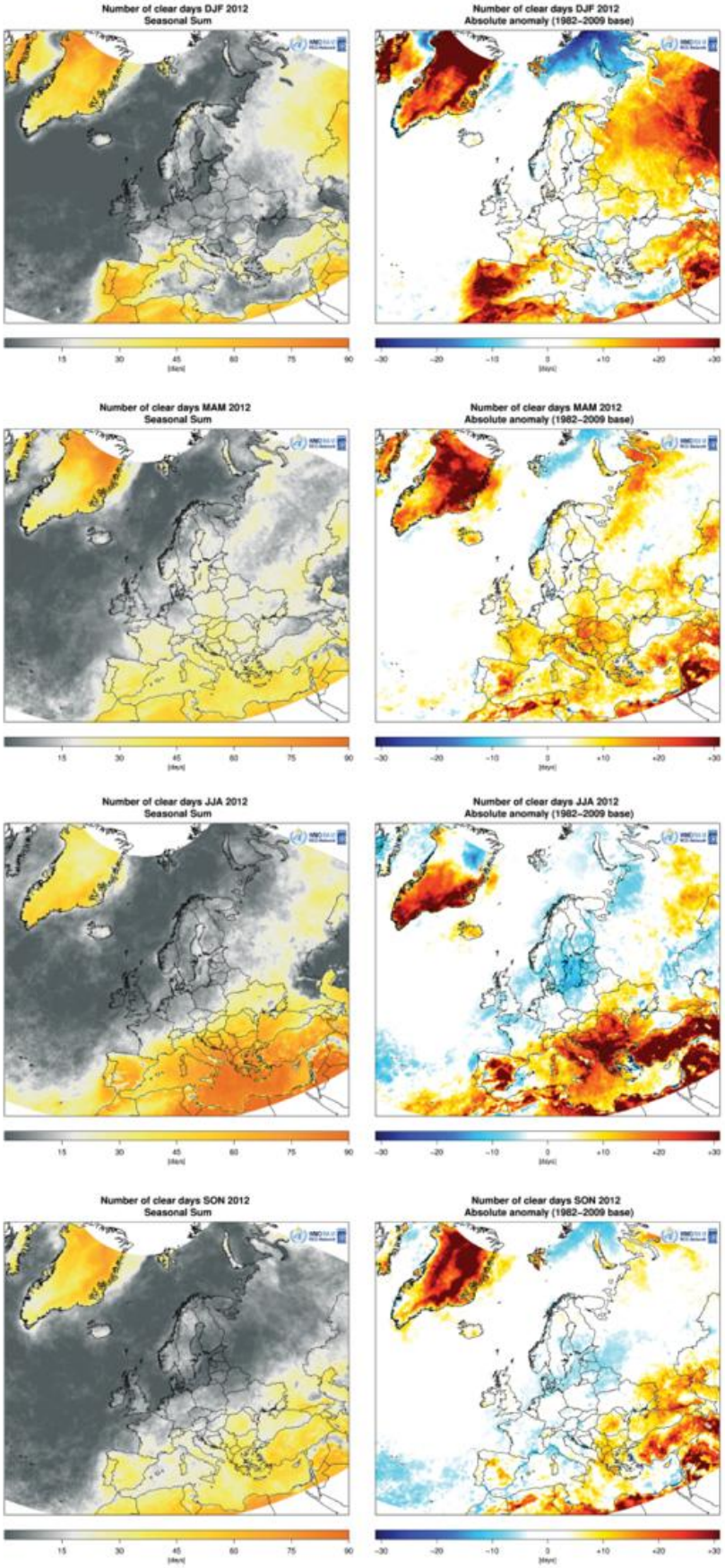


Abb.8c: Jahreszeitliche Anzahl Heiterer Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.8d: Absolute Anomalien der jahreszeitlichen Anzahl Heiterer Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Globalstrahlung

In Abb. 9 sind die jahreszeitlichen Mittelwerte der Globalstrahlung und ihre relativen Anomalien dargestellt. Diese Auswertung basiert auf Daten des CM-SAF der MVIRI- bzw. SEVIRI-Instrumentes auf den geostationären METEOSAT-Satelliten. Als Referenzzeitraum stehen die Jahre 1983 bis 2005 zur Verfügung. Im Winterhalbjahr sind die Messwerte dieser Satelliten nördlich von etwa 55°N sehr unsicher oder gar nicht mehr vorhanden, wie man an den Bildern schnell sieht. Im **Winter 2011/2012** findet man negative Anomalien im Westen der Britischen Inseln, in Deutschland und dem Alpenraum, vielfach auf der Balkanhalbinsel sowie in Osteuropa (Abb. 9b, oben). Positive Anomalien werden vor allem über der Iberischen Halbinsel analysiert. Im **Frühjahr 2012** gab es positive Anomalien über dem Nordatlantik und auf Island, in der Nord- und Ostsee, in Teilen des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres (Abb. 9b, Mitte oben). Negative Anomalien sind vor allem in der östlichen Weißrussland und Westrussland zu sehen. Im **Sommer 2012** findet man stärkere positive Anomalien über dem Nordatlantik sowie auf der Balkanhalbinsel und negative Anomalien über den Britischen Inseln und dem Nordwesten des Kontinents, dem Westen Skandinaviens und den Baltenstaaten (Abb. 9b, Mitte unten). Im **Herbst 2012** gibt es noch in geringerem Maße positive Anomalien über dem Nordatlantik und deutlicher über dem Schwarzen Meer, dem Süden des europäischen Russlands und dem Kaspischen Meer (Abb. 9b, unten). Negative Anomalien dagegen findet man in einer Zone, die vom westlichen Nordafrika über die Iberische Halbinsel, Frankreich, Italien, die Alpen, Südosteuropa nach den Baltenstaaten, Weißrussland und dem europäischen Russland reicht. Auch im Nahen Osten gibt es noch negative Anomalien. Diese Muster stimmen recht gut mit den Anomalien der Sonnenscheindauer überein. Bei den Unterschieden muss man auch berücksichtigen, dass die Anomalien großenteils betragsmäßig gering sind und die Bezugszeiträume sich unterscheiden. Eine bessere Übereinstimmung ist daher kaum zu erwarten.

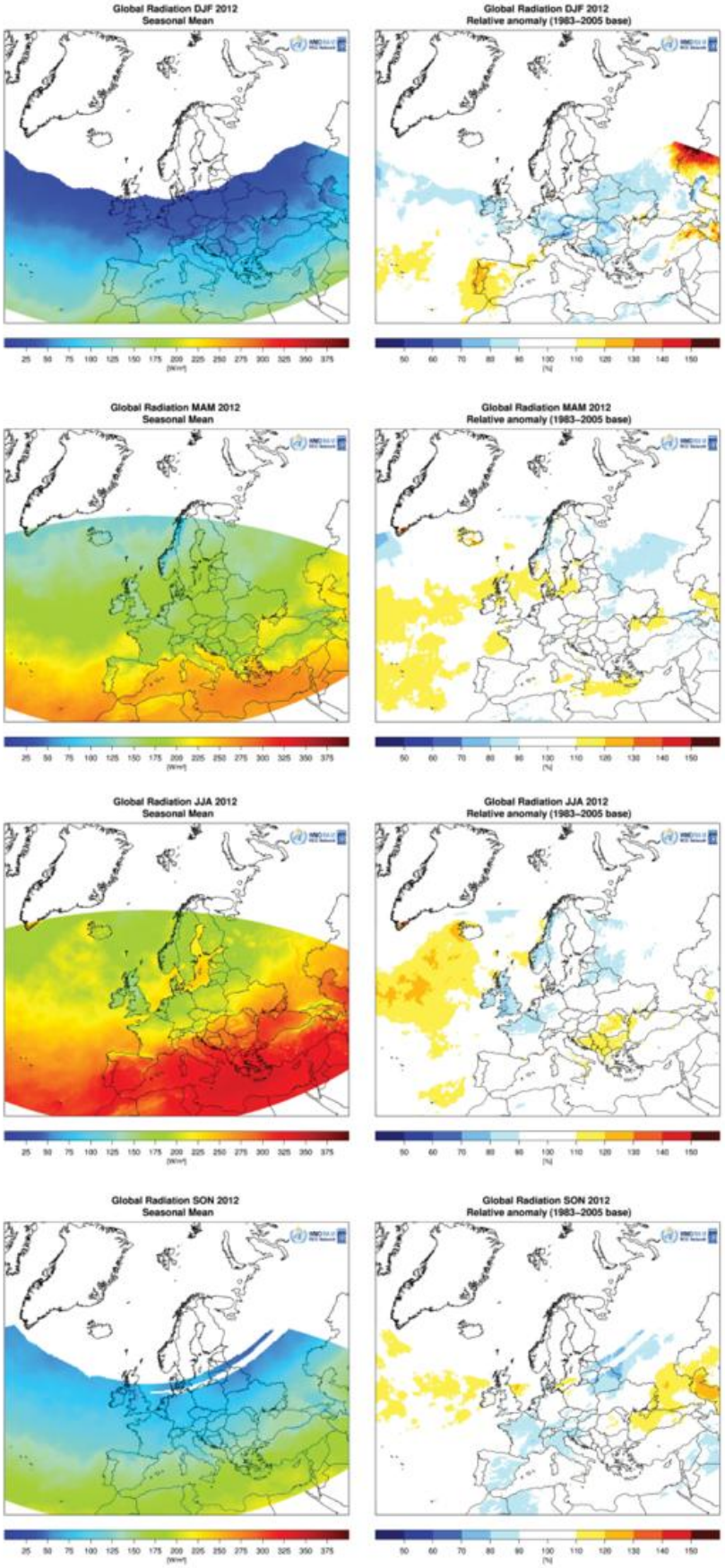


Abb.9a: Mittlere Monatssummen der Globalstrahlung (W/m2) für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.9b: Verteilung der Perzentile der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich auch die Jahreszeiten hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben. Aus den verfügbaren Indizes wurden für jede Jahreszeit je ein repräsentativer Index für die Temperatur und den Niederschlag ausgewählt. Diese sind in Abb. 10 dargestellt.

Winter 2011/2012

Anhand der Anomalien des Index für die Andauer der Kälteperiode (Abb. 10, linke Spalte, oben, CSDI) wird der kühle Charakter des **Winters 2011/2012** deutlich gemacht.
Beim Niederschlag macht der 3-monatige standardisierte Niederschlagsindex (Abb. 10, rechte Spalte, oben, SPI3) die Trockenheit des Winters im Westlichen Mittelmeer und auf der Iberischen Halbinsel sowie für Südengland deutlich.

Frühjahr 2012

Das warme **Frühjahr 2012** wird eindrucksvoll durch die Anomalien der Anzahl warmer Tage (Abb. 10, linke Spalte, Mitte oben, TG90p) charakterisiert. Im **Frühjahr 2012** zeigt die positive Anomalie des Anteils sehr nasser Tage an der Niederschlagssumme oberhalb des 95 Perzentils (Abb. 10, rechte Spalte, Mitte oben, R95pTOT) den in der zweiten Hälfte der Jahreszeit häufig schon konvektiven Charakter in Süd- und Südosteuropa.

Sommer 2012

Im **Sommer 2012** ist die positive Anomalie der Anzahl der Tropennächte (Abb. 10, linke Spalte, Mitte unten, TR) vor allem im Mittelmeerraum und auf dem Balkan bemerkenswert. Im Sommer waren die extremen Starkniederschläge im zentralen Mittelmeer (Italien) und auf dem Balkan sehr markant, dargestellt durch die positiven Anomalien des Anteils extrem nasser Tage an der Niederschlagssumme oberhalb des 99 Perzentils (Abb. 10, rechte Spalte, Mitte unten, R99pTOT) .

Herbst 2012

Im **Herbst 2012** lagen die täglichen Maxima der Temperatur vor allem im Bereich des zentralen Mittelmeeraums und auf dem Balkan sowie im Gebiet des Schwarzen Meeres deutlich häufiger als normal oberhalb des 90 Perzentils. (Abb. 10, linke Spalte, unten, TX90p). Die extremen Starkniederschläge dargestellt durch die positiven Anomalien des Anteils extrem nasser Tage an der Niederschlagssumme oberhalb des 99 Perzentils (Abb. 10, rechte Spalte, unten, R99pTOT) waren im **Herbst 2012** ebenfalls sehr markant und nicht nur auf das zentrale Mittelmeer beschränkt, sondern auch das westliche Mittelmeer und die östliche Balkanhalbinsel betreffend sowie auch das östliche Mittelmeer.

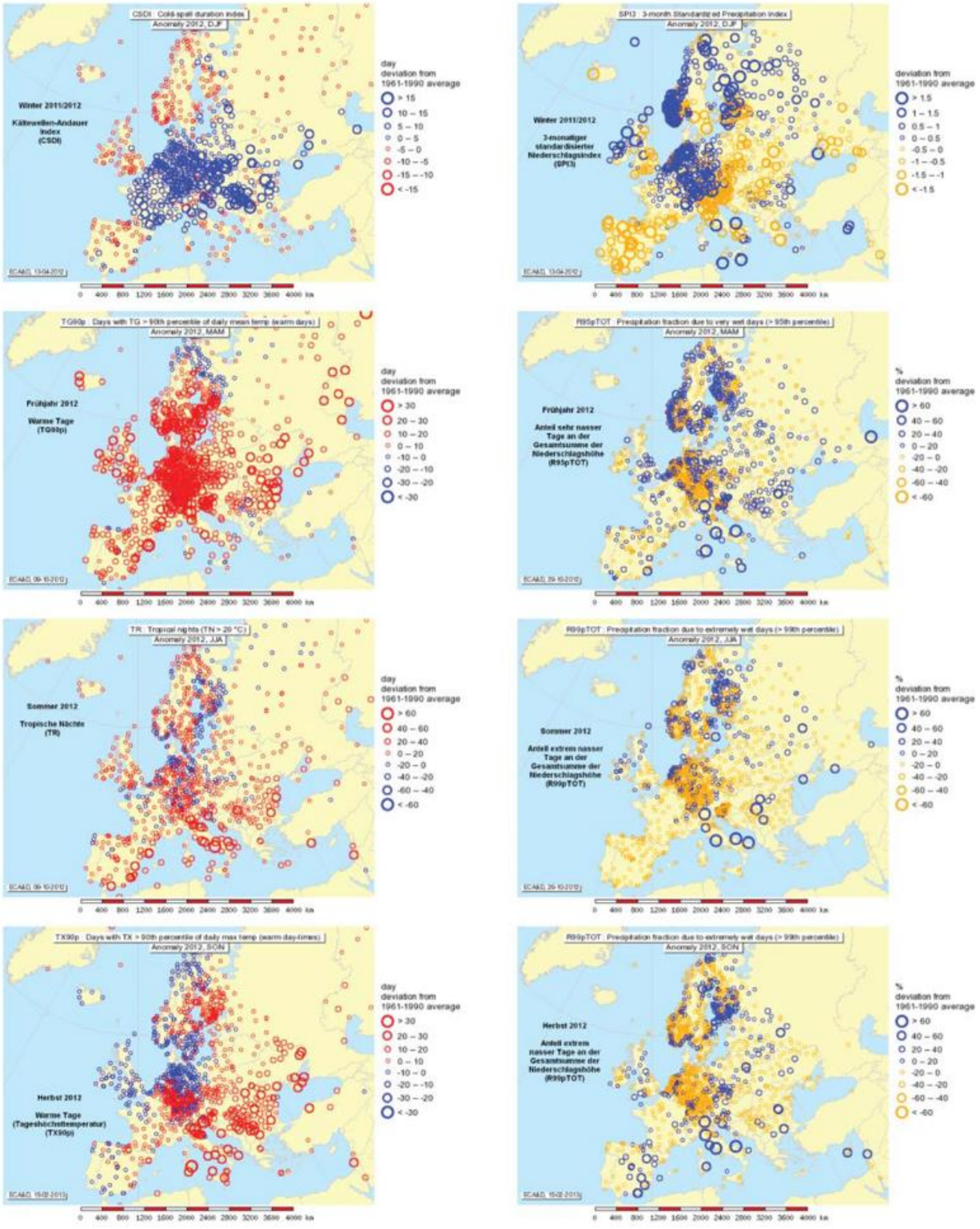


Abb. 10: Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Klimaindizes nach ECA&D

Besondere Ereignisse

Besondere Ereignisse werden in den Abb. 11 und 12 für die Jahreszeiten sowie in der Tab. 2 für die Monate des Jahres 2012 dargestellt. Abb. 11 zeigt die räumliche Verteilung extremer Anomalien der Temperatur und des Niederschlages (als Anomalien oberhalb vorgegebener Grenzwerte beider Elemente sowie des aus dem Niederschlag abgeleiteten Dürreindex) sowie für beide Elemente in gerasteter Form das Auftreten positiver Anomalien bestimmter Klimaindizes und von Windspitzen oberhalb Orkanstärke. Abb. 12 zeigt das Ergebnis von Datenbankabfragen der ESWD (European Severe Weather Database) für die Jahreszeiten und die Phänomene Starkwind, Starkniederschlag, Hagel und Tornado (Mindestqualitätslevel Q1 (‚report confirmed')). Die Elemente dieser Datenbank basieren auf Zumeldungen freiwilliger Beobachtungen. Beide Darstellungen ergänzen einander. Beim Vergleich der Windeintragungen ist zu berücksichtigen, dass in Abb. 11 nur Windspitzen von mindestens 32 m/s berücksichtigt wurden, während in Abb. 12 auch niedrigere Windspitzen enthalten sind. Phänomene wie Hagel oder Tornado dagegen werden zwar auch von Wetterstationen der Nationalen Wetterdienste gemeldet, sind jedoch in deren Meldungen weitaus seltener zu finden, da die Beobachtungen ortsfest und zu festen Zeiten durchgeführt werden. Zu 4 überregionalen Ereignissen bzw. Anomalien liegen ausführlichere Berichte vor (s. unter Quellen und Referenzen).

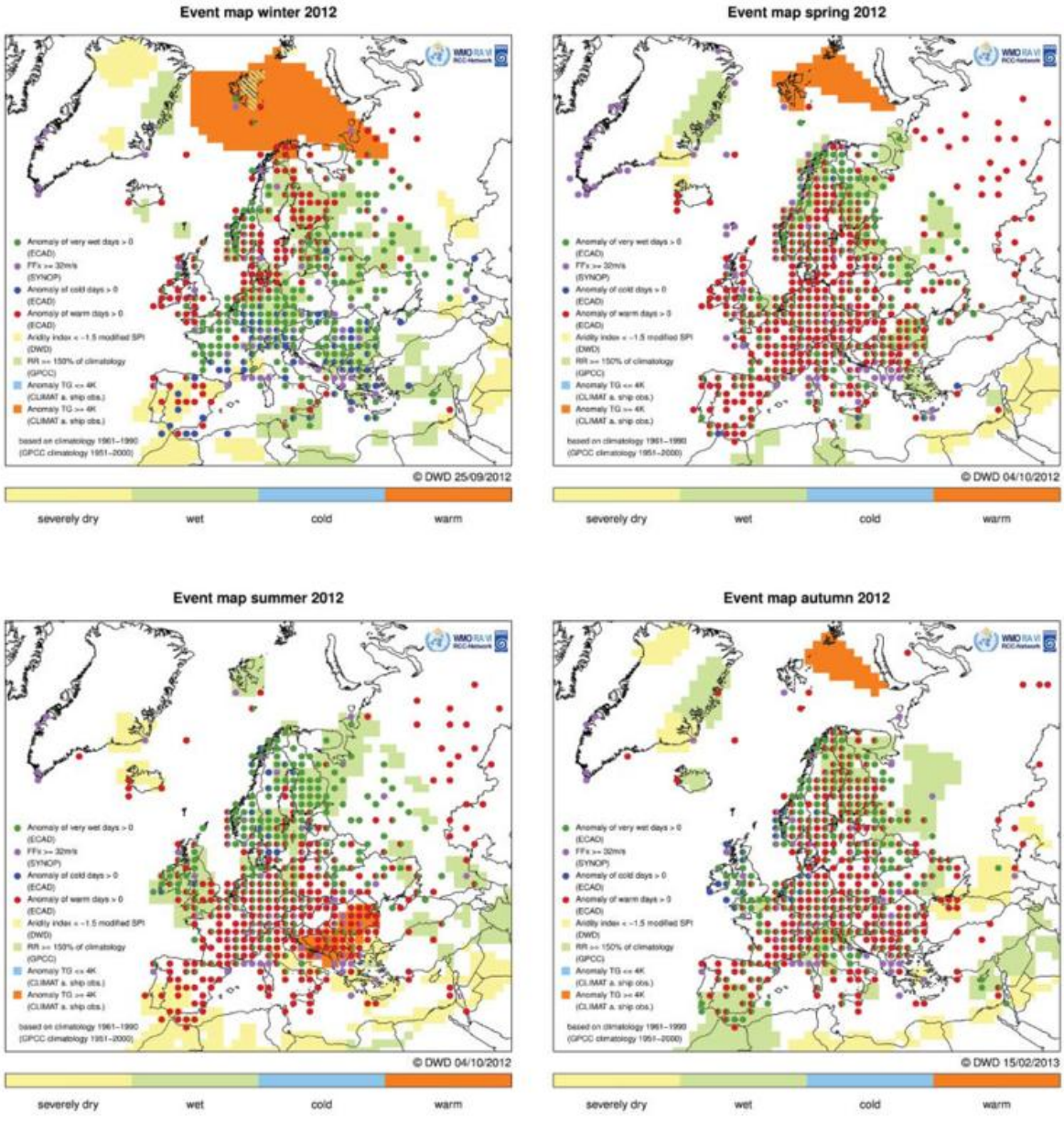


Abb. 11: Ereigniskarten für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

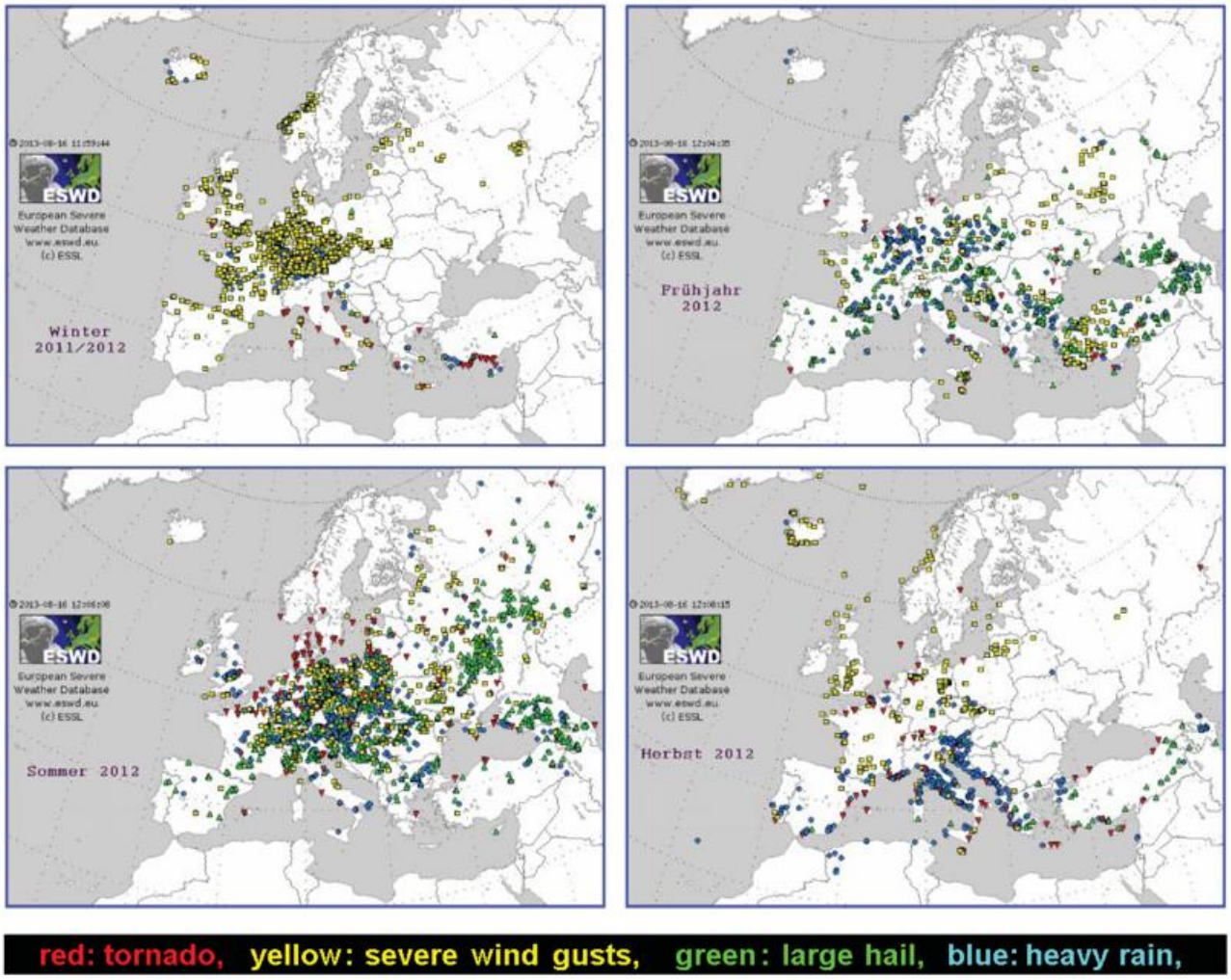


Abb. 12: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene Sturm, Starkregen, Hagel und Tornado für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012.

Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten 2012 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2012

Zu Beginn des Monats traten 2 schadensträchtige Sturmereignisse auf. Das erste Sturmtief traf vor allem Großbritannien, die Nordsee, Deutschland und Dänemark. Großbritannien meldete 2 Todesopfer. Die norwegische Station Ekofisk meldete Wellenhöhen bis 11,4 m. In Deutschland gab es Schäden an Gebäuden und im Straßen- und Bahnverkehr. In Schottland wurden Schäden zusätzlich durch Starkregen und Hagel verursacht.
Das zweite Sturmtief wirkte sich in ganz Nordwest- und Mitteleuropa sowie auf dem Balkan aus. Schäden wurden von Großbritannien, Deutschland, Österreich, Slowenien und Kroatien , Bulgarien und dem Kosovo gemeldet. In Schottland stürzten in erheblichem Maße Bäume um. In Österreich kam es durch den mit dem Tief verbundenen Schneefall zu Lawinen. Schneeverwehungen hinderten viele Urlauber an ihren Heimfahrten. Auch in Bulgarien waren Einwohner und viele Touristen in den Wintersportorten von Schneeverwehungen und umgestürzten Bäumen betroffen. Im Kosovo entstand eine Notlage aufgrund der winterlichen Verhältnisse.

Februar 2012

Eine Kältewelle, die in der letzten Januarwoche eingesetzt hatte, dauerte bis Mitte Februar an . Die Kälte kostete etwa 600 Menschenleben. Erhebliche Schneemengen verursachten Schäden an Gebäuden und in Wäldern durch Lastbrüche in den Alpen und auf der Balkanhalbinsel. In Bulgarien, Rumänien, Moldawien und in Albanien waren Ortschaften vom Schnee eingeschlossen und mussten aus der Luft mit Lebensmitteln versorgt werden. Die sehr niedrigen Temperaturen ließen Flüsse gefrieren, sodass z.B. auf der Donau der Schiffsverkehr wegen Eisdrift eingestellt werden musste. In Bulgarien verursachte ein Dammbruch eine schwere Überschwemmung.

März 2012

Hohe Temperaturen im März ließen den Schnee schmelzen und in den Alpen kam es zu erheblichen Lawinenabgängen. Durch die Wärme und die vorhergehende Trockenheit entwickelten sich Waldbrände sowohl in Österreich als auch in Bulgarien.

April 2012

Zu Beginn des Monats waren Schottland, Nordengland und Nordwales von einem heftigen Schneesturm betroffen. An den Küsten gab es hohe Wellen und Eislast und Sturm führten zur Unterbrechung von Stromleitungen. Ansonsten setzte sich die große Trockenheit fort und führte verbreitet zu Schäden in der Landwirtschaft (in Frankreich und Deutschland vor allem im Weinbau), zu Wasserknappheit auf den Britischen Inseln und auf der Donau wiederum zu Einschränkungen des Schiffsverkehrs. Auch die Neigung zu Waldbränden nahm zu. Österreich meldete mehrere Fälle. Mitte April richtete eine Zyklone in der Ägäis große Schäden in Griechenland und der Türkei an. In der Türkei kam ein Mensch zu Tode und 2 weitere wurden verletzt. In der zweiten Monatshälfte traten auf den Britischen Inseln Gewitterstürme und Starkregen auf. Auch in Deutschland starb eine Frau durch Blitzschlag. Die heftigen Regenfälle in Südengland und Wales führten zu Überschwemmungen und machten den April zum nassesten Monat seit Beginn der Aufzeichnungen, führten dort jedoch noch nicht zur Aufhebung der Wasserknappheit. Zum Monatsende entwickelte sich in Mittel- und Osteuropa eine Hitzewelle. Temperaturrekorde wurden vielerorts gebrochen. Die plötzlich einsetzende Hitze führte zu Gesundheitsproblemen z.B. in Österreich. Wiederum wurden Waldbrände gemeldet und Kärnten litt unter Wasserknappheit. Frankreich meldete einen Tornado über Toulouse.

Mai 2012

In Georgien traten Mitte des Monats schwere Überschwemmungen durch Starkregen und Schneeschmelze auf und trafen vor allem die Hauptstadt Tiflis. Hitze in West- und Südwesteuropa führte zu Gesundheitsbelastungen und sogar Todesfällen. Dagegen wurden Nord- und Mitteleuropa und die Balkanhalbinsel von einer strengen Kältewelle (Eisheilige) erfasst.

Juni 2012

Im Juni wurden vor allem die Alpen in Verbindung mit einer weit südwärts ausgreifenden Trogentwicklung auf dem östlichen Atlantik von mehreren konvektiven Ereignissen mit Starkniederschlägen betroffen. In Österreich waren die

Verhältnisse in der Region Liezen in der Steiermark katastrophal. Auf der Iberischen Halbinsel wurden in der letzten Juniwoche Höchsttemperaturen über 40°C (Cordoba 44,1°C) registriert.

Juli 2012

Im Juli setzte sich die starke Gewittertätigkeit fort. Österreich meldete 20 Tage mit Schäden durch Starkniederschlag oder Hagel. In der Schweiz und in Deutschland waren die Schäden geringer. Im Süden des europäischen Russlands starben am 7./8. Juli 150 Menschen am nordöstlichen Schwarzen Meer (Krasnodar) durch Überschwemmungen, die von einem kleinräumigen aber lange ortsfesten Tiefdrucksystem ausgelöst wurden. Am 12. Juli wurde mittels Satelliten dokumentiert, dass 97 % der Grönländischen Eisfläche an der Oberfläche geschmolzen waren. Vom Peterman Gletscher brach Mitte des Monats wieder ein großes Stück ab. In Polen wütete am 14. Juli ein Tornado mit einer Spurbreite von 300 m und einer Weglänge von 42 km. Es gab 7 Verletzte und ein Todesopfer. In den Mittelmeerländern, auf der Balkanhalbinsel und auch auf Madeira traten verbreitet verheerende Wald- und Buschbrände auf.

August 2012

Die Waldbrandsituation setzte sich auch im August noch fort. In Serbien mussten Tausende Menschen im Südwesten ihre Häuser verlassen.
Am 26. August erreichte die Arktische Eisausdehnung einen historischen Tiefststand unter dem Minimum vom September 2007.

September 2012

Eine Mittelmeerzyklone im Tyrrhenischen Meer, die vom 3.-5. September Korsika, Sardinien, Italien und Slowenien mit extremen Niederschlägen traf, wurde als Zyklone mit tropischem Charakter eingestuft. Vom 9. bis 11. September wurde Island von einem schweren Sturm mit Schnee und Eis getroffen. Straßen waren unterbrochen und die Bauern konnten kaum ihre Schafe von den Weiden retten. Ein Trog über Mitteleuropa, der weit nach Süden zum Mittelmeer reichte, brachte extrem intensive Niederschläge in den Alpen und dem westlichen Balkan. Am 12. September meldeten 30 Stationen in Slowenien und Kroatien tägliche Niederschlagshöhen teils erheblich über 50 mm, z.B. Rijeka hatte 220 mm. In den folgenden Tagen traten ähnlich extreme Niederschläge in Bosnien-Herzegowina und später in Griechenland auf. Am 23./24. September sorgte ein Tief mit Starkniederschlag von über 50 mm/d für Überschwemmungen in Yorkshire. Vom 25. bis 30. September trafen extreme Starkniederschläge in mehreren Wellen in Verbindung mit einem ostatlantischen, weit südwärts reichenden Trog die Iberische Halbinsel und das westliche Mittelmeer. Andalusien war am heftigsten betroffen. 10 Personen kamen in Sturzfluten um. Am 28. September traf ein Tornado Gandia und verletzte 35 Arbeiter in einem Vergnügungspark.

Oktober 2012

Anfang des Monats zog ein Herbststurm vom Süden der Britischen Inseln über Norddeutschland nach Polen. Besonders aus Polen, aber auch aus Deutschland wurden Schäden gemeldet. In Finnland führten Niederschläge bis 40–50 mm/d und über 100 mm in einer Woche bei gesättigtem Boden zu Überschwemmungen mit Schäden über 6 Mio. Euro in Landwirtschaft, Transport und Verkehr.
In der westlichen Ukraine trat eine verheerende Überschwemmung auf, die 65 Orte in 9 Bezirken betraf.
In der Zeit vom 18. bis 20. Oktober brachten Tiefdrucksysteme in Verbindung mit einem großen nordatlantischen Trog extreme Starkniederschläge und Wind sowohl im westlichen Mittelmeer als auch auf den Britischen Inseln. In Frankreich erreichten die 3-tägigen Niederschlagssummen zwischen 230 und 370 mm. In Devon und Cornwall gab es Überschwemmungen an den Küsten.
Ein Tief westlich der Iberischen Halbinsel brachte im westlichen Mittelmeerraum weitere extreme Starkniederschläge. In Portugal trat bei Evora ein Tornado auf. In Frankreich kamen 2 Menschen in Überflutungen in der Region Var und in den Alpes-Maritimes ums Leben. Auch in Slowenien und Kroatien und auf dem Balkan traten beim Weiterzug des Tiefs extreme Starkniederschläge auf. Am 26. Oktober wurden in Südfrankreich und in Kroatien örtlich um oder über 150 mm gemessen. Gleichzeitig traten starke Windböen auf. Die Schweiz erreichte einen Rekordwert der Höchsttemperatur von bis zu 29°C an mehreren Stationen am 29. Oktober.
Ende des Monats wurde dann sehr kalte Luft von Skandinavien in das östliche Mitteleuropa gelenkt. Schneefall trat auf, der in Deutschland und den Alpen verbreitet 8-10 cm Höhe in mittleren Lagen und in höheren Lagen 20-60 cm erreichte. Der Schnee war feucht und schwer und richtete darum auch in den Wäldern Schäden an.

November 2012

Im November zogen viele Tiefdruckgebiete auf südlicher Bahn und richteten im Mittelmeerraum große Schäden an. So wurde am 5. November besonders Slowenien von Überschwemmungen getroffen. Am gleichen Tag gab es auch extreme Starkniederschläge auf Madeira. In der Zeit vom 8. bis 17. November fielen extreme Niederschläge in Südostspanien, Südfrankreich, der Schweiz, Italien, an der Adriaküste, in Bulgarien, Serbien und in der Türkei. In Portugal trat am 16. November ein Tornado der Stärke F1/T2-F3/T6 auf. Seine Weglänge betrug 31 km und seine Breite 100 bis 300 m. Außer materiellen Schäden gab es 8 Verletzte. In der zweiten Novemberhälfte traten durch weiter nördlich ziehende Tiefs Sturm und Überschwemmungen im Südwesten Englands (21.-23.11.), aber auch in Nordfrankreich, den Niederlanden, in Norddeutschland und in der Nordsee am 27. November auf.
Ende des Monats erreichte ein Kaltluftvorstoß die Alpen und den Mittelmeerraum. Sein Zusammentreffen mit warmer Luft aus Afrika führte zu extremen Niederschlägen in der Schweiz und in Südfrankreich. Die Genuazyklone traf bei ihrem Weiterzug ostwärts wiederum die Adriaküste und später auch Griechenland mit ähnlich hohen Niederschlägen. Am 28. November trat ein Tornado in Italien bei Tarent auf. Dabei wurden 20 Personen verletzt.
Nördlich der Alpen sowie in den Alpen fielen die Niederschläge als Schnee und erreichten auch in Lagen bis 800 m noch Höhen von 30–40 cm.

Dezember 2012

Die erste Dezemberhälfte war in Mitteleuropa und auf dem Balkan von niedrigen Temperaturen mit starkem Schneefall bzw. teilweise gefrierendem Regen und starkem Wind geprägt. In der Schweiz wurden am 10. Dezember rekordverdächtige Schneehöhen in den tieferen Lagen erreicht. In Ostdeutschland und auf dem Balkan gab es erhebliche Schneeansammlungen durch Windverwehungen. Besonders im östlichen Mitteleuropa und auf dem Balkan kam es durch die großen Schneemengen zu katastrophalen Verhältnissen. Die niedrigen Temperaturen forderten besonders in der Ukraine viele Kältetote. Sturmfluten und erhebliche Regenmengen trafen die Britischen Inseln in der Monatsmitte und in der zweiten Monatshälfte. Österreich meldete die höchsten Weihnachtstemperaturen der letzten 60 Jahre mit über 18°C in Vorarlberg und um 7°C in über 2000 m Höhe. Der mit den warmen Luftmassen verbundene Regen traf jedoch auf den kalten Boden und verursachte Vereisung. Wo Schnee fiel, war dieser schwer und es gab Lawinenabgänge. Ein heftiger Schneesturm traf zum Jahresende Island und unterbrach dort die Stromversorgung.

Tab. 2: Auswahl besonderer Ereignisse im Jahre 2012

Quellen und Referenzen:

Allgemein:

Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East - , Dezember 2011 bis Dezember 2012, (http://www.dwd.de/rcc-cm; Reports)

Monthly Event Calendars , Dezember 2011 bis Dezember 2012, (http://www.dwd.de/rcc-cm; Significant Weather Events, mit weiteren Quellenhinweisen zu den Ereignissen)

The European Severe Weather Database ESWD (http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi)

European Climate Assessment & Dataset ECA&D (http://www.ecad.eu/)

Francis,J.A.; Vavrus, S.J. (2012): Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudesGeopysical Research Letters Vol. 39, L06801, doi: 10.1029/2012GL051000, 2012

Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface tem perature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201"

Brugge, R. (2012): World Weather News 2012; University of Reading, UK; http://www.met.reading.ac.uk/~brugge/world2012.html

Monatliche Berichte und Pressemitteilungen der Nationalen Meteorologischen und Hydrologischen Dienste in der RAVI (Links siehe in http://www.wmo.int/pages/members/region6_en.html)

The Dartmouth Flood Observatory (http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html)

Das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) (http://gpcc.dwd.de)

The Satellite Application Facility on Climate Monitoring CM SAF (http://www.cmsaf.eu)

Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71-99, doi:10.5194/essd-5-71-2013.

Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

P. Bissolli, H. Nitsche and A. Becker (2012): Numerous episodes of heavy rainfall in southern Europe in autumn 2012, http://www.dwd.de/rcc-cm

P. Bissolli, M. Ziese, S. Pietzsch, P. Finger, K. Friedrich, H. Nitsche, A. Obregón, 2012: Drought conditions in Europe in the spring of 2012, http://www.dwd.de/rcc-cm

P. Bissolli, 2012: Noticeable Ice Saints 2012, http://www.dwd.de/rcc-cm

WMO RCC-RA II & RA VI, 2012: Cold spell in Europe and Asia in late winter 2011/2012, http://www.dwd.de/rcc-cm

Das Jahr 2012 im globalen Überblick

C. Lefebvre, A. Becker

Die für das Jahr 2012 ermittelte Globaltemperatur (Land und Ozean) beträgt 14,45°C nach Analyse der Climatic Research Unit of the University of East Anglia, Norwich, UK, und des UK Met. Office Hadley Centre in Großbritannien. Damit war 2012 um 0,45 K wärmer als der Zeitraum 1961-1990. Andere Analysezentren in den USA kommen mit ihren Datensätzen zu fast identischen Ergebnissen. Je nach Datensatz war das Jahr 2012 das 9. oder 10.-wärmste seit Beginn der Zeitreihen. Das bisher wärmste Jahr seit 1850 war 2010.

Der mittlere Jahresniederschlag der Landoberflächen lag nach Analysen des National Climate Data Centre der USA nur leicht über dem Mittelwert 1961-1990, während die beiden Vorjahre die ersten beiden Plätze aller Jahre seit 1900 belegten. Die Analysen des Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie bestätigen diesen Verlauf mit einem deutlich reduzierten mittleren Jahresniederschlag 2012 gegenüber 2011 und 2010, der sogar leicht unterhalb der Mittelwerte 1961-1990 und 1951-2000 liegt. Das Niederschlagsjahr 2012 war also im Mittel absolut normal, und im Gegensatz zur Temperatur kann man keine vergleichbare Drängung von Rekordjahren bezüglich des mittleren (!) globalen Niederschlags in der letzten Dekade beobachten.

Dieser ist nach wie vor stark von der Phase der „El Niño Southern Oscillation" beeinflusst, wobei die kalte (La Niña) Phase, wie Sie in den Jahren 2010 und 2011 prägnant war, mit zu nassen Jahren einhergeht. Auch zu Beginn des Jahres 2012 wurde das globale Klima noch von einer schwach bis mäßig ausgeprägten La Niña Phase beeinflusst, die durch unterdurchschnittliche Wasseroberflächentemperaturen im tropischen Ostpazifik gekennzeichnet ist. Sie führte dazu, dass die mittlere Globaltemperatur des Zeitraums Januar bis März 2012 die geringste für diesen Zeitabschnitt seit 1997 war. Nach dem Ende der La Niña-Phase bestanden ab April bis zum Ende des Jahres neutrale Bedingungen.

Der Index der Nordatlantik Zirkulation, also die Luftdruckdifferenz zwischen Island und den Azoren, schwankte auch in 2012 wieder stark mit den Jahreszeiten allerdings umgekehrt zum Vorjahr mit einem Rekordabfall von einem Maximalwert im Dezember des Vorjahres bis zum Juni gefolgt von einem Anstieg auf zum Jahresende neutrale Bedingungen. Der Verlauf des NAO Indexes prägte auch in 2012 maßgeblich das Niederschlagsgeschehen in Europa zumindest im Winter und Frühjahr (Bissolli, 2012) mit Fernwirkungen bis nach Westrussland und Sibirien.

Temperatur

Im Jahresmittel deutlich zu warm war es vor allem auf dem nordamerikanischen Kontinent, mit weiträumigen Abweichungen von 2-3 K, südlich der großen Seen sogar von 3-4 K zum Mittel des Bezugszeitraums 1961-1990, sowie im nördlichen Sibirien (Abb. 1). Im Norden Westsibiriens und auf Spitzbergen im Nordpolarmeer wurden mit 4-5 K die höchsten Temperaturabweichungen beobachtet. Die USA erlebten das wärmste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn 1895, Kanada das 5.-wärmste. In Argentinien war 2012 ebenfalls das bisher wärmste Jahr der Zeitreihe, die 1961 begann. Zu kalt war es vor allem im südlichen Alaska, wo die Jahresmitteltemperaturen um 1-2 K unter dem Durchschnitt blieben. Der Januar war hier der kälteste seit Aufzeichnungsbeginn vor 95 Jahren.

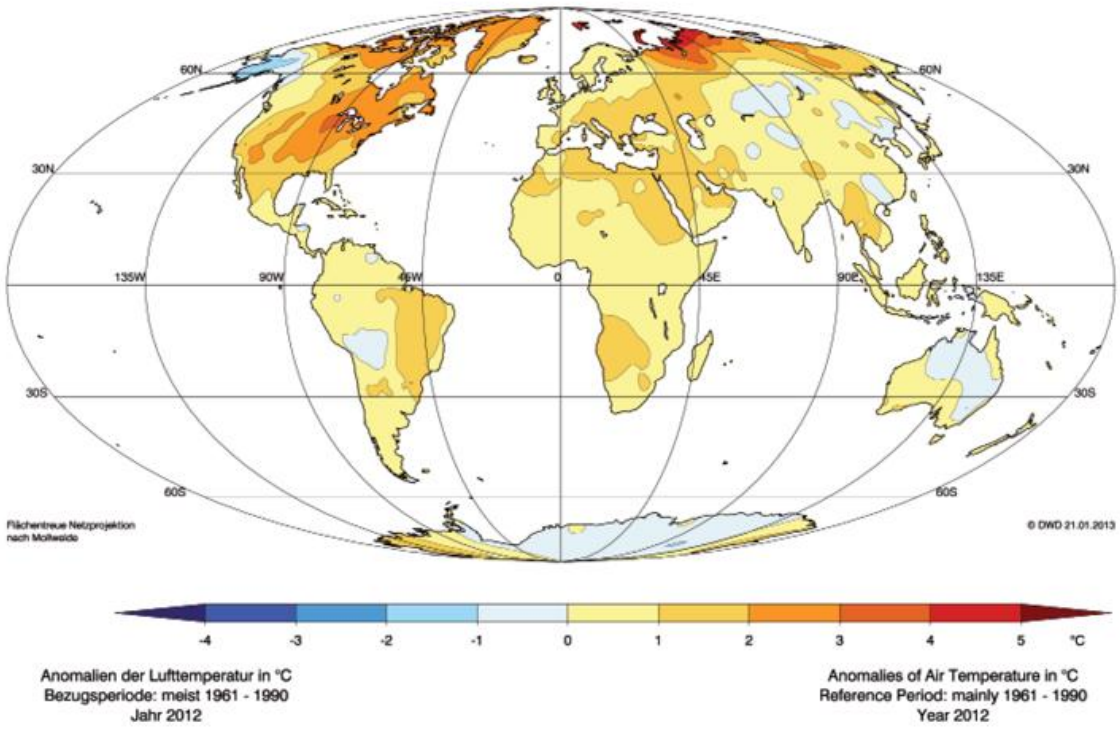


Abb. 1: Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2012 in °C

- Markante Hitze- und Kältewellen

Hitzewellen brachten neue Wärmerekorde. Am außergewöhnlichsten war wohl die Hitzewelle im März in den USA. Sommerliche Temperaturen brachen fast 15.000 bisherige Temperaturrekorde. Selbst in Chicago stieg das Thermometer in diesem Monat bis auf 30°C! Die tiefsten Nachttemperaturen lagen teilweise über den bisherigen Höchsttemperaturen. Eine rasche Schneeschmelze und eine Explosion der Natur mit einer ungewöhnlich hohen Pollenkonzentration waren die Folge. Auch der August war in den USA der bisher wärmste. Dazu kam eine lang anhaltende Trockenheit (s.u.). Hitzewellen und Rekordtemperaturen im Sommer wurden aber auch aus anderen Teilen der Welt gemeldet. Für Südosteuropa war der Sommer 2012 der wärmste seit Aufzeichnungsbeginn, in Russland der 2.-wärmste nach dem Rekordsommer 2010. In Sibirien führten Trockenheit und hohe Temperaturen, die im Juni in Norden des Westsibirischen Tieflandes bis um 10°C und im Juli bis zu 5°C über dem Durchschnitt lagen, zu schweren Waldbränden, die den Flugverkehr behinderten. Aber auch im Mittelmeerraum entstanden im Sommer zahlreiche Waldbrände.

Nicht nur Deutschland, sondern weite Teile Europas wurden von Ende Januar bis Mitte Februar von einer markanten Kältewelle mit Dauerfrost heimgesucht. Teilweise gingen die Nachttemperaturen auf -20 bis -40°C zurück, im Osten Russlands bis auf -50°C. Über 600 Menschen fanden den Tod. Auch im Nordosten Chinas herrschte zu dieser Zeit solch eine eisige Witterung. Schlimmer wirkte sich jedoch Nachtfrost im August in der Hebei-Provinz aus, in der die Stadt Beijing (Peking) liegt. Auf 125.000 Hektar wurde Getreide geschädigt, was einen wirtschaftlichen Schaden von umgerechnet 25,7 Mio. US Dollar bedeutete. Im Dezember erlebte Russland eine Kältewelle, in der um Moskau Tiefsttemperaturen bis um -30°C und östlich des Urals sogar bis -50 bis nahezu -60°C (Ojmjakon: -58,6°C) gemessen wurden. Weit mehr als 100 Menschen fanden den Tod.

Niederschlag

Entsprechend der ausklingenden La Niña Phase war es in Australien zu Beginn des Jahres immer noch verbreitet zu nass, allerdings kehrte sich das Bild im Laufe des Jahres um, und die letzten 5 Monate des Jahres waren im Süden und Osten von Australien viel zu trocken. Es sind diese Abfolgen länger anhaltender Dürreperioden gefolgt von nur ein paar Tagen oder Wochen mit starken Niederschlägen, wie Sie im Jahr 2012 im Sahel auftraten, welche die größten Probleme mit Überschwemmungen und Springfluten verursachen. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die Trockenheit über dem zentralen Nordamerika noch verstärkt und ausgeweitet und auch die im Jahr 2011 noch eher zu nassen Regionen in Nord-Ost Brasilien, Pakistan, Indien und Namibia waren teilweise deutlich zu trocken (Abb. 2).

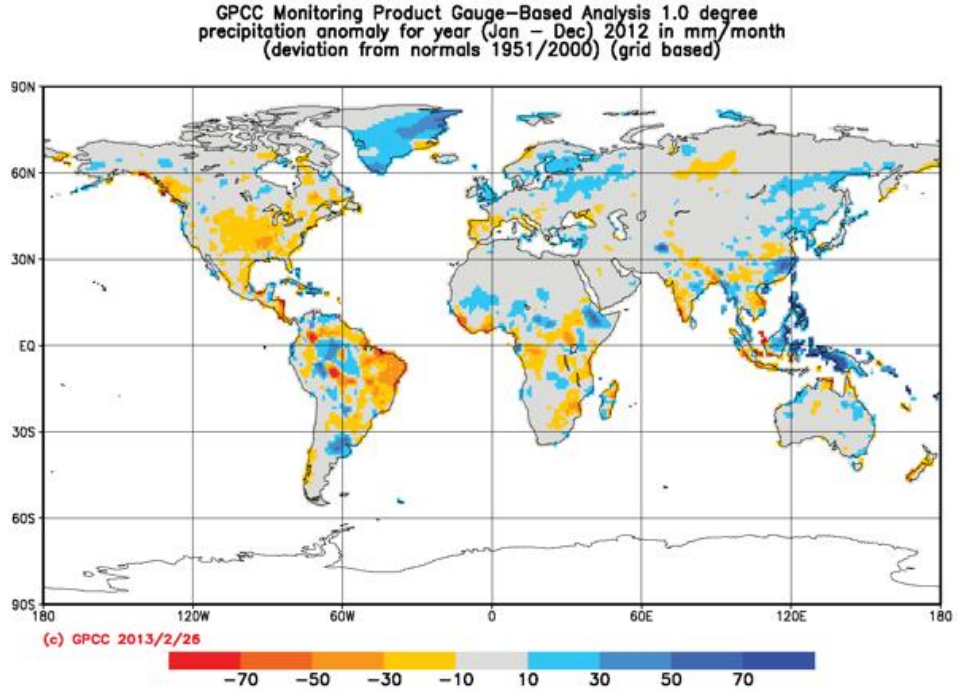


Abb. 2: Globale Verteilung der mittleren absoluten Niederschlagsanomalie des Jahres 2012 gegenüber der WZN Niederschlagsklimatologie 1951-2000

- Markante Dürren und Überschwemmungen

In der westlichen Sahelzone, insbesondere in den Staaten Burkina Faso, Mali, Niger und Tschad führten unterdurchschnittliche Niederschläge, die hier vor allem in der Regenzeit von Juni bis September fallen, im Jahr 2011 und in der 1. Jahreshälfte 2012 zu starken Einbußen in der Landwirtschaft und zu Nahrungsmittelknappheit. Im Anschluss an diese Dürreperiode lösten Starkniederschläge ab August zu Überschwemmungen, die wiederum einen Teil der Pflanzen vernichteten. Zudem kamen allein im Staat Niger mehrere Dutzend Menschen ums Leben und über hunderttausend wurden obdachlos. In den USA setzte sich eine extreme Dürre, die schon 2011 den zentralen Süden der USA (insbesondere Texas) erfasst hatte, fort und weitete sich aus. Gegen Ende September waren 65 % der USA von einer mäßigen bis außergewöhnlichen Dürre betroffen, die in der Landwirtschaft zu Einbußen von mehreren Milliarden US-Dollar führten. Ab Ende des Sommers brachte dann aber teilweise sehr ergiebiger Regen eine Entspannung der Lage. In Europa war besonders der Jahresbeginn sehr trocken. Februar und März 2012 zählten nicht selten zu den bisher trockensten. In Brasilien verzeichnete der Norden in der 1. Jahreshälfte die schlimmste Dürre seit 50 Jahren. Trockenheit in der 1. Jahreshälfte herrschte auch in der südlichsten Provinz Chinas Yunnan und Teilen der nördlich angrenzenden Provinz Suchuan, wodurch wirtschaftliche Schäden von mehr als 780 Mio. US-Dollar verursacht wurden. Westrussland und Westsibirien meldeten aufgrund von Trockenheit im Juni und Juli landwirtschaftliche Verluste von 630 Mio. US-Dollar.

Stürme

- Stürme in Europa

Gleich Anfang Januar 2012 verursachten die beiden Sturmtiefs ULLI und ANDREA, die Böen bis Orkanstärke auslösten, Schäden. Zunächst waren Großbritannien, Norwegen, Dänemark und der Norden Deutschlands besonders betroffen, vom 2. Tief, dem viel Schnee nachfolgte, auch Österreich, die Schweiz, Slowenien, der Kosovo und Bulgarien. Vom 9. bis 11. September bewirkte ein Sturmtief direkt östlich von Island Schnee und Eisregen. Ein seltenes Ereignis war das Vordringen von Hurrikan GORDON bis zu den Azoren. Er überquerte die beiden südöstlichen Azoreninseln Santa Maria und São Miguel, verursachte Sturmschäden und lokale Überschwemmungen. Um den Monatswechsel September/Oktober zog dann der Tropensturm NADINE über mehrere Tage um die Azoren, machte aber keinen Landgang. Am 28./29. November brachte das Tief HEIKE, das sich im Golf von Genua bildete, exponierten Höhenlagen der Alpen Orkanböen. Vor allem löste es aber in Südfrankreich, der Schweiz, an der Adriaküste und später auch in Griechenland ergiebige Regenfälle bis zu 100 bis 160 mm in 2 Tagen aus sowie bis zu 70 cm Schnee in den Alpen und nördlich davon.

- Tropische Wirbelstürme

Tropische Wirbelstürme entstehen über den warmen Weltmeeren in einer Entfernung von mindestens 500 km vom Äquator. Da sie Ihre Energie aus der Verdunstung von Wasser ziehen, ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für ihre Entstehung eine Wasseroberflächentemperatur von mindestens 26,5°C über eine hinreichende Wassertiefe. Weitere Bedingungen sind eine genügende Luftfeuchte in der mittleren Troposphäre (rund 5 km Höhe), eine nicht zu geringe Temperaturabnahme mit der Höhe, geringe vertikale Windänderungen und ein bereits existierendes Tiefdruck- oder Gewittersystem.

Die Wirbelsturmaktivität aller Ozeane lag im Jahr 2012 mit insgesamt 83 Stürmen (Windgeschwindigkeit mindestens 62 km/h) im Bereich des Mittelwertes von 1981-2010 (85 Stürme). Im dritten Jahr in Folge entstand über dem Nordatlantik eine überdurchschnittliche Anzahl von 19 Stürmen. Der Aufsehen erregendste war Hurrikan SANDY im Oktober, der in der Karibik und im Nordosten der USA insbesondere durch gewaltige Regenmengen wie auch durch Sturmfluten große Schäden an der Infrastruktur verursachte und das Leben in New York stark behinderte. Insgesamt brachte er mehr als 200 Menschen den Tod. Noch mehr Todesopfer forderte der Taifun BOPHA Anfang Dezember im Nordwestpazifik. Er erreichte mit maximalen Windgeschwindigkeiten (1-Minuten Mittel) von rund 260 km/h, was der Stärke eines Hurrikans der höchsten Kategorie und damit der größten Zerstörungskraft entspricht, die Südinsel Mindanao der Philippinen. Über 900 Menschen starben und nahezu 600 blieben vermisst. Aber auch in anderen Seegebieten zogen tropische Wirbelstürme auf das Festland und über Inseln hinweg und hinterließen starke Schäden und Todesopfer.

- Tornados

Gleich ab Jahresbeginn ereigneten sich in den USA eine Reihe schwerer Tornados. Die meisten wurden im März und April beobachtet, wobei die Anzahl von 154 im März ungewöhnlich hoch war. Ein heftiger Tornadoausbruch am 2./3. März forderte 42 Todesopfer, die meisten davon in Kentucky und Indiana. Da das Aufkommen in der 2. Jahreshälfte meist nur noch bei rund 40 im Monat oder darunter lag, war die Gesamtzahl mit 936 Tornados (vorläufiger Wert des Storm Prediction Center der NOAA) deutlich unter dem der beiden Vorjahre (2011 : 1691). Auch in Europa traten einzelne Tornados auf, die Schäden und Verletzte hinterließen, so am 28. September in Gandia an der Ostküste Spaniens und am 28. November in Taranto im Südosten Italiens.

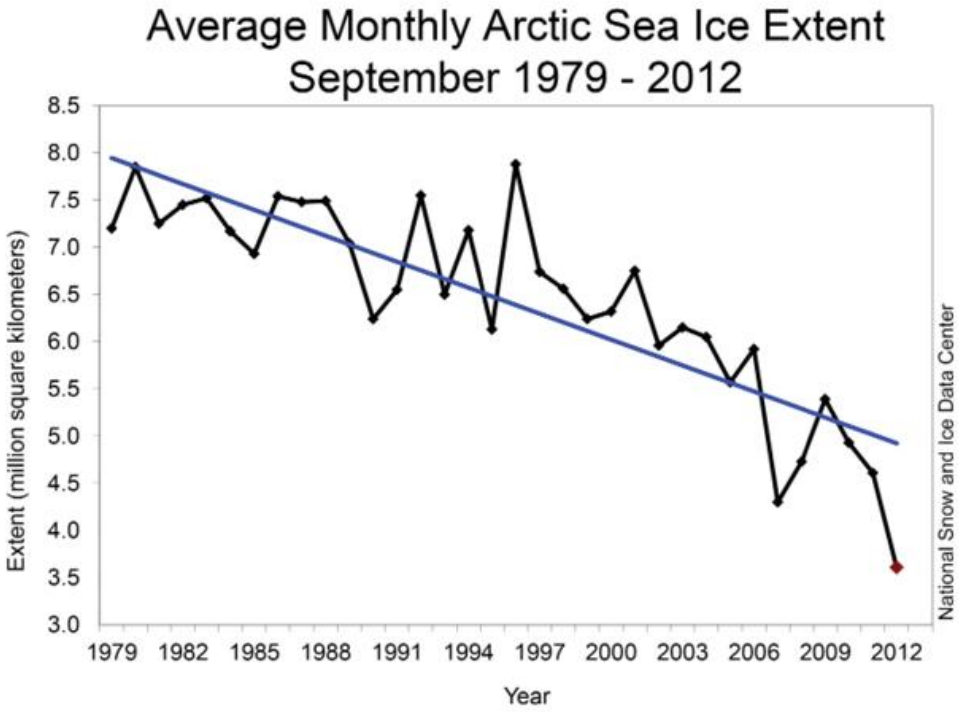


Abb. 3: Mittlere Meereisausdehnung im Nordpolarmeer im Monat September für den Zeitraum 1979-2012

Meereisbedeckung

Die Eisbedeckung auf dem Nordpolarmeer hat einen ausgeprägten Jahresgang mit einem Maximum im März und einem Minimum im September. Am 16. September 2012 wurde mit 3,41 Mio. km^2 die geringste Meeresbedeckung seit Beginn der Satellitenbeobachtungen im Jahr 1979 verzeichnet. Das Monatsmittel für September lag mit 3,61 Mio. km^2 um 2,91 Mio. km^2 oder 45 % unter dem Mittel des Zeitraums 1981-2010 (Abb. 3). Seit 1979 hat die Eisbedeckung im September um 1,3 % pro Jahr abgenommen. Um die Antarktis verläuft der Jahresgang der Meereisbedeckung genau entgegengesetzt. Anders als in der Arktis verzeichnet das antarktische Meereis eine Zunahme. Am 26. September wurde die bisher größte Eisbedeckung mit 19,4 Mio. km^2 seit Beginn der Satellitenmessungen 1979 verzeichnet.

Neben der Nordostpassage nördlich von Sibirien war auch die Südroute der Nordwestpassage, die sog. Roald Amundsen-Route im kanadischen Archipel eisfrei und wurde von Frachtschiffen zur Verkürzung des Seewegs genutzt.

Ozonloch

Das Ozonloch über der Antarktis war weniger stark ausgeprägt als in den letzten Jahren. Mit maximal 21,2 Mio. km^2 Fläche wurde die 2.-kleinste Ausdehnung der letzten 20 Jahre beobachtet.

Quellen:

WMO, 2012: Record Arctic Sea Ice Melt, Multiple Extremes and High Temperatures.
WMO Press Release No. 966
WMO, 2013: WMO statement on the status of the global climate in 2012 (draft)
NOAA, NCDC; 2013: State of the Climate. Global Analysis, Annual 2012. (http://www.ncdc.noaa.gov/scotc/global)

Wetterlagen ändern sich mit dem Klimawandel

U. Riediger

Klima, Witterung und Wetterlagen

Wetter und Klima sind im europäischen Raum überwiegend geprägt durch wandernde Hoch- und Tiefdruckgebiete. Die Dynamik der Tiefdruckgebiete verlagert Fronten mit Warm- oder Kaltluftvorstößen, während die Eigenschaften der Hochdruckgebiete durch absinkende und blockierende Luftbewegungen gekennzeichnet sind. Täglich kann über die geographische Position dieser Wetter bestimmenden Hoch- und Tiefdruckgebiete die aktuelle Wetterlage abgeleitet werden.
In der Regel sind daran typische Witterungsverhältnisse gebunden: die in Mitteleuropa vorherrschenden Westwinde bewegen meist feuchte, maritime Luftmassen vom Nordatlantik nach Deutschland und führen zu milden, regnerischen Wintern und relativ kühlen, regenreichen Sommern. Hingegen kommt es durch ein vermehrtes Auftreten von Ostwetterlagen zu kontinental geprägten, trockenen, kalten Wintern oder in den Sommermonaten zu trockenem und heißem Wetter. Beim Rückblick auf die letzten Monate (November 2011–Dezember 2012) lassen sich die Zusammenhänge zwischen Wetterlage und Witterung sehr gut beschreiben.

Rückblick – November 2011 bis Dezember 2012

Der November 2011 war der trockenste Monat seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Andauernde Hochdruckgebiete im osteuropäischen sowie baltischen Raum führten häufiger zur Wolkenauflösung und zu äußerst trockenen Witterungsbedingungen (blockierende Omegalage). Ähnliche Wetterlagen waren ebenfalls für den Hitzesommer 2003 verantwortlich. Diese windschwachen Wetterlagen wirken z.B. verstärkt auf den innerstädtischen Wärmehaushalt (Früh et al. 2011) und begünstigen Inversionslagen mit z.B. erhöhter Feinstaubbelastung (Demuzere et al. 2009).
Im Gegensatz zu diesen Wettertypen sorgten im Dezember 2011 und im Januar 2012 gehäuft vorgekommene Westwetterlagen für sehr nasse Verhältnisse mit hohen Niederschlagsraten und ungewöhnlich milder Winterwitterung. Im Februar 2012 kam es durch weit ausufernde, sibirische Kältehochs (Cooper und Dieter) zu extrem niedrigen Temperaturen in weiten Teilen Europas (WMO 2012).
Fast das gesamte Wettergeschehen des trockenen, warmen März 2012 wurde durch stationäre Hochdruckgebiete über den Britischen Inseln bestimmt. Neue Witterungsrekorde wurden für Temperatur, Niederschlag sowie Sonnenschein nur knapp verfehlt. Während die nachfolgenden Monate durch wechselnde Witterungsbedingungen gekennzeichnet waren, wurde der August 2012 durch sonnenreiche Hochdrucksituationen und Hitzewellen mit Südströmungen beeinflusst.
Ein Sprung in den Dezember 2012 zeigt herausragende Niederschlags- und Temperaturanomalien, die ihren Ursprung in dominierenden Tiefdruckgebieten hatten. Deshalb wurde das Weihnachtsfest 2012 größtenteils schneefrei und mit frühlingshaften Temperaturen gefeiert.
Der Jahresrückblick verdeutlicht, wie verschiedenartig der Einfluss markanter Wetterlagen auf die monatliche Witterung sein kann. Dabei spielt häufig die Andauer einer Wetterlage oder ein verstärktes Auftreten oder die geographische Ausdehnung der Hochs und Tiefs eine enorme Rolle für die Entwicklung meteorologischer Phänomene (wie der Hitze- und Kältewellen oder Trocken- und Nassperioden).

Klimamodelle und Reanalysen

Klimatologische Langzeitstudien teilen Wetterlagen in Klassen mit typischer Witterung ein. Eine Wetterlagenklassifikation kann subjektiv z.B. durch den Meteorologen mit Blick auf die Wetterkarte oder objektiv durch vorgegebene Computeralgorithmen (Philipp et al. 2010) erstellt werden. Vorteil eines objektiven Verfahrens ist, dass es einerseits enorme Datenmengen atmosphärischer Modelle abarbeitet und andererseits die Wetterlage stets eindeutig, konsistent reproduziert – im Gegensatz zum Meteorologen.
Beim Deutschen Wetterdienst werden objektive Wetterlagen operationell analysiert und für die nächsten Tage vorhergesagt – das nun seit den späten 70er Jahren. Neuerdings werden auch Wetterlagen für eine ferne Zukunft untersucht, wie diese mithilfe von Klimasimulationen projizieren wird.
Im Wesentlichen stützen sich die hier präsentierten Ergebnisse auf zwei Datenstränge – Reanalysen und Klimamodelle: Bei der Analyse der Vergangenheit werden Reanalyse Datensätze verwendet, die auf Modellrechnungen beruhen, ähnlich derer aus der Wettervorhersage. Durch die Einheitlichkeit des Modells und der Assimilation gemessener Da-

ten verschiedenster Quellen (z.B. Satellitentechnologie) wird ein möglichst in sich physikalisch stimmiger, qualitativ hochwertiger Datensatz hergestellt. Die Reanalysen reproduzieren die großskalige Luftdruckverteilung und damit alle Wetterlagen, die für das Witterungsverhalten relevant sind (Brönnimann et al. 2009). Aufgrund der Erstellungsart und ihres Aufbaus eignen sich diese Datensätze hervorragend für einen Vergleich mit Simulationsdaten, die von globalen Klimamodellen stammen.
Klimamodelle bleiben ein unverzichtbares Werkzeug, um die zukünftigen Eigenschaften atmosphärischer Parameter physikalisch zu berechnen. Viele Klimamodelle sind seit langem in der Lage großräumige Luftdruckmuster realistisch zu simulieren. Für Vergangenheit und Zukunft werden im Kontroll- und Projektionszeitraum die elementaren atmosphärischen Prozesse unter Annahme von Emissionsszenarien (z.B. A1B, B1, A2) für relevante Treibhausgase wie z.B. CO2 simuliert. Für die Berechnung der Wetterlagen wurden verschiedene Läufe der aus dem 4. IPCC Sachstandsbericht bekannten Klimamodelle verwendet.
Wie akkurat und damit glaubwürdig die Simulationen es schaffen, typische Wetterlagenmuster abzubilden, macht eine Beurteilung der Fähigkeiten und Güte der Klimamodelle möglich. Nach bisherigen Auswertungen kann die Wetterlagenhäufigkeit in den meisten Modellläufen mit sehr hoher Genauigkeit innerhalb der Klimakontrollperiode (1951-2000) durch Klimamodelle reproduziert werden. Nur einzelne Modellläufe können das mäßig gut und zeigen die Tendenz zu unter- oder überschätzen.
Für eine möglichst gute Einschätzung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sollte deshalb ein Multi-Model-Ansatz berücksichtigt werden. Hierfür werden Ergebnisse aus einem Ensemble von Klimasimulationen bewertet, um unzureichende Informationen einer Einzelsimulation zu erkennen und Unsicherheiten einschätzen zu können.

Beobachtete und zukünftige Wetterlagentrends

Die in der Vergangenheit beobachteten und zukünftig zu erwartenden Veränderungen geben der Klimaforschung notwendige Impulse, die Zusammenhänge des Klimasystems besser zu verstehen. Ist zukünftig mit einer Veränderung der Häufigkeit markanter Wetterlagen zu rechnen, so dürfte dies unmittelbar Auswirkungen auf die klimatischen Randbedingungen in Deutschland haben: Lufttemperatur, Windstärke, Niederschlag und Wetterextreme wie Starkregen, Böen oder Gewitter können sich ändern (Donat et al. 2010, Jacobeit et al. 2009, Pinto et al. 2007).
Die großräumige Luftdruckverteilung der Atmosphäre beeinflusst vom Prinzip alle Kontinente (z.B. in Form der äquatorialen Passat-Winde bis zu den polaren Kältehochs). Das Klimasystem muss deshalb global diskutiert werden, um anschließend deren Auswirkungen schrittweise auf Deutschland zu fokussieren. Im Folgenden werden die vergangenen und die potentiell zukünftigen Entwicklungen in den Wetterlagenmustern für Deutschland vorgestellt.
Entlang der Luftmassengrenze zwischen kalter Polarluft und warmer Subtropenluft entstehen stets temperaturbedingte Ausgleichsbewegungen in Form von Hoch- und Tiefdruckgebieten. Durch den Klimawandel bedingt, werden die derzeit bemerkbaren Änderungen mit einer polwärts orientierten Verlagerung der Hauptwind- und –drucksysteme beschrieben (Reichler 2009). In den mittleren Breiten ist die Westwindzone Teil dieser polwärtigen Verlagerung. Sowohl in Beobachtungsdaten als auch in Klimamodellen werden diese Trends abgebildet. Dieses Phänomen ist auf der Südhemisphäre aufgrund fehlender Landflächen deutlich robuster als auf der Nordhemisphäre ausgeprägt (Thompson et al. 2000, Cohen & Barley 2005).
Dies wird auch über geänderte Verhältnisse des bodennahen Luftdrucks in den höheren zu den mittleren Breiten (z.B. Nordatlantische Oszillatioen) widergespiegelt (Pinto et al. 2007). Diese Trends unterliegen auf der nördlichen Hemisphäre einer größeren Variabilität als auf der südlichen (Thompson & Solomon 2002). Eine Abgrenzung der anthropogenen Verursachung und der natürlichen Schwankungen ist auch bei den Wetterlagentrends schwierig zu beziffern.
Auswirkungen sind eine damit, verbundene verstärkte Häufigkeit der Westströmung und eine Abnahme der östlichen Windrichtungen, teilweise sind auch nördliche und südliche Windkomponenten betroffen. Erkenntnisse aus den Reanalyse- und Simulationsdaten bestätigen bereits innerhalb der vergangenen Jahrzehnte vergleichbare Trends (Bengtsson et al. 2006).
Die sehr häufig auftretenden Südwest- und Nordwestwetterlagen nehmen in der Zukunft in fast allen Klimaprojektionen zu. Mit der Zunahme der Westwinde und einem verstärktem, meridionalen Druckgradienten über Mitteleuropa ist im Winter mit einem Zuwachs von Stürmen und hohen Windgeschwindigkeiten zurechnen (Donat et al. 2010), wobei eine Verlagerung des Polarfrontjetstreams und assoziierter Tiefdruckzugbahnen auch zu erwarten ist (Ulbrich et al. 2009, Meehl et al. 2007, Yin 2005).
Bereits in frühen Arbeiten wird für das Winterhalbjahr von einer Zunahme der zonalen, milden Wetterlagen berichtet, die mit einer Abnahme der meridionalen, kalten Strömung Hand in Hand verläuft (Bárdossy & Caspary 1990). Diese Aussagen wurden später erneut bestätigt, in dem eine Verstärkung der Westwinde über Mitteleuropa erkannt wurde (Werner et al. 2000). Besonders in den 1960er bis in die frühen 1990er Jahre kam es zu einer Zunahme (Abnahme) von antizyklonalen (zyklonalen) Strömungen im Winter (Kyselý & Huth 2006).

Von den Klimamodellen wird für blockierende Wetterlagen eine gleichbleibende Andauer und eine abnehmende Häufigkeit simuliert – sowohl global (Barnes et al. 2011) als auch für den atlantisch-europäischen Bereich (de Vries et al. 2013). Allerdings sind diese Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten, da diese häufig extreme Wetterbedingungen bewirken und alle Modelle diese blockierenden Strömungen (stark mäandrierende Rossby-Wellen) generell deutlich unterschätzen.

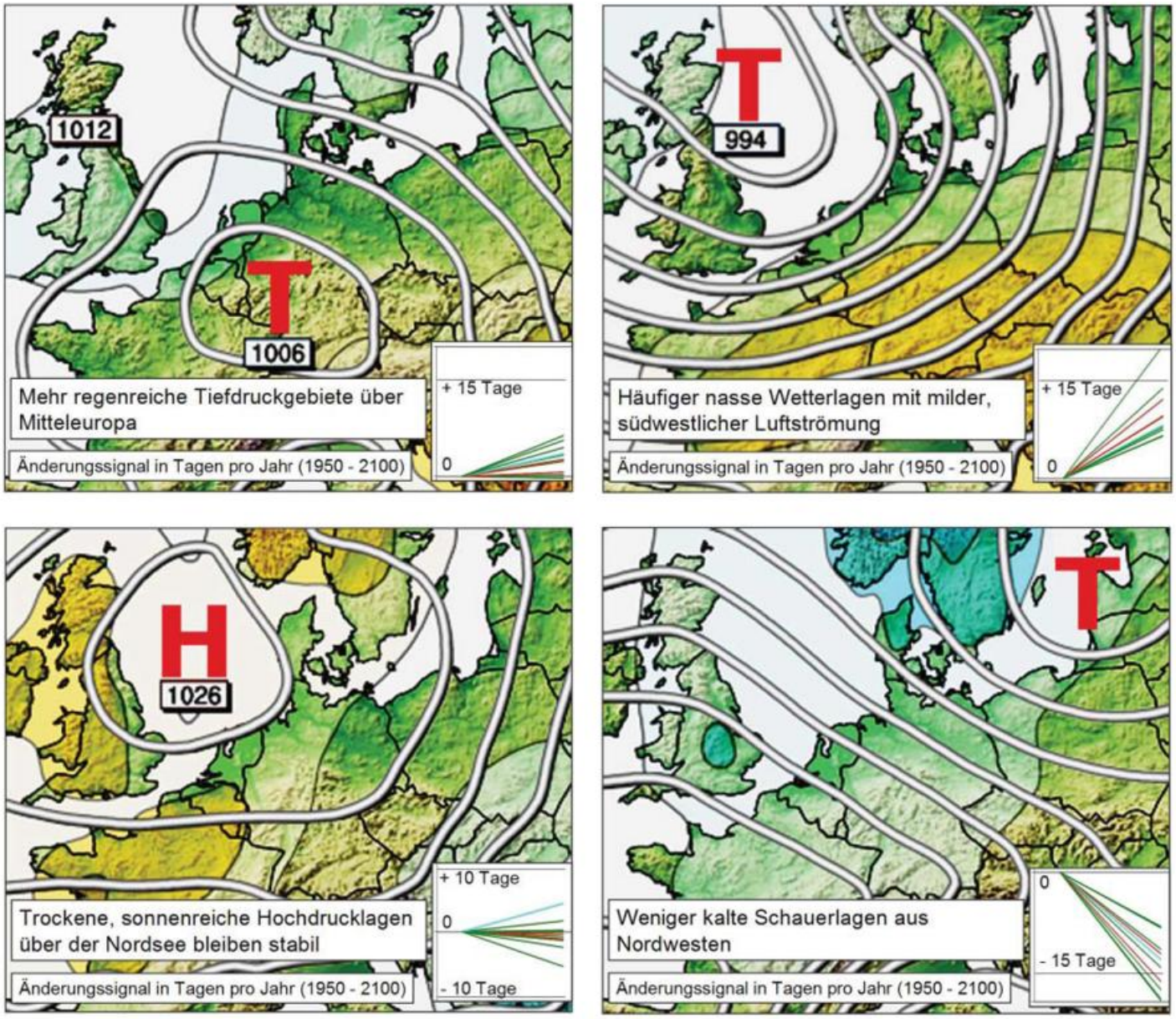


Abb. 1: Änderungssignale in Tagen pro Jahr über den Zeitraum von 1950 bis 2100 und mittlere, bodennahe Strömungsfelder der zyklonalen Südwestwetterlage (links oben), des Tiefs Mitteleuropa (rechts oben), des Hochs Nordostlage (links unten) und der Nordwestlage mit Höhentrog (rechts unten)

Neben zahlreichen Wettersituationen, die das Wettergeschehen bestimmen, werden nun vier für Deutschland wichtige Wetterlagen vorgestellt: Eine Zunahme von zentral über Mitteleuropa liegenden, feuchten Tiefdruckgebieten wird im Großteil der Klimaprojektionen erkannt (Abb. 1, links oben). Die zyklonale Strömung und Hebungsprozesse fördern dabei die Labilität in der Atmosphäre und mit einem überdurchschnittlich hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luftsäule liefert diese Wetterlage somit Sommer wie Winter eine Vorraussetzung für Starkniederschläge. Diese Wetterlage ist häufig an mittel- oder westeuropäische Troglagen geknüpft und zeigte auch in der Vergangenheit einen Anstieg in den Sommermonaten (Fricke 2002). Troglagen können Ausgangspunkt sein für die Ausbildung von Mittelmeerzyklonen, die über eine Vb-Zugbahn sehr hohe Niederschlagsextreme verursachen (Hochwasser an Oder 1997 und Elbe 2002 (Rudolf & Rapp 2002) und jüngst im November 2011 in Italien).
Die durch Tiefdruckeinfluss charakterisierten, niederschlagsreichen Südwestwetterlagen werden vor allem im Winter deutlich zunehmen (Abb. 1, rechts oben). Dabei werden feucht-milde Luftmassen nach Deutschland transportiert, die oft und auch heftigen Regen verursachen. In Sommermonaten hingegen reduziert sich die Anzahl dieser Wetterlagen (Fabig 2007).
Kein klaren Trends werden von den Modellen bei der trockenen Hochdrucklage simuliert (Abb. 1, links unten). Im Sommer kann sich diese Wetterlage stabilisieren, blockierend wirken und regionale Hitzeextreme und großräumige Trockenheit fördern. Prominente Beispiele sind die Hitzesommer 2003 und 2006. Die Ausbildung solcher blockierender Wetterlagen wird jedoch nur teilweise in den Klimasimulationen abgebildet (Kreienkamp et al. 2010).
Eine typische Schauerwetterlage, die Nordwestlage mit eingelagertem Höhentrog (Abb. 1, rechts unten) ist einheitlich durch Abnahmetrends in den Projektionen gekennzeichnet. Sommerliche Kaltlufteinbrüche könnten dadurch zukünftig in verminderter Zahl auftreten. Die Abnahme sommerlicher Nordwestwetterlagen ist bereits in der Vergangenheit nachzuweisen (Fricke 2002).

Fazit

Sowohl die Beobachtungen als auch die Klimasimulationen deuten in Vergangenheit und Zukunft auf Veränderungen bei den Häufigkeiten relevanter Wetterlagen. Vor allem im Winterhalbjahr bringen mehr regenreiche Tiefdruckgebiete aus dem Westen vermehrt Niederschläge und Starkregen. Sie werden unsere Winter bis zum Ende des Jahrhunderts im Mittel nasser und milder machen. Im Sommer werden solche feuchten, regenreichen Wetterlagen hingegen seltener. Das führt zu mehr Trockenheit und tendenziell mehr Dürren, Niedrigwasser und Risiken im Wassermanagement. Zu beachten bleibt bei der simulierten zukünftigen Entwicklung der Wetterlagen eine sehr hohe Variabilität von Jahr zu Jahr im Verhältnis zum langjährigen Trendverhalten (Demuzere et al. 2008), so dass große Unsicherheiten bei den absoluten Maxima dieser Ereignisse bestehen. Dennoch ist es nicht unwahrscheinlich, dass sich bereits beobachtete Trends der Vergangenheit in der Zukunft fortsetzen.

Glossar

Antizyklonal: Wetterlage mit überwiegendem Hochdruckeinfluss, welche zu meist durch relativ störungsfreies Wettergeschehen gekennzeichnet ist.

Ferrel-Zelle: Westwindzone der gemäßigten Breiten, gekennzeichnet durch hohe Energieunterschiede zwischen Polar- und subtropischer Luft

Inversionslage: Sperrschicht, die einen Austausch zwischen tief und höher liegenden Luftschichten verhindert, durch die Umkehr des normalerweise mit der Höhe abnehmenden Temperaturverlaufs.

Jetstream: ein schmales, bandartiges Starkwindfeld in der hohen Troposphäre

Nordatlantische Oszillation (NAO): beschreibt Intensität und Lage der atlantischen Westwindzone, die durch das Zusammenspiel zwischen Azorenhoch und Islandtief bestimmt wird

Omega-Lage: stabile Hochdrucklage, bei der das Strömungsfeld stark an den griechischen Großbuchstaben Omega erinnert.

Polarfront: Luftmassengrenze der mittleren Breiten zwischen Luft tropischen und polaren Ursprungs

Rossby-Welle: großräumige Wellenbewegung der Atmosphäre mit einer meridonalen Schwingung und einer westwärts gerichteten Phasengeschwindigkeit

Troglage: großräumiges Gebilde tiefen Luftdrucks, dessen Isobarenführung in Wetterkarten an die Form eines Futtertrogs erinnert

Vb-Zugbahn: Tiefdruckgebiete, die üblicherweise von der Adria nordwärts über Österreich und Ungarn nach Tschechien und Polen ziehen.

Westwindzone: dominante Luftströmung von West nach Ost in den mittleren Breiten (von 35° bis 65°)

Zyklonal: Wetterlage mit überwiegendem Tiefdruckeinfluss, welche zumeist durch wolken- und niederschlagsreiches Wettergeschehen gekennzeichnet ist.

Literatur

Bárdossy & Caspary: Detection of climate change in Europe by analyzing European atmospheric circulation patterns from 1881 to 1989, Theor. Appl. Climatol. 42, 1990

Barnes, Slingo & Woollings: A methodology for the comparison of blocking climatologies across indices, models and climate scenarios, Clim. Dyn.38, 2011

Bengtsson, Hodges & Röckner: Storm tracks and climate change. J. Clim. 19, 2006

Bissolli & Dittmann: The objective weather type classification of the German Weather Service and its possibilities of application to environmental and meteorological investigations. Met. Z. 10, 2001

Brönnimann, Stickler, Griesser, Fischer, Grant, Ewen, Zhou, Schraner, Rozanov & Peter: Variability of large-scale atmospheric circulation indices for the northern hemisphere during the past 100 years. Met. Z. 18, 2009

Cohen & Barlow: The NAO, the AO, and global warming: how closely related? J. Clim. 18, 2005

Demuzere, Werner, van Lipzig & Röckner: An analysis of present and future ECHAM5 pressure fields using a classification of circulation patterns. Int. J. Climatol. 29, 2008

Demuzere, Trigo, Vila-Guerau de Arellano & van Lipzig: The impact of weather and atmospheric circulation on 03 and PM10 levels at a rural mid-latitude site. Atmos. Chem. Phys. 9, 2009

Donat, Leckebusch, Pinto & Ulbrich: European storminess and associated circulation weather types: future changes deduced from a multi-model ensemble of GCM simulations. Clim. Res. 42, 2010

Fabig: Die Niederschlags- und Starkregenentwicklung der letzten 100 Jahre im Mitteldeutschen Trockengebiet als Indikatoren möglicher Klimaänderungen. Diss. Universität Halle-Wittenberg, 2007

Fricke: Hängen vermehrte Starkniederschläge am Hohenpeißenberg mit veränderten Wetterlagen zusammen? Klimastatusbericht 2002, Deutscher Wetterdienst, 2002

Früh, Koßmann & Roos: Frankfurt am Main im Klimawandel – eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 237, 2011

Jacobeit, Rathmann, Philipp & Jones: Central European precipitation and temperature extremes in relation to large-scale atmospheric circulation types. Met. Z. 18, 2009

Kreienkamp, Spekat & Enke: Stationarity of atmospheric waves and blocking over Europe - based on a reanalysis dataset and two climate scenarios. Theor. Appl. Climatol. 102, 2010

Kyselý & Huth: Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. Theor. Appl. Climatol. 85, 2006

Meehl and coauthors: Global climate projections. In: Solomon and coauthors: Climate Change 2007: the physical science basis, Fourth IPCC Report, Cambridge Press, 2007

Philipp, Bartholy, Beck, Erpicum, Esteban, Fettweis, Huth, James, Jourdain, Kreienkamp, Krennert, Lykoudis, Michaelides, Pianko-Klucynska, Post, Álvarez, Schiemann, Spekat, Tymvious: Cost733cat – A database of weather and circulation type classifications. Phys. Chem. Earth, 35, 2010

Pinto, Ulbrich, Leckebusch, Spangehl, Reyers & Zacharias: Changes in storm tracks and cyclone activity in three SRES ensemble experiments with the ECHAM5/MPI-OM1 GCM. Clim. Dyn. 29, 195-210, 2007

Reichler: Changes in the Atmospheric Circulation as Indicator of Climate Change. – in: Climate Change: Observed Impacts on Planet Earth. Ed. Trevor Letcher. Chapter 7, Elsevier, Amsterdam, 2009

Rudolf & Rapp: Das Jahrhunderthochwasser der Elbe: Synoptische Wetterentwicklung und klimatologische Aspekte. Klimastatusbericht 2002

Thompson, Wallace & Hegerl: Annular modes in the extratropical circulation. Part II: trends. J. Clim. 13, 2000

Thompson & Solomon: Interpretation of Recent Southern Hemisphere Climate Change. Science 3, 2002

Ulbrich, Leckebusch & Pinto: Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review. Theor. Appl. Climatol. 96, 2009

De Vries, Wooling, Anstey, Haarsma & Hazeleger: Atmospheric blocking and its relation to jet changes in a future climate, Clim. Dyn. 2013

Werner, Gerstengarbe, Fraedrich & Oesterle: Recent climate change in the North Atlantic/European sector, Int. J. Climatol. 20, 2000

WMO: Cold spell in Europe in late winter 2011/2012, wmo.int

Yin: A consistent polewards shift of the storm tracks in simulations of 21st century climate. Geophy. Res. Lett. 32, 2005

Agrarklimatologische Untersuchungen am Standort Bernburg-Strenzfeld als methodischer Vorschlag für ähnlich gelagerte Auswertungen

F. Böttcher, M. Schmidt

Einleitung

Die klimatischen Randbedingungen, geprägt von der geographischen Breite, der Lage zum Meer, der Höhe über dem Meeresspiegel, der Geländeexposition und anderen Faktoren, stellen neben den pedologischen Voraussetzungen eines Standortes die wichtigsten Gegebenheiten für die Entscheidung zur Durchführung der Art und Weise des Pflanzenbaus an einem Standort dar. Durch die klimatischen Bedingungen werden sowohl das Spektrum der angebauten Kulturpflanzenarten und -sorten, die Art der Bodenbearbeitung und die Ertragserwartung und damit das wirtschaftliche Ergebnis der Pflanzenproduktion maßgeblich bestimmt. Die Kenntnis der agrarklimatischen Verhältnisse eines Standortes ist in diesem Kontext als ein wichtiges Managementwerkzeug zu betrachten, das hilft, standörtlich wirtschaftlich optimalen Pflanzenbau betreiben zu können.

Problemstellung

Bernburg-Strenzfeld ist ein traditionsreicher Pflanzenbaustandort, der seit dem 19. Jahrhundert durch die Gründung der Herzoglich Anhaltischen Versuchsstation ins Leben gerufen wurde und durch die Etablierung des Instituts für Pflanzenzüchtung und den Aufbau der Hochschule für Land- und Nahrungsgüterwirtschaft sowie die Ansiedlung einer Außenstelle des Instituts für Getreideforschung Hadmersleben entwickelt wurde. Durch die politischen Veränderungen im Zuge der Einheit Deutschlands wurde die genannte Hochschule Teil der Hochschule Anhalt und die Einrichtung zur Getreideforschung stellte die Keimzelle für die am Standort angesiedelten Teile der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt (LLFG) dar. Daneben sind am Standort Firmen der Saatzuchtbranche tätig. Am Standort Bernburg-Strenzfeld hat die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG e.V.) in jüngster Zeit ihr internationales Pflanzenbauzentrum eingerichtet (Anonym 2011). Allen diesen Einrichtungen ist gemein, dass für ihre Arbeiten die Kenntnis der agrarklimatischen Verhältnisse essentiell ist.

In zwei wissenschaftlichen Abschlussarbeiten wurde versucht, eine Aufarbeitung der am Standort vorhandenen und -je nach meteorologischem Element- zum Teil bis ins 19. Jahrhundert zurück reichenden meteorologischen Messwerte durchzuführen. Dabei sollten:

1. die vorhandenen Auswertungen überprüft und ergänzt werden, um einen praxisnahen Datensatz zur Verfügung zu haben, der es ermöglicht, die herrschenden klimatischen Bedingungen zu nutzen, um optimaler in der Pflanzenproduktion am Standort einwirken zu können und klimatische Risiken besser abzuschätzen.
2. ein Beispiel für standörtliche agrarklimatische Datenauswertungen geliefert werden, das es ermöglicht -je nach Datenlage- auch an anderen Standorten ähnliche Auswertungen anzufertigen.

Die Bedeutung der einzelnen meteorologischen Elemente für den Pflanzenbau

Die Pflanzenwelt reagiert auf viele Umweltfaktoren. Zu den wichtigsten zählen die meteorologischen Standortbedingungen, beschreiben diese doch zum großen Teil, ob die gegebenen Verhältnisse ausreichende, günstige oder optimale Entwicklungsmöglichkeiten für die jeweilige Art erlauben. Die prägendsten meteorologischen Elemente (v. Wilamowitz et al. 1980, van Eimern & Häckel 1984 und Bouma 2009) sind:

- Luft- und Bodentemperaturen
- Wasserhaushaltsgrößen wie Niederschlag, Verdunstung, Sickerung und Bodenfeuchte
- Strahlungsgrößen wie Sonnenscheindauer und Globalstrahlung
- Luftfeuchte
- Pflanzenphänologische Daten.

Die Temperatur (Luft und Boden)

Die Temperatur sowohl des Bodens wie auch der Luft ist bedeutsam für die Pflanzenentwicklung und ebenso für die Entwicklung von schädigenden Einflüssen durch Schaderreger. Dies soll an ein paar Beispielen dargestellt werden:

a) Nach der winterlichen Vegetationsruhe startet das Wachstum der Winterungen im Frühjahr, wenn bestimmte Temperaturen sowohl in der Luft wie im Boden erreicht sind.
b) Ab bestimmten Bodentemperaturen leben Nitrifikationsprozesse im Boden auf (Knittel et al. 2012).
c) Die Keimung bestimmter Fruchtarten ist abhängig vom Erreichen bestimmter Temperaturen im Boden (v. Wilamowitz et al. 1980)
d) Tiefere Temperaturen verzögern die Entwicklung der Pflanzen.
e) Bestimmte pilzliche Schaderreger benötigen einen Lufttemperaturkorridor, um sich entwickeln zu können

(Bouma 2009).

f) Sehr hohe Lufttemperaturen in kritischen Entwicklungsphasen können zu einer Reduzierung der angelegten Anzahl von Körnern je Ähre führen (Wheeler et al. 1996), was Mindererträge nach sich zieht.

g) Frost ist für alle Pflanzenarten ein einschneidendes Temperaturereignis.

Man kann an diesen wenigen, keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebenden Beispielen erkennen, wie vielgestaltig die thermischen Wirkungen sind und wie wichtig die Kenntnis der entsprechenden Bedingungen eines Standortes für den Pflanzenbau einzuschätzen ist.

Der Bodenwasserhaushalt

Der Ertrag und damit auch der wirtschaftliche Erfolg werden unter anderem durch die vorherrschende Verdunstung und daraus folgend durch das den Pflanzen zur Verfügung stehende Wasser im Boden maßgeblich mitbestimmt. An ausgewählten Beispielen wird der Einfluss bestimmter Bodenwasserhaushaltsgrößen deutlich:

a) Die Verdunstung hat einen erheblichen Einfluss auf den Entzug des vorhandenen Bodenwassers und vermindert damit langfristig den Wassergehalt im Boden und damit die (Nährstoff)Versorgung der Pflanzen.

b) Die Klimatische Wasserbilanz als Differenz aus Niederschlag und potentieller Verdunstung, erlaubt einfache Aussagen zum Wasserhaushalt einer Region für unterschiedlich lange Zeiträume.

c) Sickerwasserströme beeinflussen die Grundwasserneubildung sowie die Rate des Nitrataustrags in tiefere Bodenschichten.

d) Eine optimale Bodenfeuchte gewährleistet eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen. Ist die Bodenfeuchte zu gering, kommt es zu Versorgungsengpässen, die Welken und nachfolgend möglicherweise Mindererträge der Pflanze zur Folge haben.

Der Niederschlag

Niederschlag fallend, abgesetzt oder als Decke aus festen Niederschlägen hat beispielsweise in den folgenden Formen Einfluss auf den Pflanzenbau:

a) Die fallenden Niederschläge sorgen für die Versorgung der Pflanzen mit Wasser, damit die Produktionsprozesse in den Pflanzen überhaupt ablaufen können. Wichtig ist allerdings auch, dass es Zeiträume ohne Niederschlag gibt, in denen Bodenbearbeitungs-, Bestellungs-, Pflanzenschutz- und Erntemaßnahmen durchzuführen sind (Feiffer 1975, v. Wilamowitz 1980, Bouma 2009).

b) Abgesetzte Niederschläge sind mitverantwortlich für Blattbenetzungszeiten, die unter Umständen auch pilzlichen Schaderregern Entwicklungsbedingungen bieten. Ferner sorgen durch abgesetzte Niederschläge hervorgerufene Blattbenetzungszeiten für eine längere Abtrocknungszeit bei der Produktion von Heu und Anwelksilage (van Eimern & Häckel 1984).

c) Abgelagerte Niederschläge schützen einerseits als Schneedecken vor Frosteinwirkungen, andererseits können lange Andauerzeiten von Schneedecken dazu führen, dass sich die Temperaturen unter der Schneedecke bis nahe dem Gefrierpunkt oder auch leicht darüber erhöhen. Hagel- oder Graupeldecken können im Sommer aufgrund ihrer tiefen Temperatur Schädigungen an den Pflanzen auslösen (Bouma 2009).

Die Sonnenscheindauer und die Globalstrahlung

Die kurzwellige Strahlung der Sonne dient den Pflanzen als Energiequelle für die Stoffproduktion. Die Wirkung der Globalstrahlung ist vielfältig: neben der Steuerung von Stoffwechsel-, Wachstums- und Entwicklungsprozessen der Pflanzen wird letztendlich auch der Ertrag und die Qualität dadurch mitbestimmt. Eine hohe Sonneneinstrahlung kann bei Starklichtempfindlichkeiten in bestimmten Entwicklungsabschnitten destruktiv wirken.

Die Luftfeuchte

Die Luftfeuchte ist in mehrerlei Hinsicht wichtig für den Pflanzenbau: durch die vorherrschende Luftfeuchte an den Spaltöffnungen wird unter anderem der Xylemfluss in den Pflanzen mitgesteuert (Lütke Entrup & Oehmichen 2006). Pilzliche Schaderreger benötigen zur Keimung bestimmte Luftfeuchten. Weiterhin gibt es Krankheitserreger, die geringe Werte der Luftfeuchte über längere Zeit benötigen (Bouma 2009). Auch hinsichtlich der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln ist die Luftfeuchte von Bedeutung sowie bei arbeitsorganisatorischen Maßnahmen des Mähdruschs.

Auswertungen der Temperaturmesswerte (Luft und Boden)

Auf der Basis der verfügbaren Tageswerte wurden die absoluten Maxima und Minima der Lufttemperatur für jeden einzelnen Tag in den bearbeiteten Jahren sowie deren mittlere Werte bestimmt und auch zu Monatswerten zusammen geführt. Die vorliegenden Tagesmitteltemperaturen für jeden einzelnen Tag wurden zu mittleren Tagesmittelwerten und weiter zu mittleren Monatsmittelwerten und zum Jahresmittel der Lufttemperatur über die jeweiligen 30 Jahre verdichtet (Abb. 1).

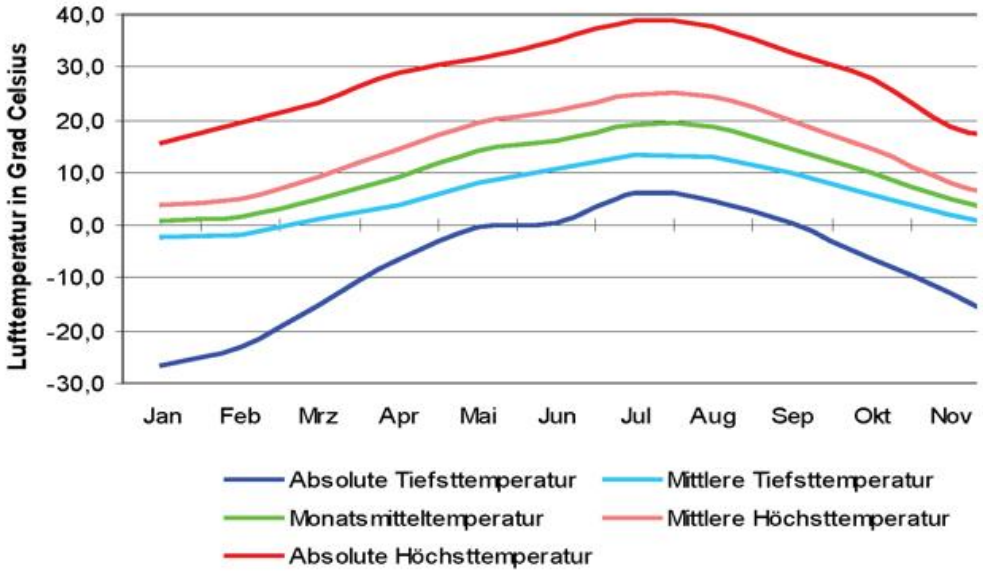


Abb. 1: Auswertung der Lufttemperatur auf der Basis von Tageswerten in Bernburg-Strenzfeld (1981-2010)

Ferner wurden Schadenstemperaturen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmt sowie Kältesummen, die Andauer der frostfreien Zeit, Ereignistage (Sommertag, Heißer Tag, Frosttag, Eistag) sowie der Beginn und das Ende der thermischen Vegetationsperiode ermittelt und ausgewertet (Tab. 1).
Durch den Vergleich der Messperioden 1961-1990 und 1981-2010 zeigten sich deutliche Veränderungen hin zu wärmeren Bedingungen. Das können einerseits positive Wirkungen sein durch ein vergrößertes Wärmedargebot und eine Verlängerung der Vegetationsperiode, aber es können damit auch Probleme auftreten, die sich beispielsweise durch den früheren Vegetationsbeginn in einer stärkeren Spätfrostgefährdung zeigen, denn die Termine der letzten Spätfröste ändern sich kaum. Auch die gesteigerte Anzahl der Sommer- und insbesondere Heißen Tage kann ertragsrelevant werden. Wheeler et al. (1996) wiesen nach, dass bei Temperaturen von 30°C und mehr in der unmittelbaren Zeit vor der Winterweizenblüte die Anzahl der Körner pro Ähre drastisch sinkt.

Element \ Messperiode	1961-1990	1981-2010	Veränderung
Jahresmitteltemperatur in °C	9,1	9,7	+0,6 K
Mittlere Kältesumme des Winters in K	174,1	134,8	-39,3 K
Mittlerer Beginn der thermischen Vegetationsperiode am	15.03.	09.03.	-6 Tage
Mittleres Ende der thermischen Vegetationsperiode am	14.11.	18.11.	+ 4 Tage
Mittlere Dauer der thermischen Vegetationsperiode in Tagen	244	254	+ 10 Tage
Grünlandwärmesumme nach Ernst & Loeper im Mittel erreicht am	28.03.	21.03.	-7 Tage
Mittlere Anzahl der Sommertage	35	45	+10 Tage
Mittlere Anzahl der Heißen Tage	6	10	+4 Tage

Tab. 1: Veränderungen ausgewählter Lufttemperaturgrößen zwischen den Messperioden 1961-1990 und 1981-2010 in Bernburg-Strenzfeld

Auswertungen der Bodenwasserhaushaltswerte
Grundlage der Auswertung zur potentiellen und realen Verdunstung, Sickerwasser, klimatischen Wasserbilanz und Bodenfeuchte bilden berechnete Tageswerte durch das Bodenwasserhaushaltsmodell METVER. Die Berechnung zur realen Verdunstung, Sicherwasser und Bodenfeuchte erfolgte für die Winterkulturen Winterweizen und Winterraps, sowie für die Sommerkulturen Mais und Zuckerrübe. Die potentielle Verdunstung und die klimatische Wasserbilanz wurde unter der Dauerkultur Gras berechnet.

Potentielle und reale Verdunstung
Die Auswertung der Verdunstung bei Gras und den einzelnen Kulturpflanzen hat einen Anstieg dieser über alle Monate und phänologischen Entwicklungsphasen hinweg ergeben. Sowohl beim durchschnittlich täglichen Mittel als auch in der mittleren Summe. Abb. 2 zeigt diesen Trend am Bespiel der realen Verdunstung beim Winterraps. Besonders in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode und im Sommer kam es aufgrund gestiegener Mitteltemperaturen zu deutlich höheren Verdunstungen, auch zu einer deutlich höheren unproduktiven Verdunstung.
Insgesamt stieg die mittlere potentielle Verdunstung von 602 mm (1961 bis 1990) auf durchschnittlich 655 mm (1981 bis 2010) im Jahr an. Das ist eine Zunahme um rund 9 %!

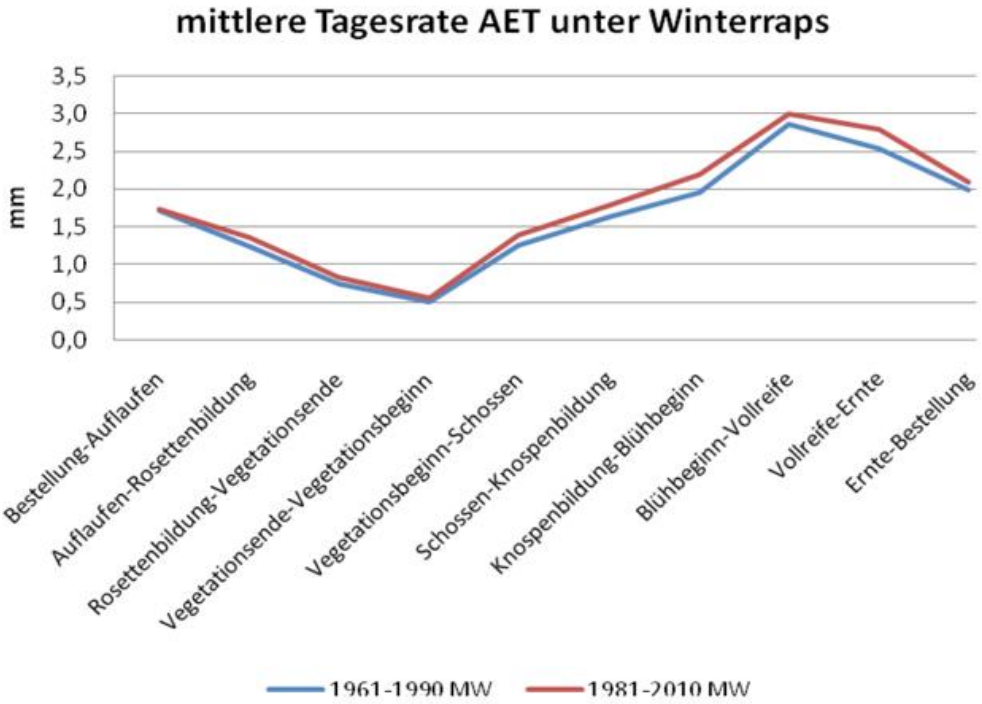


Abb. 2: mittlere Tagesrate der realen Verdunstung unter Winterraps in dessen einzelnen phänologischen Entwicklungsphasen

Die Auszählung der absoluten Tagesanzahl mit geringer, mittlerer und hoher potentieller sowie realer Verdunstung hat den zuvor festgestellten Trend der gestiegenen mittleren Verdunstungsraten und -summen bestätigt: die Anzahl der Tage mit einer Verdunstung unter 1 mm pro Tag ist im Zeitraum 1981 bis 2010 gegenüber der Tagesanzahl von 1961 bis 1990 in nahezu allen Monaten und Entwicklungsphasen zurückgegangen. Dem gegenüber steht eine Zunahme der Tage mit einer Verdunstung zwischen 1 und 5 mm sowie über 5 mm pro Tag.
Die höchsten realen Verdunstungssummen im Mittel der Jahre wiesen der Winterweizen und der Winterraps auf: durchschnittlich konnten 560 mm (1981 bis 2010) berechnet werden. Sommerkulturen wie Mais und Zuckerrübe verdunsteten hingegen rund 540 mm Wasser (selber Zeitraum) und waren damit etwas bodenwasserschonender als die Winterungen. Die insgesamt geringste reale Verdunstung hat Gras aufgewiesen.

Klimatische Wasserbilanz
Bei der klimatischen Wasserbilanz unter Gras konnte im 30-jährigen Mittel mit -107,9 mm (1981-2010) ein negativer Wert für den Standort Bernburg-Strenzfeld ermittelt werden. Besonders in der für die Pflanzen wichtigen Zeit zwischen April und September war die durchschnittliche potentielle Verdunstung stets höher als die durchschnittliche Niederschlagssumme. Das führte letzten Endes zu einer Reduzierung des zur Verfügung stehenden Wassers und damit zu einer Erhöhung der Trockenstresssituation! Im Gegensatz dazu ist die mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz zwischen Oktober und März positiv, was nicht zuletzt auch auf die gestiegenen mittleren Niederschläge in dieser Zeit (Abb. 3) zurückzuführen ist.

Sickerwasser

Obwohl die klimatische Wasserbilanz im Mittel der Jahre negativ war, konnten trotz allem positive Sickerwassermengen unter allen Kulturen festgestellt werden. Insgesamt lag nach den Modellberechnungen die Sickerwassermenge im Mittel der Jahre zwischen 64,5 (Zuckerrübe) und 78,0 mm (Gras) im Zeitraum 1981 bis 2010. Ferner haben die Auswertungen sogar ergeben, dass die Sickerwassermengen im Zeitraum 1981 bis 2010 im Mittel der Jahre angestiegen sind gegenüber den Werten von 1961 bis 1990. Besonders zwischen November und Januar kam es bei allen Kulturen zu einem Anstieg der Sickerwasserströme. Bei der Auswertung der Sickerwasserströme wurden wiederum Tage mit und ohne Sickerwasser ausgezählt. Es hat sich dabei herausgestellt, dass in den einzelnen Klimaperioden die Anzahl der Tage mit Sickerwasser in jüngster Vergangenheit angestiegen ist – wenngleich dazu gesagt werden muss, dass der Anteil der Tage mit Sickerwasser insgesamt mit nur rund 5 bis 6 % am Gesamtbetrachtungszeitraum sehr gering ist.

Bodenfeuchte

Die Auswertung der mittleren Bodenfeuchte hat eine Verringerung dieser in jüngster Vergangenheit ergeben. Vor allem in der für die Pflanzen wichtigen Zeit von April bis August nahm die mittlere Bodenfeuchte 1981 bis 2010 gegenüber den Werten von 1961 bis 1990 bei allen Kulturen ab. In den Herbst- und Wintermonaten gab es aufgrund höherer Monatsmittelniederschläge höhere Bodenfeuchten in den letzten 30 Jahren. Wie bei den anderen Bodenwasserhaushaltsgrößen wurden Klassen eingeführt, welche die Tage mit einer Bodenfeuchte <30 %nFK, zwischen 30 und 50 %nFK, zwischen 50 und 80 %nFK und >80 %nFK voneinander unterscheiden sollen. Die Auswertung der Tageswerte ergab beispielhaft für den Winterweizen folgende Verteilung:

BOF (0-ZG)	absolute Zahl der Tage							
	< 30 %nFK		30 ≤ BOF < 50 %nFK		50 ≤ BOF ≤ 80 %nFK		> 80 %nFK	
	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010
Bestellung-Auflaufen	7	10	152	95	182	177	109	168
Auflaufen-Vegetationsende	0	0	101	90	267	209	172	241
Vegetationsende-Vegetationsanfang	0	0	80	46	516	417	3311	3444
Vegetationsanfang-Schossen	0	0	0	0	143	212	1147	1078
Schossen-Ährenschieben	0	0	0	0	445	590	545	400
Ährenschieben-Milchreife	0	0	18	37	734	748	208	175
Milchreife-Gelbreife	0	0	66	110	334	304	50	36
Gelbreife-Ernte	3	0	119	153	276	254	82	73
Ernte-Bestellung	140	157	459	579	855	747	436	407
Jahr	150	167	995	1110	3752	3658	6060	6022

Tab. 2: absolute Zahl der Tage mit sehr geringen, geringen, mittleren und hohen Bodenfeuchten unter Winterweizen (BOF = Bodenfeuchte, ZG = Ausschöpfungsschichtdicke, %nFK = nutzbare Feldkapazität)

Die Zahl der Tage mit sehr geringen und geringen Bodenfeuchten ist bei allen Kulturen im Zeitraum 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990 angestiegen. Auffällig war jedoch, dass es die meisten Tage mit niedrigen Bodenfeuchten im Spätsommer oder Herbst gab und nicht im Vorsommer! Die Bodenfeuchte nahm also kontinuierlich im Laufe der Vegetationsperiode ab und erreicht ihr Minimum tatsächlich erst vor den Herbst-/Winterniederschlägen. Das ist auch darauf zurückzuführen, dass der Boden am Untersuchungsstandort mit 229 l/m² in einer Schicht bis 1 m Tiefe ein vergleichsweise hohes Wasserspeichervermögen aufweist. Die Tage mit mittleren und hohen Bodenfeuchten haben sich in ihrer Anzahl in jüngster Vergangenheit verringert.

Niederschlag

Auf der Basis der vorliegenden Tagessummen des Niederschlages wurde das arithmetische Mittel über alle Tagessummen eines jeweiligen Tages über die dreißigjährige Periode 1981-2010 gebildet. Ferner wurden aus den Tagessummen des Niederschlages Monatssummen gebildet und aus diesen erfolgte dann über die arithmetische Mittelung die Berechnung der mittleren Monatssummen und in deren Folge dann die Berechnung der mittleren Jahressumme des Niederschlages.

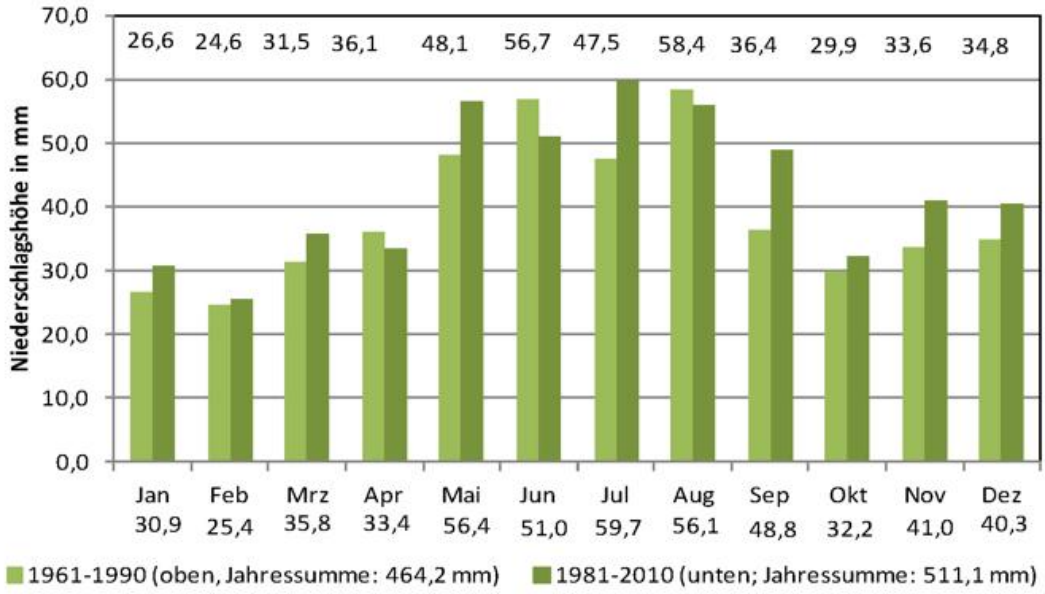


Abb. 3: Vergleich der mittleren Monatsniederschlagshöhen in mm in Bernburg-Strenzfeld (1961-1990 und 1981-2010)

Die Auswertung der Niederschlagstage nach bestimmten Grenzwerten ergab nach Tab. 3 folgende Mittel:

Monat / Klasse	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
ohne Niederschlag	15	14	16	17	17	16	17	18	17	17	14	14	192
≥ 0,0 mm	16	14	15	13	14	14	14	13	13	14	16	17	173
≥ 1,0 mm	8	7	8	7	9	9	9	8	8	7	8	9	98
≥ 3,0 mm	3	3	4	3	5	5	6	5	4	3	4	4	50
≥ 5,0 mm	2	1	2	2	4	3	4	3	3	2	2	3	30
≥ 10,0 mm	0,4	0,2	0,5	0,6	1,6	1,4	1,5	1,6	1,2	0,6	0,8	0,6	11
≥ 20,0 mm	0,03	0,00	0,07	0,13	0,47	0,37	0,40	0,53	0,23	0,10	0,13	0,03	2,50

Tab. 3: Mittlere Anzahl der Tage mit bestimmten Niederschlagshöhen in Bernburg-Strenzfeld (1981-2011)

Ferner wurden Trockenheitsperioden entsprechend SMUL (2008) und der Trockenheitsindex auf der Basis der Arbeit von Döring et al. (2011) ausgewertet. Zudem wurden die Schneedeckenverhältnisse in den erweiterten Wintermonaten untersucht.

Auswertungen der Sonnenscheindauer- und Globalstrahlungsmesswerte

Ausgehend von Tageswerten der Sonnenscheindauer, die ab 1981 nur mit geringen Lücken vorlagen, wurden die Jahre 1981 bis 2010 betrachtet. Es konnten langjährige mittlere Monatssummen der Sonnenscheindauer gebildet werden (Abb 4).

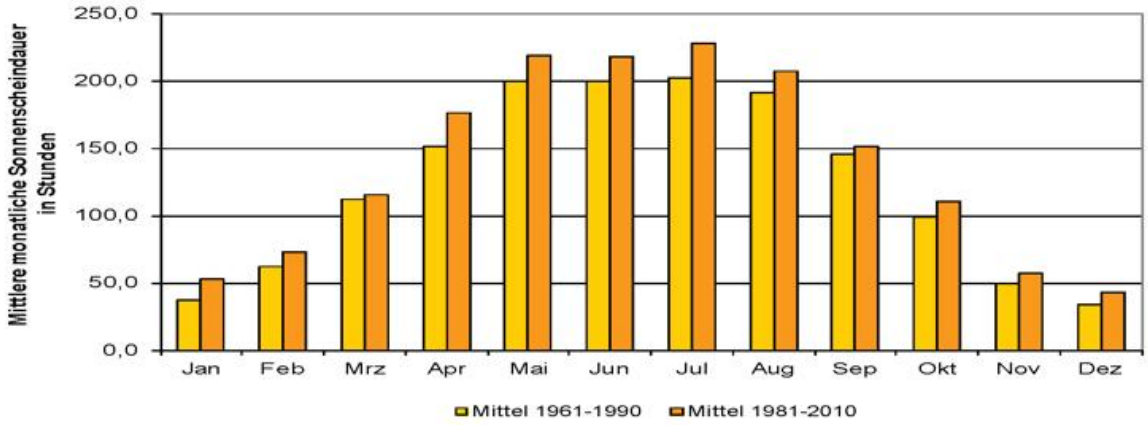


Abb. 4: Mittlere Monatssummen der Sonnenscheindauer in Stunden in Bernburg-Strenzfeld (1961-1990 und 1981-2010)

Neben der Auswertung der minimalen, mittleren und maximalen Tagessumme für jeden Tag des Jahres wurden ferner Klassen für die einzelnen Monate eingeführt und deren Auftreten gezählt. Berücksichtigt wurden dabei Tage ohne Sonnenschein, Tage mit einer Sonnenscheindauer zwischen 0,1 und 0,9 Stunden, Tage mit einer Sonnenscheindauer von ≥1,0 Stunden, Tage mit einer Sonnenscheindauer von ≥5,0 Stunden und Tage mit einer Sonnenscheindauer von ≥10,0 Stunden.

Da Tagessummen der Globalstrahlung aus Messwerten erst ab 2005 verfügbar sind, konnten die Auswertungen dieser Daten erst ab dem Zeitpunkt erfolgen. Damit ist zwar keine Deckungsgleichheit des Messzeitraumes der Globalstrahlungswerte mit den übrigen Elementen gegeben, aber aufgrund der Bedeutung der Globalstrahlung musste dies in Kauf genommen werden. Es wurden mittlere Monatssummen der Globalstrahlung errechnet sowie minimale, mittlere und maximale Tagessummen der Globalstrahlung ermittelt. Aufgrund der hohen Bedeutung wurde eine Auswertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Globalstrahlungssummen <900 J/cm², ≥900 J/cm², ≥2200 J/cm² und ≥2400 J/cm² vorgenommen (Abb. 5).

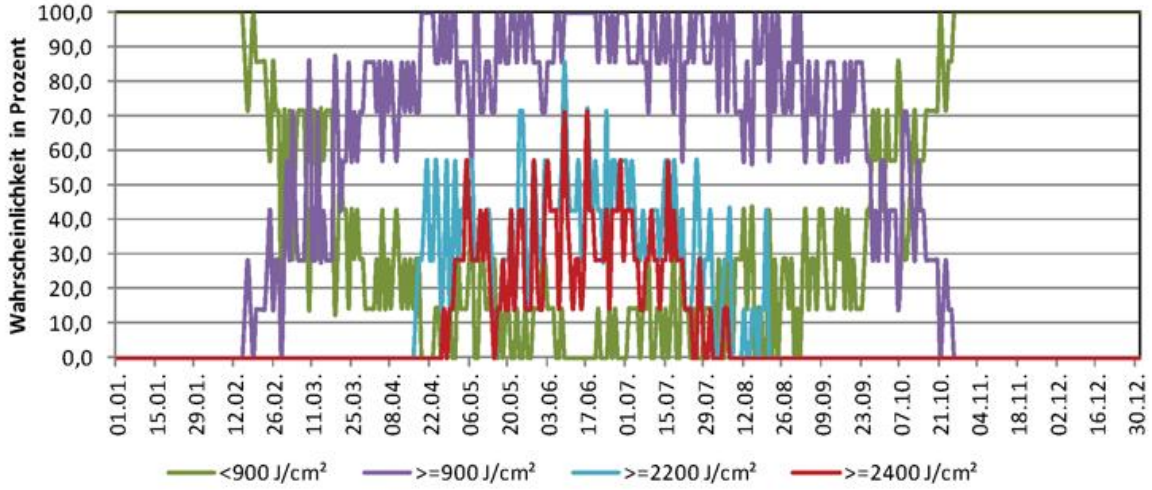


Abb. 5: Mittlere tägliche Wahrscheinlichkeit des Über- bzw. Unterschreitens verschiedener Grenzwerte der Tagessummen der Globalstrahlung in J/cm² in Bernburg-Strenzfeld (2005-2011)

Auswertungen der Luftfeuchtemesswerte

Aus den vorliegenden Tagesmittelwerten der relativen Luftfeuchte wurden für die einzelnen Monate im Zeitraum 1981 bis 2010 langjährige Monatsmittelwerte und für die einzelnen Tage langjährige Tagesmittelwerte gebildet. Ferner wurden die maximalen und minimalen Tagesmittelwerte für jeden Kalendertag eines Jahres bestimmt (Abb. 6).

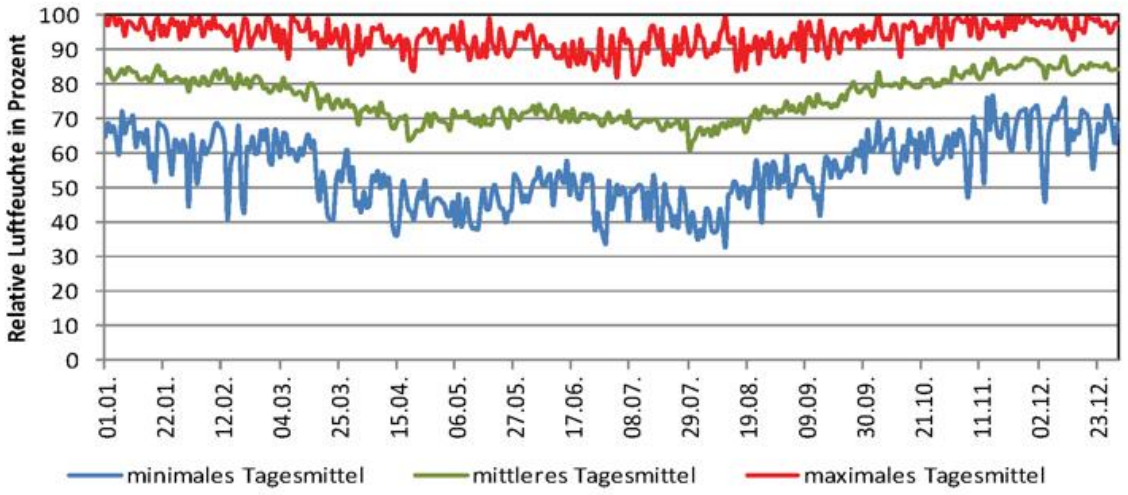


Abb. 6: Langjährige minimale, mittlere und maximale Tagesmittel der relativen Luftfeuchte in % in Bernburg-Strenzfeld (1981-2010)

Wegen der Bedeutung der Luftfeuchte und der beschränkten Aussage der Tagesmittel der relativen Luftfeuchte wurden auch Stundenwerte der Luftfeuchte ausgewertet. Diese standen aber erst ab 2006 zur Verfügung. Mittels der Stundenwerte der relativen Luftfeuchte wurde für jeden Kalendertag die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Werten der relativen Luftfeuchte ≥90, ≥70 und ≤40 % zum Mittagstermin 12 Uhr UTC errechnet. Weiterhin wurde die mittlere Anzahl der Stunden eines jeden Kalendertages mit relativen Luftfeuchten ≥90, ≥70 und ≤40 Prozent errechnet.

Zusammenfassung

Die vorgenommenen statistischen Auswertungen der meteorologischen Messgrößen und der darauf aufsetzenden Wasserhaushaltsmodellierungen für den Pflanzenbaustandort Bernburg-Strenzfeld machten die seit Jahrzehnten gesammelten meteorologischen Daten erstmals zusammenfassend nutzbar. Dabei waren die Auswertungen der Daten so angelegt, dass mit einfachen Methoden praktisch nutzbare Ergebnisse erzielt wurden. Der Umfang der Auswertungen kann als Beispiel dafür verstanden werden, welche Anforderungen aus der landwirtschaftlichen Forschung und dem landwirtschaftlichen Versuchswesen heute gegenüber standörtlichen agrarklimatologischen Auswertungen bestehen.

Daneben konnte im Vergleich der Perioden 1961-1990 und 1981-2010 gezeigt werden, wie sich die klimatologischen Bedingungen verändert haben. Es ist eine Erwärmung zu erkennen, die sich in allen thermischen Maßzahlen findet. Ferner ist die innerjährliche Niederschlagsverteilung verändert. Es zeigen sich zum Teil deutliche Reduzierungen im April und Juni, denen Zunahmen im Juli sowie von September bis Januar gegenüberstehen, so dass eine Erhöhung der Jahresniederschlagssumme um etwa 10 % festgestellt wurde. In allen Monaten nahm die Sonnenscheindauer zu. Die nachgewiesene mittlere Erwärmung am Standort Bernburg-Strenzfeld löste nach den Berechnungen durch das Bodenwasserhaushaltsmodell METVER einen Anstieg der Verdunstung über nahezu alle Monate hinweg aus. Die höheren Mittelwerte der potentiellen Verdunstung riefen eine weitere Verringerung der mittleren klimatischen Wasserbilanz am Standort hervor – trotz gestiegener Monatsmittelniederschläge in den letzten 30 Jahren. Die Faktoren, die längerfristig reduzierend auf den Bodenwassergehalt einwirken, sind also in jüngster Vergangenheit stärker zum Vorschein getreten. Wird der Bodenwasserhaushalt nach den Berechnungen unter den einzelnen Kulturen betrachtet, erwiesen sich im Vergleich die Sommerkulturen gegenüber den Winterkulturen als vorteilhafter. Nicht nur, dass die mittleren Bodenfeuchten im Gesamtjahr und in den einzelnen phänologischen Phasen höher als bei den Winterkulturen und beim Gras waren, es gab auch weniger Tage mit Bodenfeuchten unter 30 %nFK und unter 50 %nFK beim Mais und bei den Zuckerrüben. Hinsichtlich des Wasserverbrauchs waren die Sommerkulturen Mais und Zuckerrüben nach den Modellberechnungen am Standort Bernburg-Strenzfeld wassersparender als Winterkulturen Winterweizen und Winterraps.

Es sei abschließend darauf hingewiesen, dass es künftig wichtig erscheint, bei bestimmten Messgrößen stundenwertbasierte Auswertungen vorzunehmen, wenn dazu genügend lange Messreihen bestehen. Das ist im agrarklimatologischen Sinne besonders bei Luftfeuchte- und Strahlungsdaten bedeutsam.

Literatur

Anonym (2011): Hochschulstadt Bernburg, Internetseite der Stadt Bernburg http://www.bernburg.de/index.php?id=104270000315 (19.09.2011)

Bouma, E. (2009): Wetter & Pflanzenschutz, Roodbont Verlag, Zutphen

Döring, S., Döring, J., Bork, H., Böttcher, F. (2011): Vergleich von Trockenheitsindizes zur Nutzung in der Landwirtschaft unter den klimatischen Bedingungen Mitteldeutschlands. Hercynia N.F., S. 145-168

Feiffer, P. (1975): Wissenspeicher Mähdrusch, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

Knittel, H.; Albert, E.; Ebertseder, T. (2012): Praxishandbuch Dünger und Düngung, 2. Auflage, AgriMedia Verlag, Clenze

Lütke Entrup, N.; Oehmichen, J. ; Hrsg. (2006): Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1: Grundlagen, AgroConcept Bonn

SMUL - Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2008): Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse, Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung, Dresden

van Eimern, J.; Häckel, H. (1984): Wetter- und Klimakunde – Ein Lehrbuch der Agrarmeteorologie, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

v. Wilamowitz, T.; Krumbiegel, D.; Schumann, A. (1980): Witterung, Pflanzenproduktion und agrarmeteorologische Beratung, agra Buch, Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg

Wheeler, T. R.; Batts, G.R.; Ellis, R.H.; Hadley, P.; Morison, J.I.L. (1996): Groth and yield of winter wheat (Triticum aestivum) crops in response to CO2 and temperature, Journal of Agricultural Science 127, S. 37-48

Hagelereignisse im Freistaat Sachsen 2002–2011

Konzeptuelle Grundlagen einer Hagelklimatologie

T. Junghänel, F. Böttcher, J. Müller

Einleitung

Die klimatologische Betrachtung von Hagel, im Sinne von Eishagel (Korndurchmesser größer 5 mm), gilt als aktueller Gegenstand wissenschaftlicher Forschung. Die Hauptprobleme bei der Erarbeitung einer Klimatologie liegen beim seltenen Auftreten, sowie der Kleinräumigkeit und Kurzlebigkeit von Hagelschlägen. Dies führt zu einer spärlichen Datengrundlage. Es gibt bereits verschiedene Ansätze aus anderen Nationen, eine Hagelklimatologie zu erstellen. Einen Überblick dazu gibt TUOVINEN et al. (2009). Für den deutschen Raum wurden jedoch bis heute nur wenige Betrachtungen zu diesem Thema durchgeführt. Die vorliegende Arbeit fasst erste Ansätze zur Erarbeitung einer Hagelklimatolgie für Sachsen zusammen und beruht auf den Untersuchungen von JUNGHÄNEL (2012).

Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Untersucht wurden die Hagelereignisse innerhalb der Grenzen des Freistaates Sachsen im Zeitraum 2002 bis 2011. Als grundlegende Daten (Grundinformationen) dienten Augenbeobachtungen aus dem haupt- und ehrenamtlichen Messnetz des Deutschen Wetterdienstes und Beobachtungen von Augenzeugen, welche der europäischen Unwetterdatenbank ESWD (DOTZEK et al., 2009) entnommen wurden. Weiterhin konnten Schadensdaten einer landwirtschaftlichen Versicherung herangezogen werden. Die kleinste gemeinsame Ortsangabe der Grundinformationen war die Bezeichnung der Gemeinde, so dass eine Auswertung auf administrativer Ebene vorgenommen wurde. Um einen Bezug zur Landschaft und zur Orographie herzustellen, wurde weiterhin noch eine Auswertung auf naturräumlicher Ebene durchgeführt.

Als ergänzende Daten standen Wetterradardaten des DWD-Radarverbundes zur Verfügung. Dabei handelte es sich um das DX-Produkt mit einer räumlichen Auflösung von rund 1 km x 1 km und einer zeitlichen Auflösung von 5 min. Die Daten wurden im Vorfeld hinsichtlich Clutter- und Dämpfungseffekten korrigiert (HEISTERMANN et al., 2012; GABELLA & NOTARPIETRO, 2002; KRÄMER, 2008). Der Standort Dresden-Klotzsche deckt allein circa 95 % der Gesamtfläche des Freistaats Sachsen ab. Die restlichen 5 %, die vor allem den Bereich des Vogtlandes betreffen, konnten durch den Standort Neuhaus am Rennweg ergänzt werden (Abb. 1).

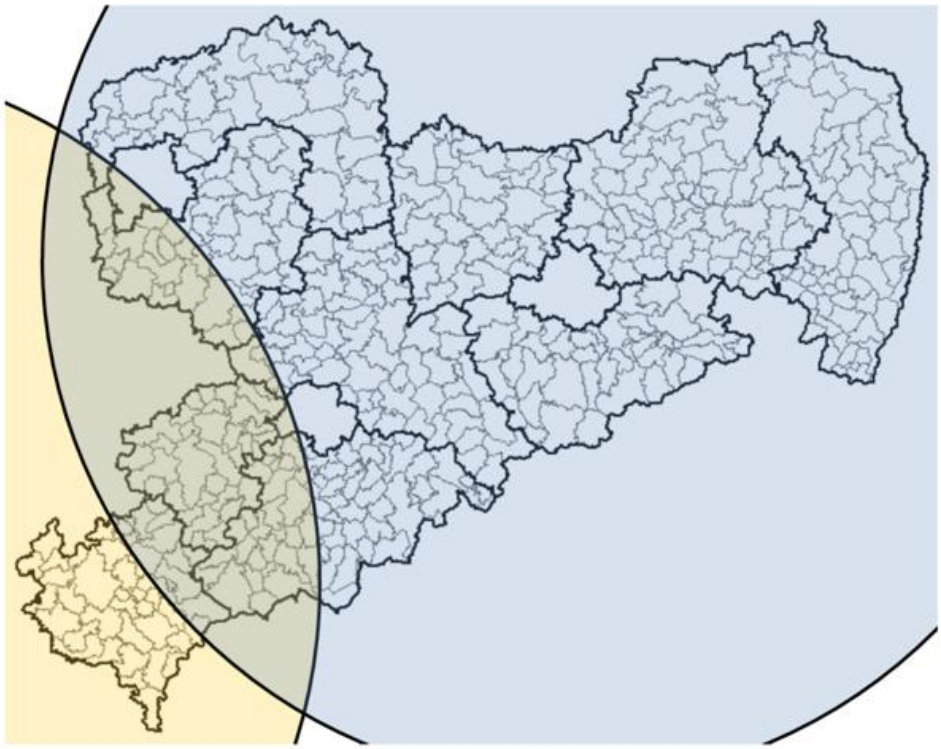


Abb. 1: Abdeckung des Freistaates Sachsen durch Radargeräte des Deutschen Wetterdienstes mit einem Scanradius von 128km. Blau: Radarstandort Dresden-Klotzsche Gelb: Radarstandort Neuhaus.

Statistische Methoden zur Unterscheidung von Hagel- und Nicht-Hagelereignissen

Wetterradardaten sind in der Meteorologie ein wichtiges Hilfsmittel zur Fernerkundung der räumlich-zeitlichen Verteilung von Niederschlagsgebieten. Jedoch wird dabei nicht direkt der Niederschlag gemessen, sondern lediglich die Streuung einer elektromagnetischen Welle (Radarimpuls) an Hydrometeoren. Dennoch können Rückschlüsse auf die Niederschlagsart gezogen werden, da die Reflektivität stark abhängig vom Durchmesser der Hydrometeore ist. Dabei führt in der Regel ein großer Durchmesser zu einer hohen Reflektivität. Ab welchem Wert mit einem Hagelereignis zu rechnen ist, kann mit verschiedenen statistischen Methoden festgestellt werden.

Eine erste und einfache Möglichkeit bietet die Schwellenwertanalyse (HAKLANDER & VAN DELDEN, 2003). Dabei wird ein Schwellenwert gesucht, zum Beispiel zwischen 40 und 60 dBZ, der am besten zwischen Hagelereignissen und Nicht-Hagelereignissen unterscheidet. Die Güte eines Schwellenwertes wird mit sogenannten „Skill-Scores" überprüft, die anhand der Eintragungen einer Kontingenztafel (Abb. 2) berechnet werden können.

Beobachtung

Schwellenwert-überschreitung		Ja **(1)**	Nein **(0)**
	Ja **(1)**	Richtige Vorhersage **(*a*)**	Falscher Alarm **(*b*)**
	Nein **(0)**	Überraschendes Ereignis **(*c*)**	Kein Ereignis **(*d*)**

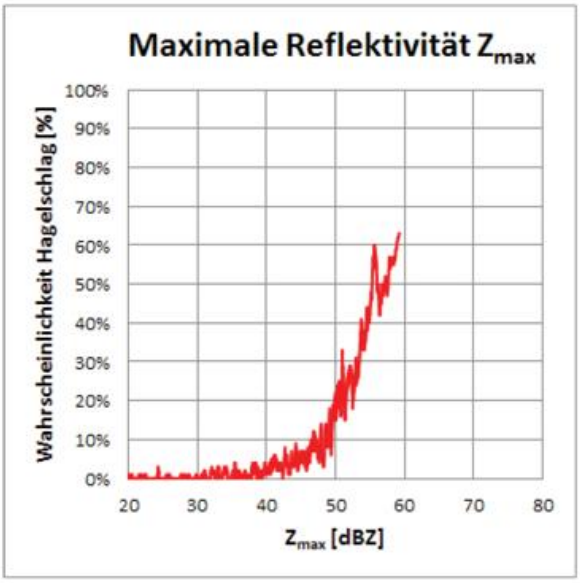
$$POD = \frac{a}{a+c} \qquad FAR = \frac{b}{b+c} \qquad TSS = \frac{(a \cdot d) - (b \cdot c)}{(a+c)(b+d)}$$

$$HSS = \frac{a+d-R}{a+b+c+d-R} \quad \text{mit } R = \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(b+d)}{a+b+c+d}$$

Abb. 2: 2x2-Kontigenztafel und Gütemaße („Skill Scores") zur Bewertung eines Schwellenwertes.

Solche Gütemaße können zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit der richtigen Detektion (POD), die Falschalarm-Rate (FAR), der Heidke-Skill-Score (HSS) oder die True-Skill-Statistic (TSS) sein. Alle betrachten verschiedene Aspekte und sollten bei der Bewertung als gleichberechtigt angesehen werden. Für den vorliegenden Datensatz wurde ein bestmöglicher Schwellenwert für die maximale Reflektivität von 49,7 dBZ bestimmt. Dieser liegt etwas unter dem aus der Praxis bekannten Wert von 54 dBZ (WEIGL 2008) für schadhaften Hagel (Korndurchmesser ab 20 mm). In der Untersuchung wurden jedoch auch Hagelschläge mit kleineren Korndurchmessern zwischen 5 und 20 mm berücksichtigt.

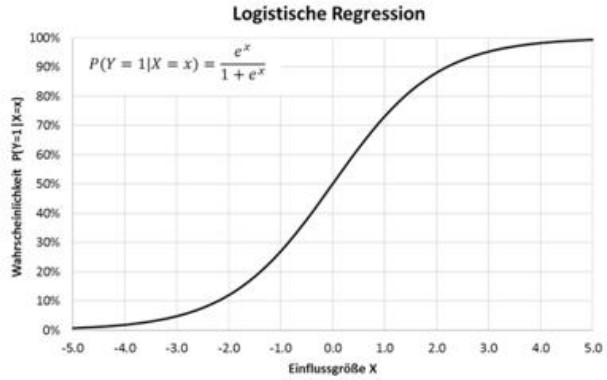
Eine etwas aussagekräftigere Methode zur Unterscheidung zwischen Hagelereignissen und Nicht-Hagelereignissen basiert auf den Grundlagen der Inferenzstatistik. Für die Anwendung in der Klimatologie schlagen HAKLANDER & VAN DELDEN (2003) folgende Methode vor: Aus einer nach der Größe des Prädiktors (z.B. maximale Reflektivität) aufsteigend geordneten Wertetabelle aller Ereignisse im betrachten Zeitraum werden kleine Stichproben mit einer Größe von 100 aufeinanderfolgenden Datenpaaren ausgewählt. Dann werden jeweils der Mittelwert μ und die Standardabweichung σ des Prädiktors, sowie die mittleren Anzahl der Hagelereignisse bestimmt. Letztere ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hagelereignissen in der kleinen Stichprobe. Begonnen wird mit den Werten 1 bis 100 der Wertetabelle, dann 2 bis 101 und so weiter, bis das Ende der Tabelle erreicht ist. So entsteht iterativ eine neue Wertetabelle, die jeweils die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hagelereignissen und den dazugehörigen mittleren Wert des Prädiktors gegenüberstellt. Der Zusammenhang, mit der maximalen Reflektivität als Prädiktor, ist in Abb. 3 dargestellt. Man kann erkennen, dass bei sehr hohen Reflektivitätswerten eine Eintrittswahrscheinlichkeit von maximal 60 % erreicht wird. Grund dafür ist eine große Zahl von hohen Reflektivitätswerten, die durch nicht registrierte oder nicht gemeldete Hagelereignisse im vorliegenden Datensatz verursacht wird.



Wahrscheinlichkeit	max. Reflektivität
10%	(47.68 ±0.91) dBZ
15%	(49.65 ±0.16) dBZ
20%	(50.80 ±0.61) dBZ
25%	(51.83 ±0.83) dBZ
30%	(53.24 ±0.24) dBZ
35%	(53.84 ±0.23) dBZ
40%	(54.40 ±0.13) dBZ
45%	(54.88 ±0.43) dBZ
50%	(55.98 ±0.40) dBZ
55%	(58.01 ±1.33) dBZ
60%	(58.92 ±0.89) dBZ

Abb. 3: Wahrscheinlichkeit eines Hagelschlags als Funktion der maximalen Reflektivität Zmax.

Als dritte Möglichkeit kann ein logistisches Regressionsmodell verwendet werden (Abb. 4). Der Vorteil dieser Methode liegt in der komplexen Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Einflussgröße und dem Eintreten von Hagelereignissen. Weiterhin kann nicht nur der Einfluss eines einzelnen Prädiktors, sondern auch das Zusammenspiel mehrere Prädiktoren untersucht werden. Als Prädiktoren können sowohl intervallskalierte Größen aus Radar-, Satelliten-, oder Blitzdetektion, als auch nominalskalierte Größen genutzt werden, wie zum Beispiel Wetterlagenklassifikationen. Der logistische Ansatz liefert dabei eine Wahrscheinlichkeitsaussage, ob ein Hagelereignis aufgetreten ist oder nicht (SACHS & HEDDERICH, 2006). Diese Methode ist jedoch nur sinnvoll, wenn mehrere voneinander statistisch unabhängige Einflussgrößen gefunden werden, damit das Regressionsmodell eine ausreichende Erklärungskraft besitzt. In der vorliegenden Untersuchung konnte dies jedoch nicht gänzlich gewährleistet werden.



$$P(Y = 1|X = x) = \frac{e^{g(x)}}{1 + e^{g(x)}}$$

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n$$

x_n Einflussgrößen

Abb. 4: Funktionsgraph und Gleichung des logistischen Regressionsansatzes.

Methodik zur Ergänzung der Grundinformationen durch Flächeninformationen

Für die Erarbeitung der Hagelklimatologie wurden in erster Linie die Grundinformationen aus Beobachtungen und Schadensmeldungen genutzt. Jedoch konnte schnell festgestellt werden, dass in vielen Fällen ein Hagelzug durch diese Daten nicht lückenlos abgebildet werden konnte. Um diese Lücken zu schließen, wurde anhand der Radardaten entschieden, ob an der betreffenden Stelle ebenfalls ein Hagelereignis aufgetreten sein könnte oder nicht. Als Unterscheidungskriterium wurde der Schwellenwert von 49,7 dBZ genutzt. In die Klimatologie gingen jedoch nur Ergänzungen ein, die einen maximalen Abstand von 10 km zur nächsten Grundinformation hatten. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass tatsächlich ein Hagelereignis in der Umgebung stattgefunden hat, vernachlässigt aber eventuell kleinere Hagelereignisse wo keine Meldung vorlag. Dennoch ist es aber wichtig den tatsächlichen Beobachtungen einen höheren Informationsgehalt beizumessen als den indirekten Messungen des Radars. Abb. 5 zeigt eine Rekonstruktion eines Hagelzuges am Fallbeispiel des 23.06.2004. Der Hagelzug erreichte Sachsen aus südwestlicher Richtung im südlichen Teil des Landkreises Leipzig und bewegte sich entlang der Grenze zwischen den Landkreisen Nordsachsen und Mittelsachsen, durch den Landkreis Meißen und bis in den Landkreis Bautzen, wo er sich abschwächte.

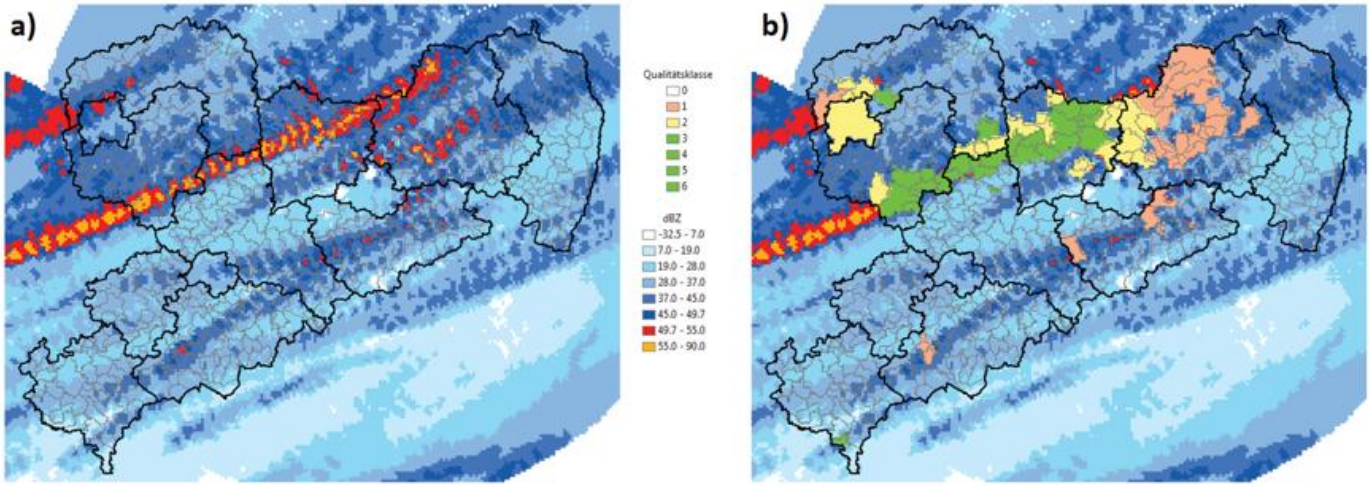


Abb. 5: Rekonstruktion des Hagelzuges vom 23.06.04. a) Tagesbild der maximalen Reflektivität, b) Grundinfomationen (grün) und vom Algorithmus rekonstruierte Informationen (gelb, rosa)

Vergleicht man die gewonnen Informationen aus den Radardaten und die vorhandenen Grundinformationen der Beobachtungs- und Schadensmeldungen, dann ist eine gute Deckungsgleichheit zu erkennen. Es mussten nur wenige Ergänzungen (gelb), besonders in den Randbereichen des Hagelzuges, vorgenommen werden. Die Radardaten zeigten weitere auffällige Bereiche (rosa) im Zentrum und im Norden des Landkreises Bautzen, die jedoch nicht durch Grundinformationen bestätigt werden konnten und nicht mit in die Klimatologie eingingen.

Ergebnisse

Als Klimatologie wurden jeweils die Sommerhalbjahre (April bis September) in den Jahren 2002 bis 2011 ausgewertet. Das Ergebnis zeigt ein recht differenziertes Bild der Entwicklung von Hagel in den letzten 10 Jahren. Grundsätzlich ist eine erhöhte Häufigkeit von Hagelschlägen im Bereich des Erzgebirges zu verzeichnen. Dieser Umstand ist jedoch nicht unerwartet, da ein Mittelgebirge als natürliche Barriere immer ein Hindernis für Luftmassenbewegungen darstellt und diese zur Hebung zwingen. Demzufolge ist hier auch häufiger mit der Auslösung konvektiver Ereignisse und somit auch mit Hagelschlägen zu rechnen. Innerhalb der Zeitreihe lassen sich jedoch starke Schwankungen zwischen hagelreichen und hagelarmen Jahren erkennen (Abb. 6 und 7). Besonders oft kam Hagel im Jahr 2007 in Sachsen vor. Im Jahr 2010 wurden hingegen besonders wenige Hagelereignisse registriert. Insgesamt zeichneten sich schwach fallende Tendenzen der Häufigkeit von Hagelschlägen in der betrachteten Dekade ab. Diese Tendenzen wurden mittels eines Mann-Kendall-Tests auf Signifikanz geprüft (SCHÖNWIESE, 2006). Jedoch führte die hohe Variabilität dazu, dass nur in seltenen Fälle eine schwache Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit <10 %) gefunden werden konnte.

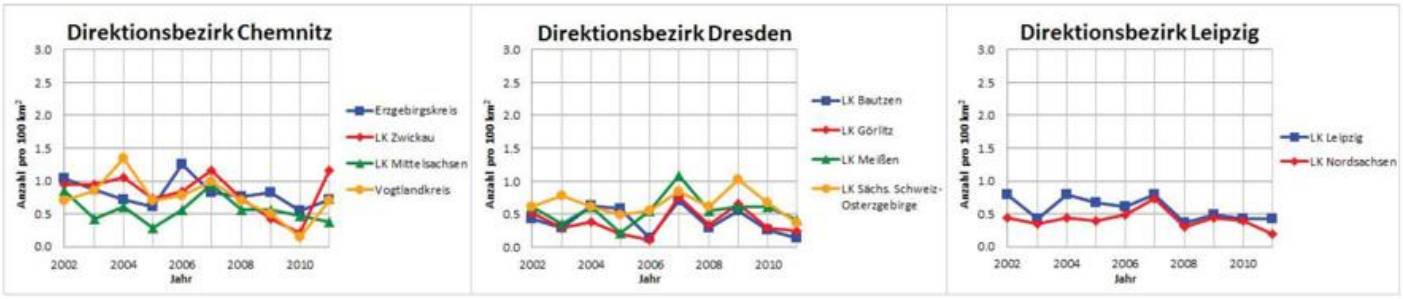


Abb. 6: Zeitreihen der Anzahl von Hageltagen im Sommerhalbjahr (April bis September) pro Jahr und 100 km² in den einzelnen Landkreisen Sachsens.

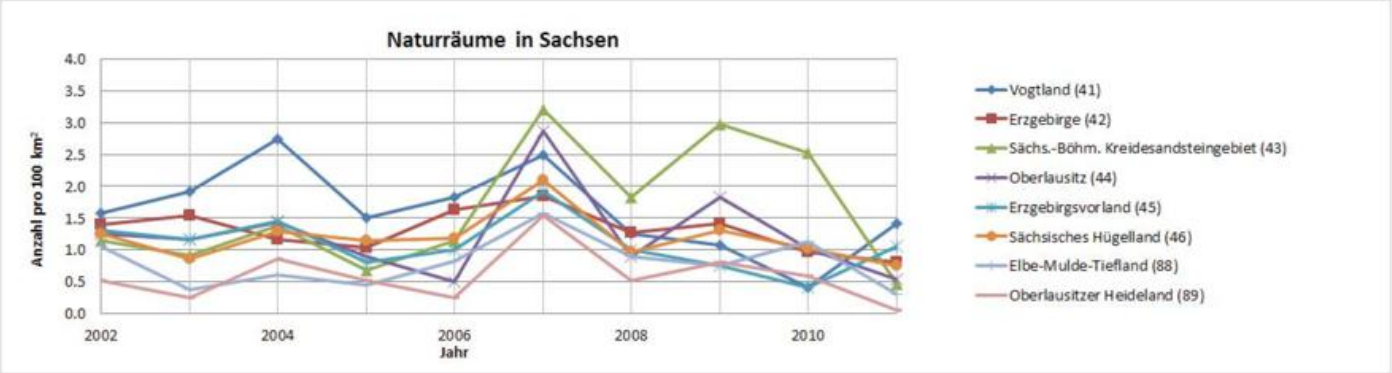


Abb. 7: Zeitreihen der Anzahl von Hageltagen im Sommerhalbjahr (April bis September) pro Jahr und 100 km² in den einzelnen Naturräumen Sachsens.

Ausblick

Die erarbeitete Klimatologie zeigt einen ersten zeitlichen Ausschnitt der Entwicklung von Hagelereignissen in Sachsen. Um fundiertere Aussagen treffen zu können, ist eine Verlängerung der Zeitreihe in die Vergangenheit nötig. Die Länge der möglichen Zeitreihe ist dabei abhängig von der Datenverfügbarkeit. Während Augenbeobachtungen des haupt- und ehrenamtlichen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes in ausreichender Länge vorliegen, stehen Wetterradardaten des DWD-Radarverbundes hingegen erst seit ungefähr dem Jahr 2000 nahezu deutschlandweit flächendeckend zur Verfügung. Aus diesem Grund bleibt für einen ausreichend repräsentativen Zeitraum nur die Wahl von hochaufgelösten Reanalyse-Modelldaten. Weiterhin können zum Beispiel Versicherungsdaten den Informationsgehalt der Klimatologie aufwerten. Dabei sollte aber nicht nur eine Versicherungssparte, wie zum Beispiel die landwirtschaftlichen Schäden, sondern eine Kombination aus mehreren Sparten betrachtet werden. Um weitere Zusammenhänge zwischen Hagelereignissen und regionalen Faktoren, zum Beispiel dem Einfluss der Orographie, zu klären, muss das Untersuchungsgebiet auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland ausgeweitet werden. Das Ziel weiterer Untersuchungen sollte im besten Fall eine langjährige und deutschlandweite Hagelklimatologie sein, die auch Rückschlüsse auf regionale Gegebenheiten zulässt.

Literatur

DOTZEK N., P. GROENEMEIJER, B. FEUERSTEIN und A.M. HOLZER (2009): Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD, Atmos. Res., 93, pp. 575-586

GABELLA, M. und R. NOTARPIETRO (2002): Ground clutter characterization and elimination in mountainous terrain. Proceedings of ERAD, pp. 305-311.

HAKLANDER, A.J. und A. VAN DELDEN (2003): Thunderstorm predictors and their forecast skill for the Netherlands, Atmos. Res., 67, pp. 273-299

HEISTERMANN M., S. JACOBI und T. PFAFF (2012): Technical Note: An open source library for processing weather radar data (wradlib), Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 9, pp. 12333-12356, doi:10.5194/hessd-9-12333-2012

JUNGHÄNEL, T. (2012): Konzeptuelle Grundlagen einer Hagelklimatologie für den Freistaat Sachsen, Masterarbeit am Institut für Meteorologie, Universität Leipzig

KRÄMER, S. (2008): Quantitative Radardatenaufbereitung für die Niederschlagsvorhersage und die Siedlungsentwässerung, Mitteilungen - Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Heft 92, Selbstverlag, 391 pp.

SACHS, L. und J. HEDDERICH (2006): Angewandte Statistik: Methodensammlung mit R, 12. Aufl., Springer Verlag, 702 pp.

SCHÖNWIESE, C.-D. (2006): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler, 4. Aufl., Gebrüder Born-traeger Verlag, 302 pp.

TUOVINEN J.-P., A.-J. PUNKKA, J. RAUHALA, H. HOHTI und D.M. SCHULTZ (2009): Climatology of Severe Hail in Finland: 1930-2006, Mon. Weather Rev., 137, pp. 2238-2249

WEIGL, E. (2008): Radarniederschlag: Prinzip der Niederschlagsbestimmung mit Radar. Deutscher Wetterdienst (Hersg.), Offenbach am Main, 6 pp.

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

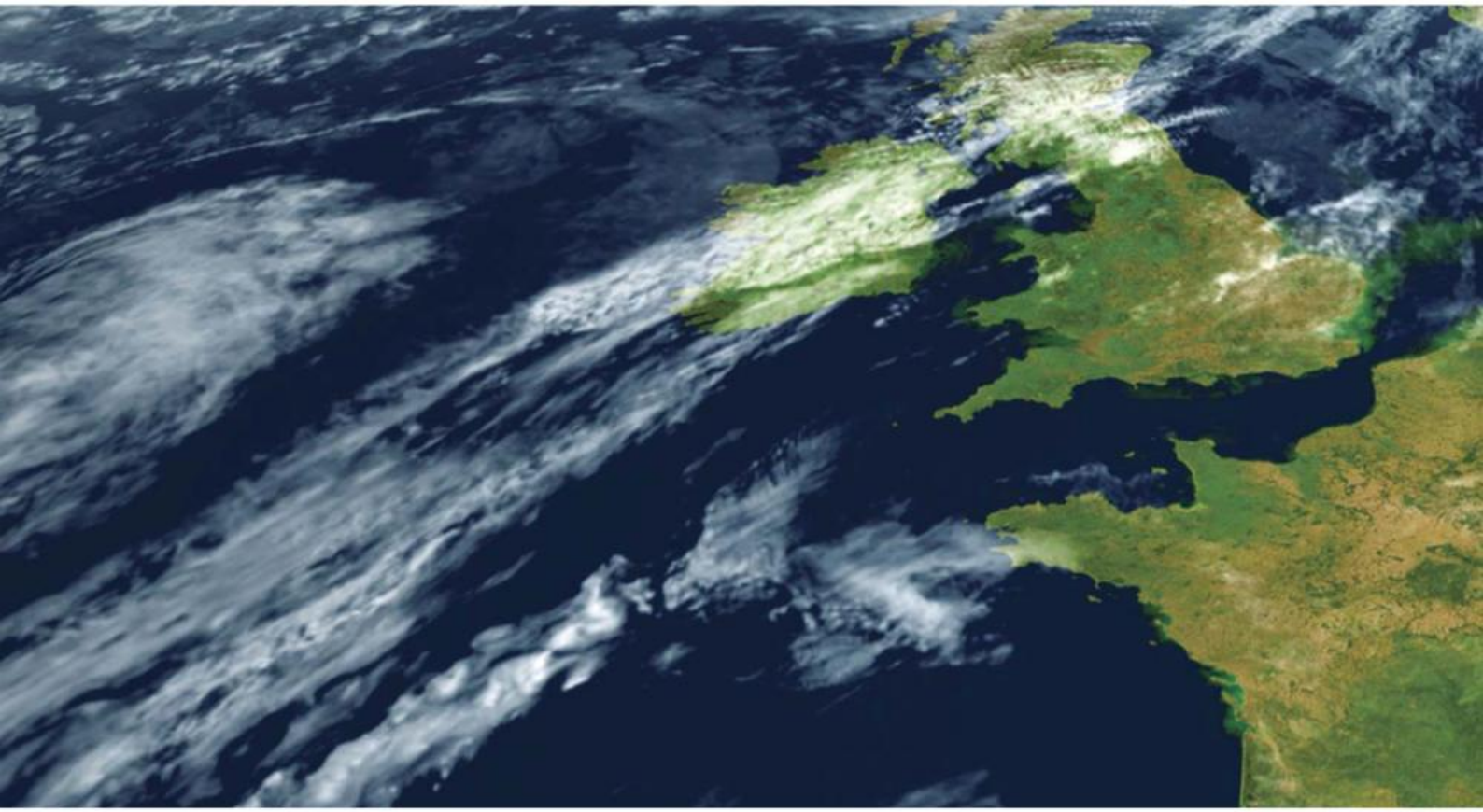
AMBER	Agrarmeteorologische Beratungssoftware
AMO	Atlantic Multidecadal Oscillation
AWST	Automatische Wetterstation
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BTU	Brandenburgische Technische Universität (Cottbus)
CCL	Commission on Climamatology (der WMO)
CEC	Climate and Environment Consulting GmbH Potsdam
CLM	Climate Local Model
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
COSMO-LM	Consortium for Small Scale Modelling – Local Model
COST	Cooperation in Science and Technical Research
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECHAM	European Climate Model
ETP	Potential Evapotranspiration
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GAW	Global Atmosphere Watch
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
GT	Gefühlte Temperatur
GTS	Global Telecommunication System
HISTORn	Historische maritim-meteorologische Daten von Segelschiffen und Dampfern
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
INKLIM	Integriertes Klimaschutzprogramm
ISB	International Society on Biometeorology
ISO	International Standarisation Organisation
KMM	Klima-Michel Modell
KSB	Klimastatusbericht
MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit
MOHp	Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg
MOZ	mittlere Ortszeit
MPI-M	Max-Planck-Institut für Meteorologie
MUKLIMO	Mikroskaliges Urbanes Klimamodell
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NMHS	National Meteorological and Hydrological Services
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PET	Physiological Equivalent Temperature
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
PILOT	Höhenwindmessung von einer ortsfesten Landstation
PMV	Predicted Mean Vote
QBO	quasi-biennale Oszillation
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
REMO	Regionales Klimamodell des MPI-M
RSMC	Regional Specialised Meteorological Centre
RTD	Research and Technology Development
SET	Standard Effective Temperature
SSW	Sudden Stratospheric Warming
STAR	sternförmige Projektion
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
TEMP	Radionsondenaufstieg
TGAn	technische Gebäudeausrüstung

TRYn	Testreferenzjahre
UBA	Umweltbundesamt
UBIKLIM	Urbanes Bioklimamodell
UHI	Urban Heat Island
UTC	Universal Time Coordinated
UTCI	Universal Thermal Climate Index
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOCn	Volatile Organic Compounds
WEWA	Wetterwarte
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie
ZWEK	Zusammenstellung von Wirkmodell-Eingangsdatensätzen für die Klimafolgenabschätzung

Autorenverzeichnis

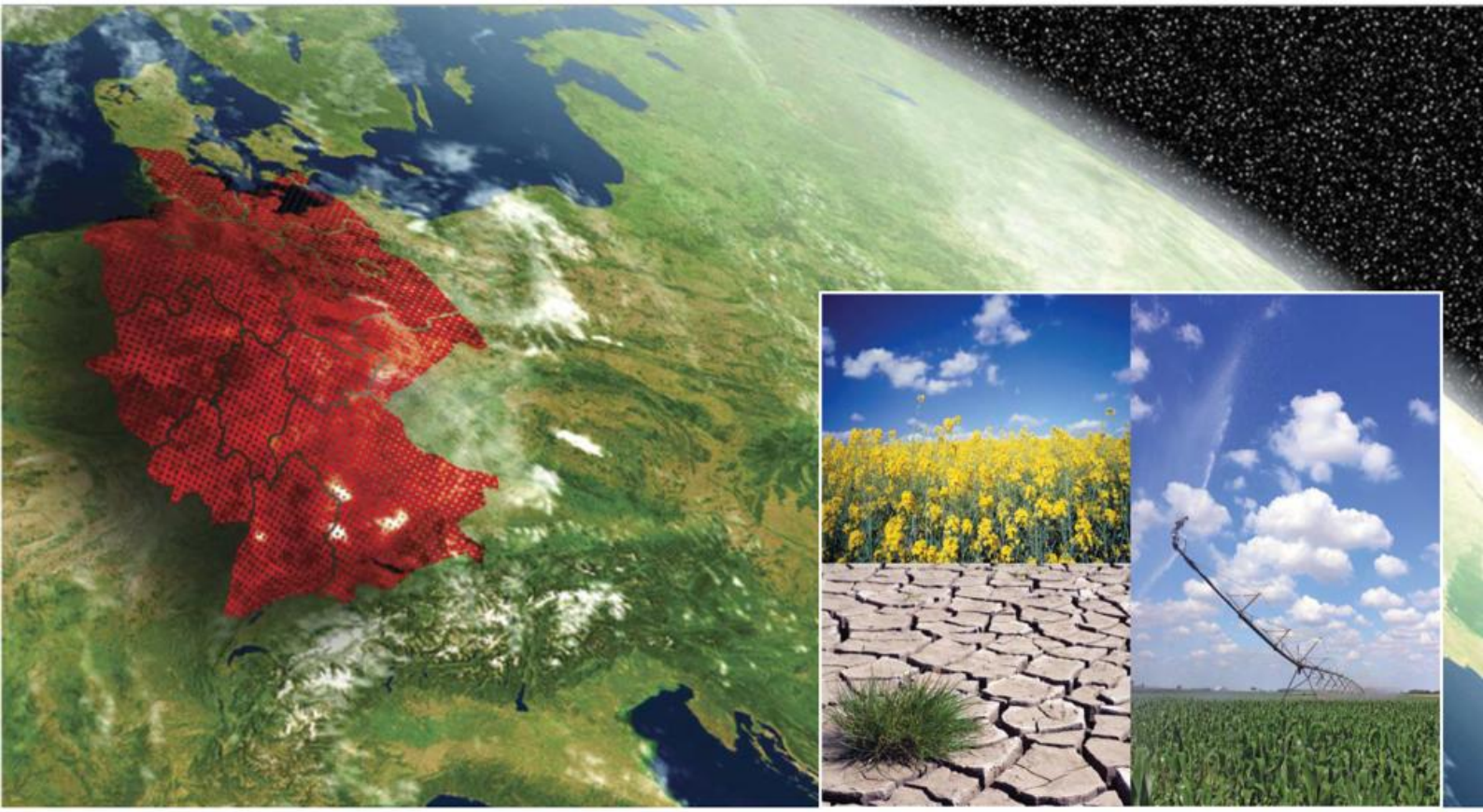
Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dw.de
Böttcher, Falk	Deutscher Wetterdienst Kärrnerstr. 68 04288 Leipzig	Falk.Boettcher@dwd.de
Claude, Hans	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Hans.Claude@dwd.de
Deutschländer, Thomas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Thomas.Deutschlaender@dwd.de
Junghänel, Thomas	Universität Leipzig Leipziger Institut für Meteorologie	
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Franz-Josef.Loepmeier@dwd.de
Meyer-Christoffer, Anja	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Anja.Meyer-Christoffer@dwd.de
Müller, Jurik	Deutscher Wetterdienst Kärnerstr. 68 04288 Leipzig	Jurik.Mueller@dwd.de
Nitsche, Helga	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Helga.Nitsche@dwd.de
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de
Riecke, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 78 20359 Hamburg	Wolfgang.Riecke@dwd.de

Riediger, Ulf	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Ulf.Riediger@dwd.de
Schmidt, Martin	Deutscher Wetterdienst Kärnerstr. 68 04288 Leipzig	Martin.Schmidt@dwd.de
Schmitt, Hans-Helmut	Deutscher Wetterdienst Kreuzweg 25 65366 Geisenheim	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Klimastatusbericht 2013



- **Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitoring**
- **Bodenwasserhaushalt**
- **Dürreindex**
- **Pollenflug in naher und ferner Zukunft**

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Karsten Friedrich
e-mail: karsten.friedrich@dwd.de

Juliane Breyer
e-mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Urheberrecht

Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst“ gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrücklich Genehmigung ist untersagt.

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

auch im Jahr 2013 wurden zu Ostern - wie schon im Jahr davor - fast deutschlandweit geringere Temperaturen als im gleichen Jahr zu Weihnachten gemessen. Im Jahr 2013 zeigte sich dazu über die Ostertage (Anfang April) im Nordosten eine fast geschlossene Schneedecke, während ab Mitte Dezember 2013 eine südwestliche Strömung Tauwetter auch in die Mittelgebirge brachte. Eine ausgesprochen niederschlagsreiche Witterungsperiode fiel auf den Monatswechsel Mai/Juni, in dessen Folge es zu folgenschweren Hochwasserereignissen an Donau und Elbe kam. Die Orkantiefs Christian (Oktober) und Xaver (Dezember) führten zu hohen Windgeschwindigkeiten im ausgehenden Jahr. Besonders Xaver wird sicherlich mit den drei aufeinanderfolgenden Sturmfluten in Erinnerung bleiben.
Weitere Ergebnisse des Klimamonitorings, der Agrarmeteorologie, der Ozonbeobachtungen sowie ein Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten".

Neben dem Standardteil werden auch in diesem Klimastatusbericht wieder verschiedene Sonderthemen beleuchtet. Dazu zählen in diesem Jahr Berichte über die zu erwartenden Veränderungen im Pollenflug in Folge des Klimawandels, einen im Weltniederschlagszentrum des DWD entwickelten global anwendbaren Dürreindex und die agrarmeteorologische Charakteristik des Bodenwasserhaushalts an einem ausgewählten Standort.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen des vorliegenden Berichts.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Die Witterung in Deutschland 2013 5

Extremwertkarte 17

Das Strahlungsjahr 2013 18

Das Klima in den deutschen Küstengebieten 2013 19

Objektive Wetterlagenklassen 2013 23

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2013 30

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre 44

Ozon in der Stratosphäre 49

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2013 52

Das Jahr 2013 im globalen Überblick 79

Agrarmeteorologische Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes am Standort Bernburg-Strenzfeld 82

Ein global anwendbarer Dürreindex des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN) 88

Der Pollenflug in naher und ferner Zukunft in Deutschland 96

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 98

Autorenverzeichnis 99

Die Witterung in Deutschland 2013

K. Friedrich, T. Deutschländer

Mit einer mittleren Temperatur von 8,7°C war das Jahr 2013 im Vergleich zur international gültigen Klimareferenzperiode 1961-1990 mit einer Abweichung von +0,5 K etwas zu warm (Abb. 2). Trotzdem war es das 2.-kälteste Jahr in Deutschland seit 1996. Allerdings waren die Jahre 1996 mit 7,2°C und 2010 mit 7,8°C deutlich kälter als das vergangene Jahr. In der bis 1881 zurückreichenden Temperaturzeitreihe ordnet es sich als 40.-wärmstes Jahr noch im oberen Drittel ein, wenngleich auch nur recht knapp. Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts war es ebenfalls das 40.-wärmste Jahr und fällt damit in den oberen Bereich des mittleren Drittels der Zeitreihe. Insgesamt waren 8 Monate des Jahres zu warm und nur 3 zu kalt, während der September exakt den Referenzwert traf. Dabei traten die zu kalten Monate alle in der ersten Jahreshälfte auf.

Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr als Ganzes gesehen ausgesprochen durchschnittlich: Mit 778,7 mm erreichte es 98,7 % (1961-1990) der vieljährigen Mittelwerte und war damit im Vergleich zur Bezugsperiode um -10,3 mm trockener als normal. Als 66.-nassestes oder 68.-trockenstes Jahr seit 1881 und als 51.-nassestes oder 63.-trockenstes seit 1901 ordnet es sich dementsprechend auch jeweils fast genau in der Mitte der Klimazeitreihen ein. Bei den Einzelmonaten sah es dagegen deutlich anders aus. Hier brachten insgesamt 7 Monate Abweichungen von mehr als 30 % gegenüber 1961-1990. Zu trocken waren März, April, Juli und Dezember, zu feucht September, Oktober und vor allem der Mai mit 180,3 % vom vieljährigen Niederschlagsmittel.

Beim Sonnenschein sieht es grundsätzlich ähnlich aus wie für den Niederschlag. Insgesamt brachte das Jahr 2013 im Deutschlandmittel 1507,6 Sonnenstunden und somit etwas weniger Sonnenschein als im vieljährigen Vergleich. Das Defizit betrug -20,8 Stunden oder -1,4 % gegenüber der internationalen Referenzperiode 1961-1990. Damit ordnet sich das Jahr als immerhin 15.-sonnenscheinärmstes Jahr seit 1951 im unteren Drittel der für diesen Parameter vorliegenden Klimazeitreihe ein. Die Differenz zum bisherigen Minimum von 1350 Stunden aus dem Jahr 1987 (157,6 Stunden) ist aber dennoch erheblich größer als zu den vieljährigen Mittelwerten. Für die meteorologischen Jahreszeiten ergaben sich dagegen recht deutliche Abweichungen vom Normalwert, insbesondere für die beiden Hauptjahreszeiten. Der Winter 2012/2013 war mit einem Sonnenscheindefizit von 40,9 % gegenüber 1961-1990 sogar der trübste seit Beginn der Aufzeichnungen 1951, der Sommer 2013 brachte demgegenüber ein Plus von 121,4 Stunden oder 20,1 % und war somit der 6.-sonnenscheinreichste seit 1951. Da neben dem Winter auch Frühling und Herbst ein Defizit von rund -60 Stunden (etwa -13 % und damit 5.-sonnenscheinärmster Frühling) bzw. -40 Stunden (ebenfalls etwa -13 % und damit 13.-sonnenscheinärmster Herbst) brachten, wurde der große Sonnenscheinüberschuss vom Sommer im restlichen Jahresverlauf vollständig wieder ausgeglichen. Bei Betrachtung der Einzelmonate zeigt sich, dass insgesamt 5 Monate einen Überschuss gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 brachten (März, Juni, Juli, August und Dezember), wohingegen die anderen 7 Monate zu trüb ausfielen.

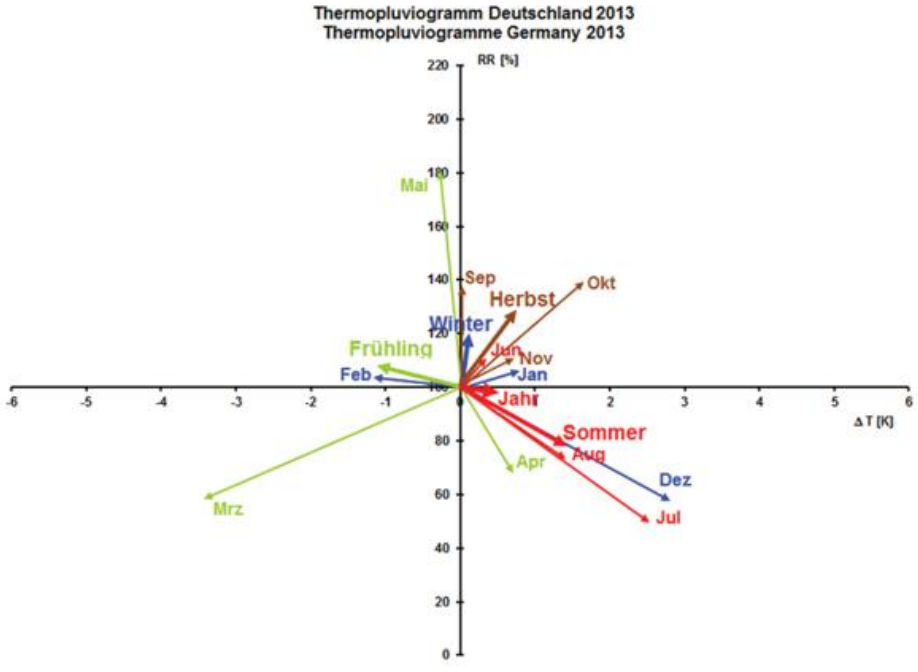


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2013 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Das Thermopluviogramm (Abb. 1) zeigt Abweichungen der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2013 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Flächenmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Flächenmittel vom klimatologischen Flächenwert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen Flächenmitteles der Niederschlagshöhe im Verhältnis zum vieljährigen Flächenmittel in Prozent.

Für den Winter werden der Dezember des zurückliegenden Jahres und die Monate Januar und Februar des gezeigten Jahres betrachtet. In der Abbildung wird deutlich, wie warm und trocken der Sommer 2013 war und wie kalt der Frühling, was vor allem dem kalten März zuzuordnen ist.

Der Verlauf der Witterung

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Der **Januar** begann stürmisch, regenreich und mild. Zu Beginn der zweiten Monatsdekade stellte sich landesweit Dauerfrost mit Schneefall und Eisregen ein. Der Januar endete so wie er begann. Insgesamt fiel er etwas zu mild und zu nass aus. In Bezug auf die Summe der Sonnenscheinstunden erreichte der Monat Januar die bisher geringste Anzahl von Sonnenscheinstunden für die Zeitreihe seit 1951.

Regen, Sturm und milde Temperaturen prägten die ersten Tage des **Februars**. Dann fielen die Temperaturen und der Niederschlag ging in Schnee über. Ab dem Ende der ersten Monatsdekade ließ der Niederschlag nach und die Temperaturen blieben meist unter den langjährigen Mittelwert. Die Sonne zeigt sich selten und auch in diesem Monat wurde die geringste Sonnenscheindauer für den Monat seit 1951 beobachtet. Nur im Nordosten war der Monat wärmer als normal. Während der Westen zu trocken ausfiel, war es im Osten vom Alpenvorland bis zur Ostseeküste zu nass. Insgesamt war der Monat zu kalt, etwas zu trocken und sonnenscheinarm.

Der **Winter** (Abb. 3) war der sonnenscheinärmste Winter seit 1951. In zwei Monaten wurde sogar die bisher geringste Sonnenscheindauer beobachtet. Der Dezember und der Januar waren etwas wärmer als normal, der Februar recht kalt, so dass die mittlere Temperatur der Jahreszeit etwa dem Durchschnittswert entsprach. Auf Grund der hohen Niederschläge im Dezember 2012 fiel der Winter zu nass aus. Insgesamt war es eine zu nasse, zu trübe aber von den Temperaturen ausgeglichene Jahreszeit.

Nach einem kurzen kalten Start in den **März**, stellten sich bis zum Ende der ersten Monatsdekade sehr mild Temperaturen ein. Im weiteren Monatsverlauf breiteten sich kalte Luftmassen von Nordosten über die gesamte Landesfläche aus und ließen die Temperaturen nur noch selten über das langjährige Mittel steigen. Zu Ostern (Ostersonntag, 31. März) gab es im Nordosten eine geschlossene Schneedecke. Die Niederschlagsmenge blieb fast überall deutlich unter dem Durchschnitt. Südlich der Mainlinie wurde das Sonnenscheinstundensoll nicht erreicht, während weiter nördlich das Soll deutlich überschritten wurde. Der Monat war sehr kalt, recht trocken und leicht überdurchschnittlich sonnenscheinreich.

Die unterdurchschnittlichen Temperaturen des Vormonats reichten im **April** bis zum Ende der ersten Monatsdekade. Es folgten sehr milde Tage mit einem Kaltlufteinbruch zum Ende der zweiten Monatsdekade und zum Monatsende. Beim Wechsel der Luftmassen zum Ende der ersten Monatsdekade wurde der meiste Niederschlag beobachtet. Der Monat war zu trocken, etwas zu sonnenscheinarm und etwas wärmer als normal.

In der ersten Monatsdekade des Monats **Mai** lagen die Temperaturen meist über dem langjährigen Mittel. Im Monatsverlauf eintretende Tiefdruckaktivität brachte Starkniederschläge und Dauerregen. In der Folge kam es über großen Teilen Deutschlands zu extrem hoher Bodenfeuchte. Die Temperaturen lagen vor allem im Südwesten deutlich unter den Mittelwerten, im Nordosten leicht darüber. Der Monat war etwas zu kühl, deutlich zu nass und extrem sonnenscheinarm und damit alles andere als ein Wonnemonat.

Der **Frühling** (Abb. 4) fiel auf Grund des kalten Monats März auch insgesamt zu kalt aus. Besonders zu den Vorjahren stellte der Frühling damit einen starken Kontrast her. Die niedrigen Temperaturen hatten einen großen Einfluss auf die Vegetation. Zur Mitte der Jahreszeit betrug der Vegetationsrückstand etwa 3 Wochen. Die vielen Niederschläge im Mai konnten das Niederschlagsdefizit der Vormonate ausgleichen. Ein deutlich zu trüber Mai führte auch insgesamt zu einer sonnenscheinarmen Jahreszeit. Der Frühling war zu kalt, etwas zu trocken und sehr trüb.

Sich in den ersten Tagen des Monats **Juni** fortsetzende Niederschläge im Süden und Südosten führten zu folgenschweren Hochwasserereignissen an Donau und Elbe. In der dritten Juniwoche kam es zu einer kurzen, aber für den frühen Zeitpunkt im Sommer sehr intensiven Hitzewelle. Trotz des wechselhaften Witterungsverlaufs zeigte sich der Monat etwas wärmer, nasser und sonnenscheinreicher als normal.

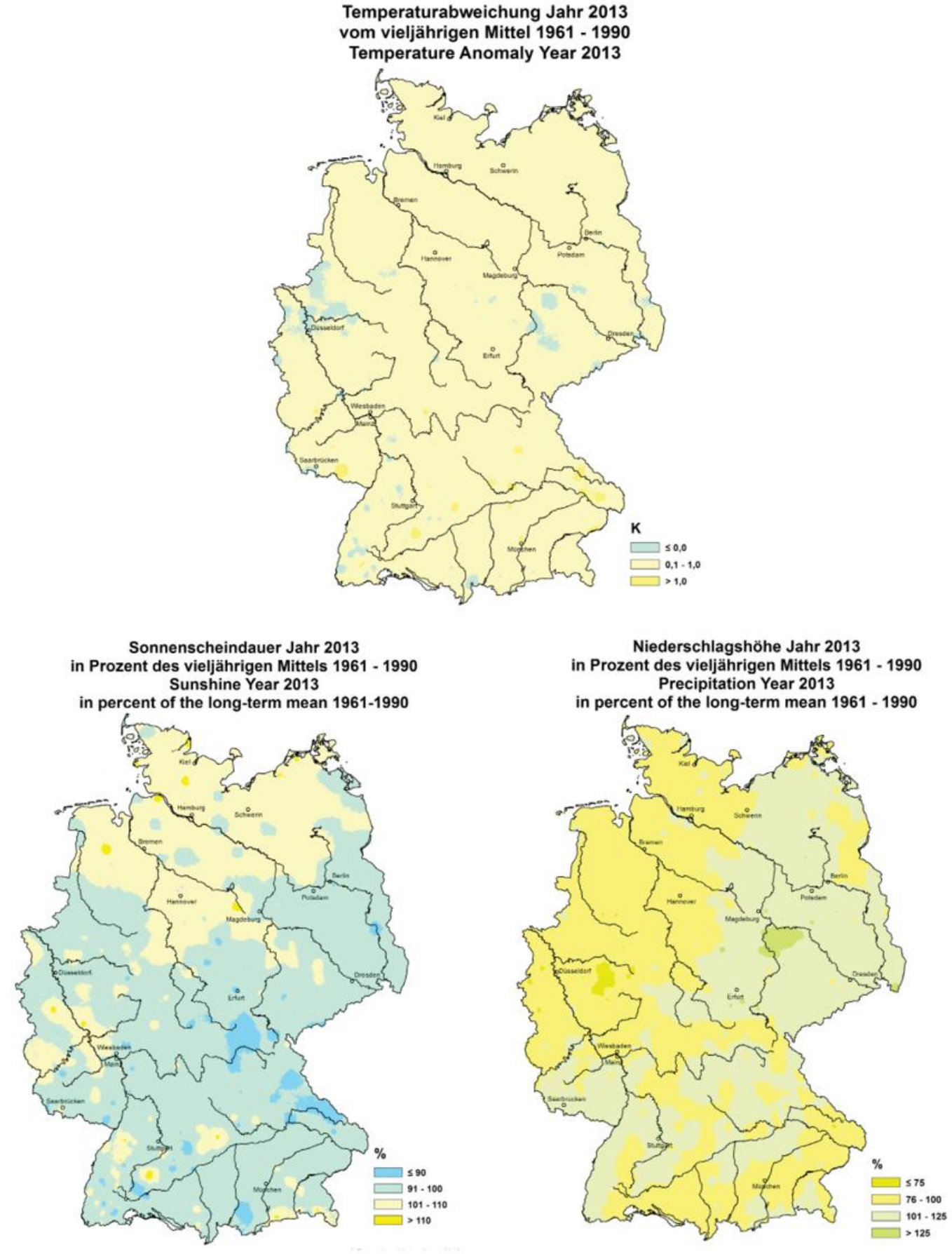


Abb. 2: Jahresabweichung 2013 vom vieljährigen Mittel 1961-1990

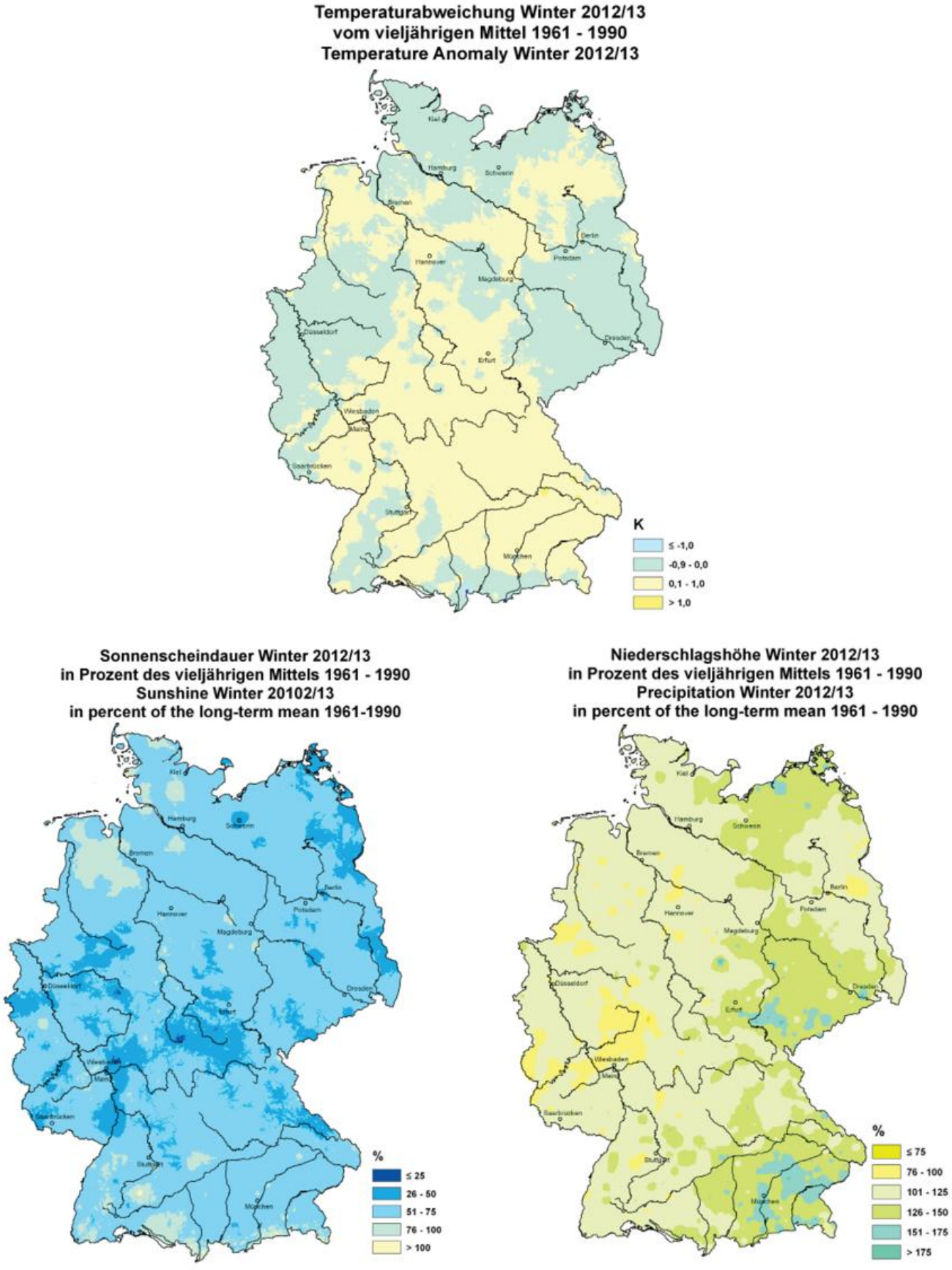


Abb. 3: Abweichung der Jahreszeit Winter des vieljährigen Mittel 1961-1990





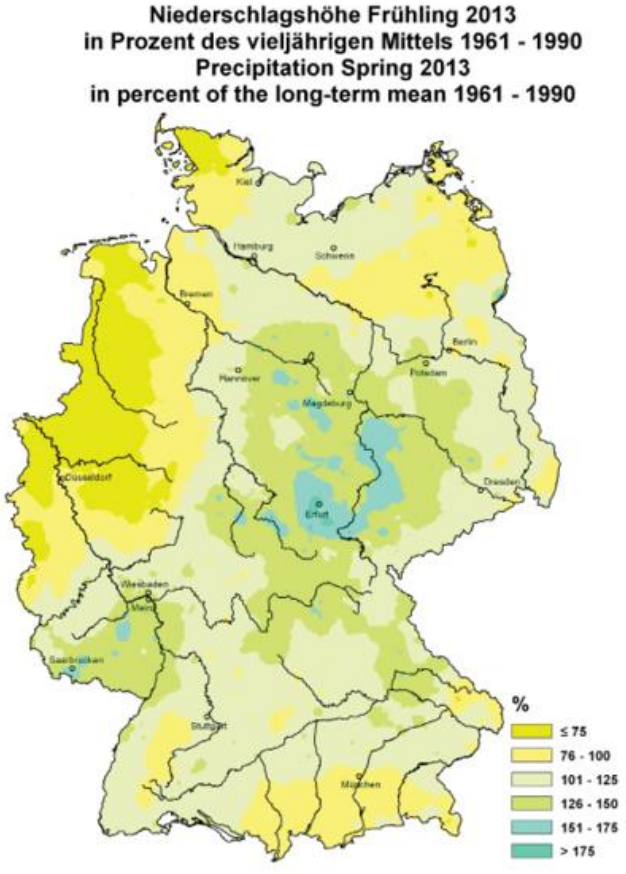


Abb. 4: Abweichung der Jahreszeit Frühling des vieljährigen Mittel 1961-1990

Der Monat **Juli** war sehr warm, trocken und sonnenscheinreich. Ab der dritten Monatsdekade stellten sich hochsommerliche Temperaturen ein. Gewitter mit Hagel brachten am Monatsende eine Abkühlung, Neue Monatsrekorde bezüglich Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer wurden zwar nicht aufgestellt, aber alle drei Parameter erreichten Spitzenwerte. Bezüglich Sonnenstunden war nur der Juli 2006 sonnenscheinreicher.

Die erste Monatsdekade des Monats **August** war durch eine Hitzewelle geprägt. Danach folgte ein recht wechselhafter Witterungsverlauf mit sonnigen, trockenen und warmen Phasen, allerdings mit Niederschlägen im Süden. Auch der August war wärmer, trockener und sonnenscheinreicher als normal, aber nicht mit der Ausprägung wie im Vormonat.

Temperatur und Sonnenscheindauer lagen im **Sommer** (Abb. 5) deutlich über den langjährigen Mittelwerten, die Niederschlagssummen deutlich darunter. Insgesamt war es ein Sommer mit einem hohen Freizeitwert.

In der Mitte der ersten Monatsdekade war der **September** sehr warm. Danach zeigt sich die Witterung sehr wechselhaft, verbunden mit vielen Niederschlägen. Erst zum Monatsende war der Monat trocken und sonnenscheinreich, allerdings lagen die Temperaturen unter dem langjährigen Mittel. Die mittlere Monatstemperatur entsprach genau dem Wert des langjährigen Mittels. Sonst war der Monat nasser und sonnenscheinärmer als normal.

Der **Oktober** startete sonnenscheinreich und kühl. Ein erster Wintereinbruch zu Beginn der zweiten Monatsdekade brachte am Alpenrand Schnee. Danach folgte ab der Monatsmitte eine wechselhafte und niederschlagsreiche Witterungsphase, mit milden Temperaturen. Das Orkantief „Christian“ brachte zum Monatsende besonders im Norden sehr hohe Windgeschwindigkeiten und große Schäden. Der Monat war insgesamt wärmer, nasser, aber etwas trüber als normal.

In der ersten Monatsdekade des Monats **November** wurde die Witterung von Tiefdruckgebieten mit milden Temperaturen und kräftigen Niederschlägen dominiert. Danach stellte sich Hochdruckeinfluss ein mit Nebel und Hochnebel. In der dritten Monatsdekade wurde teilweise Polarluft herangeführt und es bildete sich eine Schneedecke in den hohen Lagen der Mittelgebirge und in den Alpen. Der Monat war etwas zu mild, zu nass und sonnenscheinarm.

Der **Herbst** (Abb. 6) war mild, sonnenscheinarm und niederschlagsreich. Alle drei Herbstmonate waren durch ein Niederschlagsüberschuss und ein Sonnenscheindefizit geprägt. Als besonderes Witterungsereignis bleibt da Orkantief „Christiane“ in Erinnerung.

Im **Dezember** brachte das Orkantief „Xaver“ eine schwere Sturmflut an der Nordseeküste und hohe Windgeschwindigkeiten bis in die Mitte Deutschlands. Anschließend gab es einen kurzen Wintereinbruch bis in tiefe Lagen. Ab der zweiten Monatshälfte stellte sich eine südwestliche Strömung mit stürmisch-mildem Weihnachtswetter ein. Der Monat war deutlich zu warm, zu trocken und sonnenscheinreich.

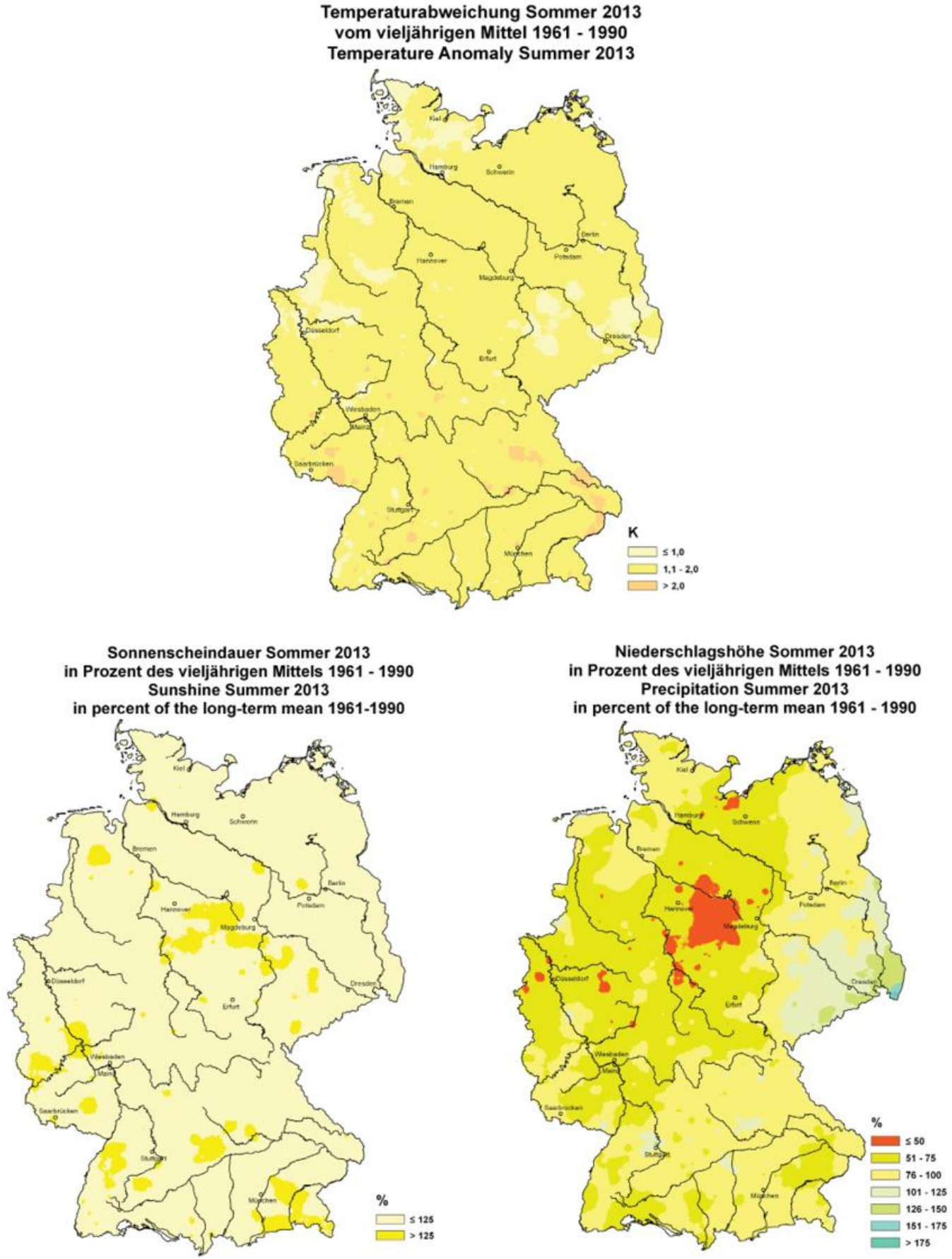


Abb. 5: Abweichung der Jahreszeit Sommer des vieljährigen Mittel 1961-1990

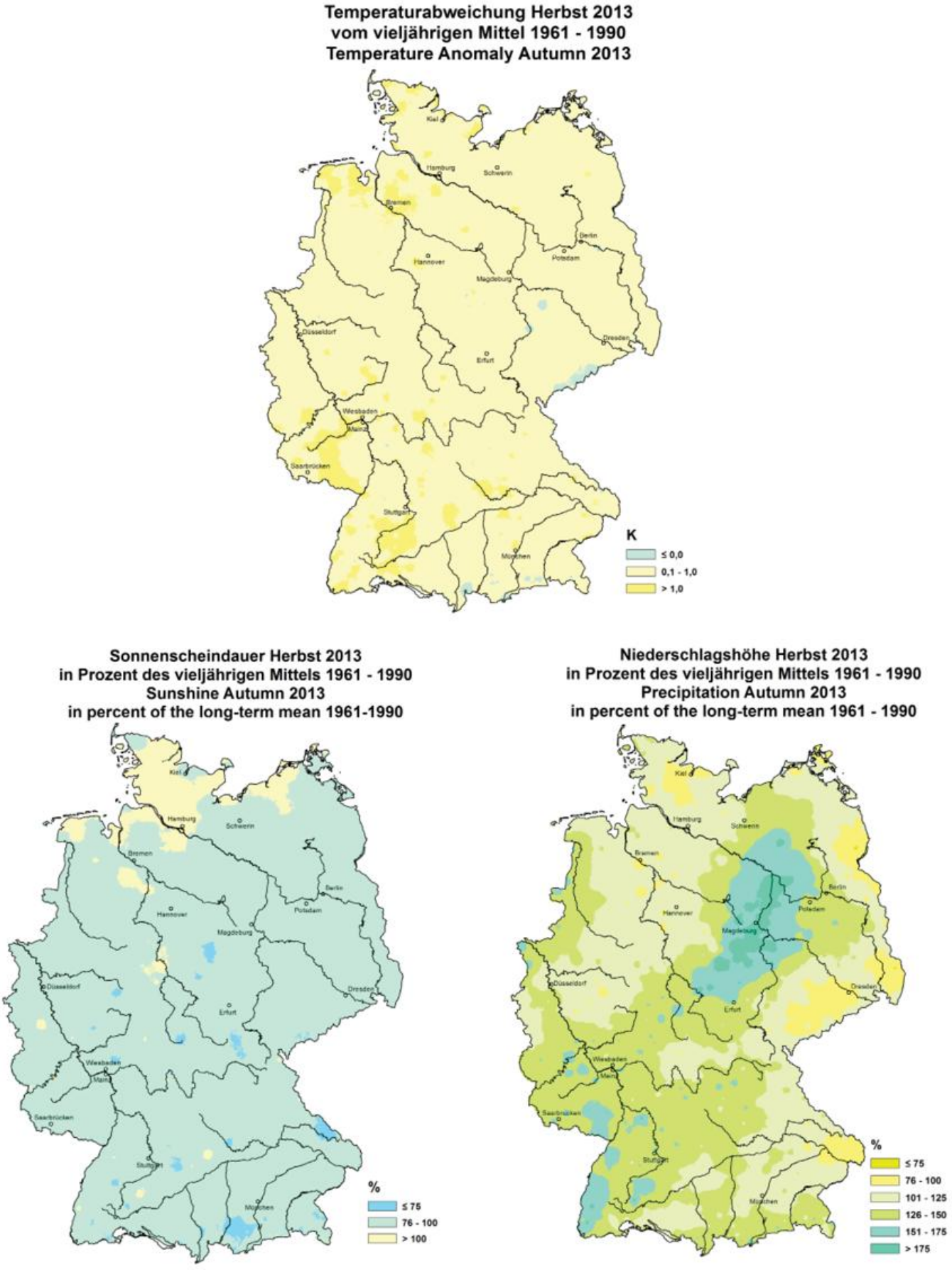


Abb. 6: Abweichung der Jahreszeit Herbst des vieljährigen Mittel 1961-1990

In den Tab. 1-4 sind die Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, sowie die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niedeschlagshöhe, der Sonnenscheindauer für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten, sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung vom Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich einige Charakteristika des Jahres wieder. So ist aufgrund der Verlängerung des Winters, ab der zweiten Märzhälfte bis Anfang April, die Zahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0°C) und der Eistage (Temperaturmaximum unter 0°C) in den meisten Bundesländern größer als in der Bezugsperiode 1961-90. Der heiße Sommer führte dazu, dass besonders viele heiße Tage (Temperaturmaximum mindestens 30°C) beobachtet wurden. In vielen Bundesländern konnten mehr als doppelt so viele heiße Tage beobachtet werden, als in der Referenzperiode 1961-1990.

In Bayern waren es sogar 3,5-mal mehr heiße Tage. Die Zahl der Sommertage (Temperaturmaximum mindestens 25°C) liegt etwas über der Referenzperiode, zeigt aber nicht die starke Abweichung wie bei den heißen Tagen.

Die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 10 mm lag meist um oder über dem langjährigen Mittelwert. Die Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 20 oder 30 mm war in Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen deutlich über dem langjährigen Mittel. Besonders in den Monaten Mai und Juni wurden viele Tage mit Überschreitung dieser Schwellenwerte beobachtet. Dies ist im Zusammenhang mit den langanhaltenden Niederschlägen zum Monatswechsel Mai-Juni zu sehen. Bei den sommerlichen Hagelereignissen fallen die Bundesländer Baden-Württemberg, Sachsen-Anhalt und Thüringen mit einer mehr als doppelt so hohen Anzahl auf. Bei der Zahl der Schneedeckentage zeigt sich wieder der relativ lange Winter. Gerade in den nordöstlichen Bundesländern wurden im März viele Schneedeckentage beobachtet.

	Eistage (Maximum unter 0 °C)		Frosttage (Minimum unter 0 °C)		Sommertage (Maximum mind. 25 °C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30 °C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit Hagel (Mai-September)		Tage mit einer Schneedecke	
Land	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	18,3	89,4	86,7	123,0	30,2	142,2	6,6	214,4	23,0	126,0	5,8	186,8	1,0	155,7	1,0	166,3	40,2	130,6
Bremen	19,0	105,5	83,5	121,0	25,6	124,9	5,5	195,1	15,5	93,2	3,5	119,5	0,8	114,6	0,0	2,6	31,3	116,1
Berlin	24,7	101,5	86,7	107,1	46,9	130,5	10,2	145,0	12,9	109,6	4,1	173,2	1,7	259,5	1,7	163,9	59,3	158,2
Schleswig-Holstein	21,1	99,9	87,3	114,8	21,7	144,3	3,0	192,9	22,5	109,2	4,0	110,9	1,0	126,2	0,8	146,7	44,1	131,8
Niedersachsen	21,7	105,8	86,8	115,5	31,2	139,6	7,9	244,6	16,1	89,3	3,9	117,9	0,9	121,7	0,7	96,2	37,3	116,3
Nordrhein-Westfalen	22,4	130,7	82,3	116,9	35,3	141,2	9,5	236,4	17,5	73,5	4,0	79,0	0,7	51,8	0,3	33,7	36,6	117,9
Rheinland-Pfalz	24,9	115,0	93,5	110,8	39,5	136,5	10,6	211,9	21,9	98,6	4,8	101,2	1,5	113,2	0,9	124,2	38,7	103,2
Saarland	21,5	112,8	93,9	117,0	42,1	141,1	11,1	231,6	28,1	97,9	6,7	96,5	2,0	97,2	0,0	1,6	36,5	121,5
Baden-Württemberg	28,4	105,8	106,5	104,9	43,9	141,3	12,8	269,1	30,5	101,5	9,4	115,3	3,1	115,8	2,9	263,8	53,8	91,8
Hessen	29,5	115,2	98,0	109,1	40,1	144,6	10,9	247,8	21,6	101,2	4,8	104,3	1,3	105,1	0,7	86,6	46,4	105,4
Bayern	35,2	102,1	112,5	98,9	41,5	140,7	14,1	361,3	26,1	92,4	8,6	113,5	3,0	118,6	1,2	108,3	63,8	89,9
Mecklenburg-Vorpommern	23,2	88,2	90,1	109,6	26,4	133,7	5,7	217,8	15,8	124,5	2,9	125,4	0,3	58,1	0,2	29,0	58,5	145,3
Brandenburg	26,7	102,7	96,5	111,0	45,7	132,1	10,5	162,4	13,6	115,7	4,1	176,3	1,3	206,9	1,2	149,7	57,0	146,1
Sachsen-Anhalt	28,3	114,0	98,8	116,9	44,4	139,4	12,2	212,1	15,0	125,5	4,1	165,4	1,3	180,0	1,4	205,2	57,2	151,0
Sachsen	38,9	122,6	107,0	113,2	38,7	124,1	10,3	187,2	19,5	112,9	7,7	197,8	3,2	261,1	1,3	145,9	68,5	124,1
Thüringen	41,9	123,2	107,5	105,4	35,5	138,7	10,4	271,4	18,7	104,2	6,2	163,7	2,2	201,3	1,7	214,2	67,5	116,9
Deutschland	28,4	108,3	98,3	108,4	37,8	138,4	10,5	247,8	20,7	97,8	5,8	119,1	1,8	124,3	1,1	130,4	52,3	110,7

Tab. 1: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatologischen Besonderheiten und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90
Hamburg	1,2	0,7	0,5	-0,7	-0,3	-4,2	7,7	0,2	12,7	0,2	15,5	-0,3	19,0	2,1	18,1	1,3	13,5	-0,2	11,4	1,6	5,8	0,6	5,3	3,3	6,7	-1,3	17,5	1,0	10,3	0,7	1,1	-0,1	9,2	0,4
Bremen	1,1	0,2	0,7	-0,7	0,1	-3,8	7,8	0,2	12,2	-0,3	15,3	-0,2	18,9	2,0	18,3	1,6	13,8	0,1	11,6	1,8	6,1	0,9	5,2	3,0	6,7	-1,3	17,5	1,1	10,5	0,9	1,5	0,0	9,3	0,4
Berlin	0,1	0,5	0,3	-0,3	-0,7	-4,7	9,1	0,7	14,3	0,6	17,7	0,6	20,9	2,5	19,2	1,4	13,4	-0,7	11,3	1,6	5,5	0,8	4,3	3,1	7,6	-1,1	19,3	1,5	10,0	0,6	0,4	-0,1	9,6	0,5
Schleswig-Holstein	1,1	0,7	0,2	-0,5	-0,5	-3,6	6,7	0,0	12,1	0,6	14,8	-0,2	18,2	1,9	17,6	1,4	13,3	0,1	11,2	1,7	5,8	0,8	5,0	3,2	6,1	-1,0	16,9	1,1	10,1	0,9	0,7	-0,2	8,8	0,5
Niedersachsen	0,8	0,2	0,3	-0,8	-0,2	-4,0	7,9	0,4	12,0	-0,3	15,4	0,1	18,9	2,2	18,1	1,5	13,5	0,1	11,4	1,8	5,6	0,6	5,0	3,2	6,6	-1,3	17,5	1,3	10,2	0,8	1,2	0,0	9,1	0,4
Nordrhein-Westfalen	1,1	-0,1	0,2	-1,6	1,0	-3,5	8,4	0,5	11,5	-0,9	15,5	0,1	19,2	2,3	18,1	1,4	13,8	0,1	11,5	1,7	5,3	0,2	4,9	2,7	7,0	-1,2	17,6	1,3	10,2	0,7	1,6	-0,2	9,2	0,3
Rheinland-Pfalz	0,7	0,4	-0,5	-1,6	1,3	-2,8	8,5	0,7	11,1	-1,1	15,7	0,3	20,0	2,9	17,9	1,3	13,8	0,3	11,0	1,8	4,6	0,5	3,7	2,4	7,0	-1,1	17,9	1,5	9,8	0,9	1,0	0,1	9,0	0,4
Saarland	0,8	0,3	-0,4	-1,9	2,0	-2,7	8,7	0,5	11,0	-1,5	16,1	0,4	20,4	2,9	18,1	1,2	13,9	0,2	11,5	2,0	4,8	0,4	3,8	2,2	7,2	-1,2	18,2	1,5	10,1	0,9	1,2	0,0	9,2	0,3
Baden-Württemberg	0,4	1,1	-1,6	-2,0	1,5	-2,1	8,4	1,0	10,6	-1,2	15,6	0,5	19,8	2,8	17,6	1,2	13,7	0,4	10,5	1,7	3,9	0,4	2,3	1,9	6,8	-0,8	17,7	1,5	9,3	0,8	0,2	0,1	8,6	0,5
Hessen	0,2	0,6	-0,7	-1,3	0,3	-3,4	8,3	0,7	11,3	-0,8	15,6	0,4	19,6	2,7	17,8	1,4	13,3	0,1	10,4	1,6	4,3	0,4	3,6	2,8	6,6	-1,1	17,7	1,5	9,3	0,7	0,5	0,2	8,7	0,4
Bayern	-0,4	1,5	-1,9	-1,3	0,7	-2,2	8,1	1,1	11,0	-0,7	15,3	0,4	19,6	2,9	17,5	1,5	12,8	0,0	9,5	1,4	3,5	0,7	1,5	2,1	6,6	-0,6	17,5	1,6	8,6	0,7	-0,6	0,4	8,1	0,6
Mecklenburg-Vorpommern	0,4	1,0	-0,1	-0,1	-1,0	-3,8	7,3	0,6	13,1	1,2	15,8	0,4	19,0	2,2	18,2	1,6	13,0	-0,3	11,0	1,7	5,5	1,0	4,5	3,4	6,5	-0,7	17,7	1,4	9,8	0,8	0,2	0,0	8,9	0,7
Brandenburg	-0,2	0,6	-0,1	-0,3	-1,2	-4,7	8,6	0,7	13,7	0,7	17,0	0,5	20,2	2,3	18,7	1,3	13,2	-0,6	11,0	1,7	5,2	0,8	4,0	3,1	7,1	-1,1	18,6	1,4	9,8	0,6	0,1	-0,1	9,2	0,5
Sachsen-Anhalt	0,2	0,5	-0,4	-0,8	-1,1	-4,8	8,5	0,7	12,8	0,0	16,5	0,4	20,0	2,4	18,6	1,5	13,5	-0,3	11,1	1,7	5,0	0,5	4,4	3,2	6,7	-1,4	18,4	1,4	9,8	0,6	0,4	0,0	9,1	0,4
Sachsen	-1,0	0,2	-1,3	-1,0	-1,5	-4,7	8,2	0,9	12,2	-0,1	15,8	0,2	19,4	2,3	18,0	1,2	12,7	-0,7	10,4	1,4	4,4	0,6	3,4	3,1	6,3	-1,3	17,7	1,2	9,2	0,4	-0,6	-0,3	8,4	0,3
Thüringen	-0,7	0,6	-1,5	-1,1	-1,4	-4,2	7,7	0,8	11,3	-0,4	15,2	0,4	19,1	2,6	17,6	1,6	12,7	-0,1	9,9	1,5	3,8	0,5	3,3	3,3	5,8	-1,3	17,3	1,5	8,8	0,7	-0,4	0,2	8,1	0,5
Deutschland	0,2	0,7	-0,7	-1,1	0,1	-3,4	8,1	0,7	11,8	-0,4	15,7	0,3	19,5	2,5	17,9	1,4	13,3	0,0	10,6	1,6	4,6	0,6	3,6	2,7	6,7	-1,0	17,7	1,4	9,5	0,7	0,3	0,1	8,7	0,5

Tab. 2: Gebietsmittel der Temperatur in °C und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in K

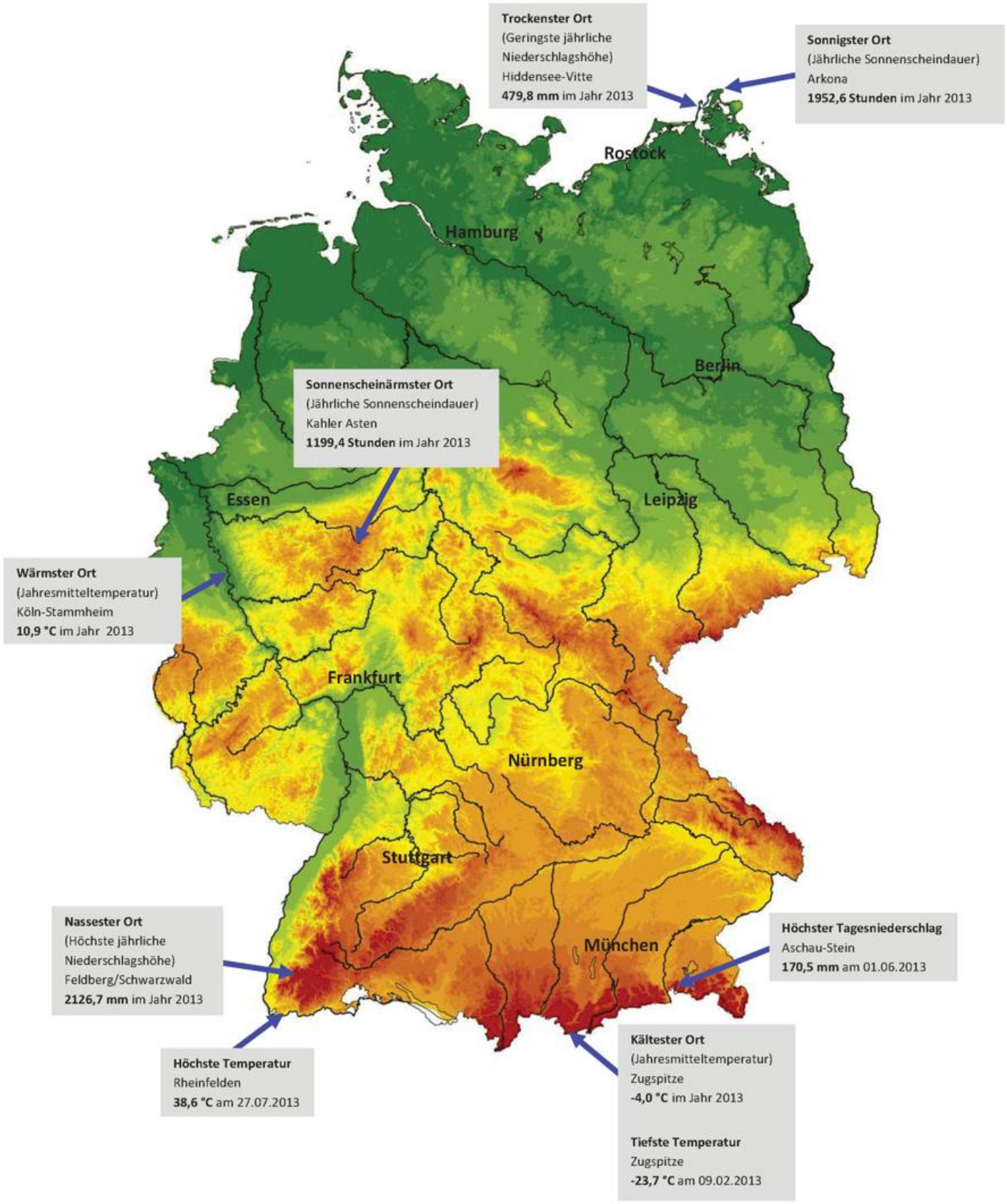
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90
Hamburg	73,8	120,4	34,6	83,0	20,3	36,9	27,1	54,6	147,6	253,1	73,8	105,1	36,2	46,9	36,1	51,1	74,0	108,7	77,7	129,7	70,3	104,4	66,4	94,4	195,0	119,6	146,1	67,0	222,0	113,6	193,8	111,2	737,9	98,4
Bremen	53,9	90,7	37,1	92,4	14,9	29,3	26,8	55,8	102,0	170,5	97,0	132,6	34,7	46,2	43,0	60,8	63,2	102,9	62,3	106,6	74,4	113,3	51,6	80,6	143,7	90,6	174,7	79,8	199,9	107,8	174,8	106,2	660,7	90,9
Berlin	62,1	146,7	33,5	95,4	28,7	77,9	22,9	56,8	84,6	155,5	71,1	101,7	35,3	66,2	54,2	91,9	64,3	141,1	57,2	163,8	53,3	111,3	39,8	74,6	136,1	103,5	160,6	88,1	174,8	136,2	139,2	106,7	607,0	105,9
Schleswig-Holstein	77,2	120,1	30,6	73,7	17,0	32,2	22,9	46,7	110,3	206,3	95,5	138,5	36,7	45,8	41,0	56,0	92,9	123,2	88,4	120,6	70,7	84,7	71,6	97,8	150,1	96,8	173,2	77,9	251,9	108,6	208,3	115,8	754,7	95,7
Niedersachsen	61,1	98,5	39,8	89,9	24,0	43,9	29,5	56,8	116,3	189,8	66,6	87,2	33,5	46,1	43,5	61,9	73,8	122,9	69,7	125,3	74,4	112,3	53,3	76,1	169,9	101,1	143,7	65,5	217,9	119,8	192,0	108,3	685,5	91,9
Nordrhein-Westfalen	58,3	75,9	50,0	86,9	34,8	48,9	28,6	46,3	92,4	128,5	78,9	93,7	33,4	40,6	39,6	54,3	89,4	133,2	76,8	123,2	81,4	104,1	57,4	65,0	155,8	76,0	152,0	63,4	247,5	119,2	240,6	108,0	720,9	82,4
Rheinland-Pfalz	45,4	68,1	43,3	75,7	36,3	57,2	58,1	101,7	128,9	183,6	77,3	101,4	33,9	47,1	52,0	74,4	85,6	142,9	115,1	181,5	79,9	106,2	48,6	63,9	223,4	117,0	163,2	74,9	280,6	141,3	208,9	104,6	804,4	99,6
Saarland	63,1	73,5	43,4	60,6	50,3	63,6	83,8	131,6	159,4	202,0	85,3	106,1	42,7	59,2	53,2	72,7	98,2	141,3	140,5	183,4	98,8	104,0	62,5	63,5	293,4	132,4	181,2	80,3	337,5	140,0	271,2	106,3	981,1	103,9
Baden-Württemberg	52,8	70,4	77,4	114,1	45,3	64,5	72,5	93,4	149,3	156,2	83,2	77,8	71,6	79,0	76,7	81,3	107,8	154,3	105,9	156,4	92,6	113,0	52,8	64,2	267,0	109,7	231,5	79,3	306,3	139,5	260,4	116,3	987,7	100,8
Hessen	50,4	79,8	43,9	84,4	31,8	51,6	54,5	92,6	139,4	197,7	60,3	75,4	37,0	50,9	51,4	73,9	67,9	118,2	107,7	182,7	78,1	109,5	43,2	55,9	225,6	118,2	148,7	66,9	253,7	135,2	202,4	104,9	765,5	96,5
Bayern	80,9	121,7	68,5	118,3	40,5	65,0	44,3	63,3	160,5	177,7	138,4	123,8	32,6	32,2	91,2	90,1	107,8	149,1	70,4	114,6	76,5	109,4	21,7	28,8	245,4	110,1	262,3	83,4	254,6	125,1	261,0	130,6	933,3	99,2
Mecklenburg-Vorpommern	75,2	166,2	39,1	124,5	23,6	57,4	23,4	55,9	85,9	167,4	73,3	117,1	36,8	56,2	34,8	59,3	71,6	140,7	56,4	134,1	50,5	97,0	37,2	71,5	132,9	99,0	145,0	77,6	178,4	123,1	170,5	131,0	607,8	102,2
Brandenburg	61,6	152,6	36,8	113,1	27,9	76,6	20,3	49,5	94,3	175,4	85,3	132,5	36,1	67,2	43,9	74,8	57,2	128,1	58,5	158,9	50,5	112,2	32,6	65,4	142,4	108,7	165,3	93,5	166,2	131,4	145,1	117,9	604,8	108,6
Sachsen-Anhalt	50,9	131,5	41,1	123,6	34,1	85,7	29,5	68,1	121,4	233,8	49,4	78,7	35,7	68,4	39,2	66,4	58,8	141,4	72,3	203,1	64,4	151,2	32,3	69,2	184,9	137,0	124,3	71,4	195,4	163,2	150,3	126,0	628,9	114,9
Sachsen	83,1	170,1	52,1	122,4	34,7	74,2	34,7	60,6	135,4	202,7	169,0	221,3	42,5	61,8	50,9	66,1	56,3	102,0	55,1	116,8	46,2	88,4	30,0	49,8	204,8	119,9	262,5	118,1	157,5	101,9	208,3	137,1	789,9	113,0
Thüringen	56,9	111,5	49,7	112,2	34,1	65,7	51,2	87,7	171,6	260,7	69,8	89,0	39,5	63,1	42,0	60,7	74,4	145,9	69,4	145,5	71,0	126,2	32,4	51,0	256,9	145,9	151,3	72,0	214,7	138,6	203,0	127,4	761,9	108,9
Deutschland	64,4	106,0	51,1	103,6	33,4	59,0	39,9	68,5	128,2	180,3	91,8	108,5	38,9	50,1	56,4	73,0	83,4	136,5	77,8	139,5	72,1	108,6	41,2	58,7	201,5	108,4	187,1	78,1	233,3	127,3	213,5	118,2	778,7	98,7

Tab. 3: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe in mm und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90
Hamburg	21,9	56,6	34,7	54,2	133,0	132,1	174,2	111,4	153,5	72,0	208,4	103,0	300,5	149,2	229,9	114,4	114,7	82,6	104,5	108,3	68,8	139,9	26,9	85,7	460,7	97,9	738,8	119,5	288,0	101,2	83,5	62,5	1571,1	104,2
Bremen	27,1	69,2	44,5	65,9	124,9	123,0	160,4	103,7	137,3	66,9	193,9	99,9	283,3	147,5	229,4	118,8	113,6	83,9	100,8	103,4	62,1	122,5	31,6	94,6	422,6	91,6	706,6	120,0	276,5	97,5	103,2	73,9	1508,9	102,3
Berlin	19,4	45,6	24,2	34,3	136,8	113,6	141,3	87,7	167,0	74,0	226,9	106,2	301,7	135,0	225,7	105,3	114,7	73,5	108,8	99,6	37,6	75,0	46,1	132,2	445,1	87,8	754,2	113,5	261,1	82,8	89,7	60,9	1550,0	94,8
Schleswig-Holstein	23,6	60,0	36,8	56,9	139,2	133,2	185,7	112,9	173,3	77,8	207,9	98,9	301,7	143,9	231,7	110,1	122,4	85,5	102,6	104,7	72,4	143,8	25,9	74,8	498,1	101,3	741,4	114,9	297,4	102,0	86,3	62,4	1623,2	103,6
Niedersachsen	23,4	61,1	39,6	60,0	123,7	121,1	156,6	103,5	138,0	68,5	199,7	104,7	277,4	144,9	221,5	115,6	112,6	83,5	99,4	100,8	53,6	110,0	38,2	121,5	418,3	91,9	698,5	119,8	265,6	94,1	101,2	74,8	1483,6	101,9
Nordrhein-Westfalen	18,0	43,2	37,1	51,3	115,2	111,6	148,0	100,1	140,1	73,8	175,6	97,6	262,8	140,3	210,2	115,1	118,8	87,9	99,7	93,3	37,7	71,8	53,1	143,4	403,4	91,5	648,6	117,1	256,2	87,0	108,2	71,7	1416,3	98,4
Rheinland-Pfalz	16,7	41,2	31,4	43,0	111,7	101,2	139,2	92,0	121,4	63,5	203,6	107,6	297,4	141,9	221,5	114,5	136,6	90,6	93,7	89,4	40,6	77,2	56,3	147,8	372,3	82,2	722,4	121,5	270,9	87,9	104,4	68,8	1470,0	97,5
Saarland	16,9	42,7	27,8	36,6	111,2	97,7	143,1	92,3	114,4	57,6	214,5	107,0	303,1	134,2	227,7	112,9	143,5	90,9	86,4	81,4	43,1	80,9	56,4	142,3	368,7	78,9	745,3	118,1	273,1	86,0	101,0	65,2	1488,0	94,7
Baden-Württemberg	28,5	58,3	34,9	45,8	104,1	89,0	120,9	80,2	116,3	61,5	209,4	106,2	310,9	135,9	234,5	113,8	140,6	84,6	105,3	90,2	44,2	71,8	83,5	187,7	341,2	74,7	754,7	118,6	290,0	84,2	146,9	86,7	1532,9	95,4
Hessen	16,3	45,5	30,2	43,7	116,2	108,8	133,9	88,3	113,7	58,7	195,3	104,5	290,1	142,1	214,8	113,1	120,2	84,5	88,6	89,0	39,4	91,1	49,7	156,6	363,8	80,5	700,1	119,5	248,1	87,1	96,2	70,5	1408,2	96,5
Bayern	24,8	49,9	35,5	45,6	112,9	94,9	125,0	81,4	116,5	60,2	196,8	102,0	306,8	138,8	232,2	114,8	126,5	78,9	109,8	93,1	42,7	75,1	72,9	166,8	354,4	76,0	735,8	118,1	279,0	83,2	133,1	77,8	1502,3	94,2
Mecklenburg-Vorpommern	21,3	52,1	27,6	41,0	158,6	139,7	180,8	108,1	194,5	82,6	252,4	115,6	300,9	135,2	235,3	108,4	131,7	85,3	110,5	105,4	55,0	105,0	33,3	91,0	534,0	103,4	788,6	116,7	297,2	95,4	82,1	57,0	1701,9	103,2
Brandenburg	20,3	46,3	25,0	35,5	142,4	118,7	146,2	89,9	170,1	75,8	233,4	110,4	299,8	134,3	228,6	107,3	117,3	75,3	112,0	102,3	42,2	83,6	47,3	130,4	458,7	90,5	761,8	115,2	271,4	86,0	92,5	61,8	1584,4	96,9
Sachsen-Anhalt	23,8	56,0	32,4	47,9	125,5	114,7	140,7	92,6	139,1	67,5	225,9	115,1	297,1	143,6	219,6	110,8	113,5	78,9	101,5	97,3	47,1	93,3	52,0	146,2	405,2	86,7	742,6	121,8	262,2	87,8	108,2	74,4	1518,2	99,8
Sachsen	21,5	43,4	22,9	32,6	116,5	106,1	127,7	85,4	132,5	65,9	198,6	104,4	295,7	141,0	225,1	113,3	113,1	76,5	120,9	102,6	38,4	71,6	68,6	167,4	376,6	81,8	719,3	118,1	272,4	85,3	113,0	70,3	1481,3	95,6
Thüringen	19,3	45,2	27,2	39,4	112,2	106,3	122,6	83,2	111,6	57,1	195,7	107,0	288,7	140,7	209,0	108,7	117,1	81,8	97,2	90,8	35,7	73,5	57,8	160,2	346,3	77,3	693,4	117,2	250,0	83,7	104,3	70,5	1394,0	93,8
Deutschland	22,2	50,9	33,0	45,4	121,3	109,7	141,6	93,0	135,8	69,4	205,8	107,4	294,4	141,0	225,0	114,3	123,2	82,4	104,1	95,9	45,3	84,8	56,0	145,6	398,7	86,9	725,2	120,1	272,6	87,5	111,2	72,0	1507,6	98,6

Tab. 4: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Stunden und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2013

W. Riecke

Auch im Strahlungsjahr 2013 zeigt sich die „klassische" räumliche Verteilung der jährlichen Globalstrahlungssummen über Deutschland mit einem Mehr über dem Süden, geringerer Einstrahlung über den norddeutschen Gebieten und dem Minimum über den nördlichen Mittelgebirgsregionen (Abb. 1). Dort verbleibt die Jahressumme der Globalstrahlung verbreitet unter 1000 kWh/m². Während südlich der Donau und in der südlichen Rheinebene Werte von über 1100 kWh/m² erreicht werden, bleiben die Summen über der norddeutschen Tiefebene meist darunter.

Für das Flächenmittel Deutschland der jährlichen Globalstrahlungssumme ergibt sich 2013 ein Wert von 1046 kWh/m², der damit knapp -1 % unter dem vieljährigen Mittel von 1055 kWh/m² (1981-2010) liegt. So ist 2013 nach 10 Jahren wieder einmal ein Jahr, das eine negative Abweichung zum vieljährigen Mittel aufweist.

Die überwiegende Anzahl der deutschlandweiten Flächenmittel der monatlichen Globalstrahlungssummen erreichen ihren jeweiligen vieljährigen Erwartungswert nicht. Besonders der strahlungsintensive Mai fällt mit -18 % negativ auf. Die Sommermonate Juni bis August zeigen sich neben dem März und dem Dezember durchaus versöhnlich (+ 19 % im Juli), doch auch sie vermögen es nicht, dem Jahr 2013 insgesamt ein positives Vorzeichen zu verleihen.

Allerdings sieht es regional im Bundesgebiet hinsichtlich der Abweichungen vom jeweiligen Mittel durchaus unterschiedlich aus: So ist nördlich einer Linie Ruhrgebiet/Cottbus also im Wesentlichen im Bereich der norddeutschen Tiefebene eine positive Abweichung von kleinräumig bis zu +11 % festzustellen, während südlich negative Differenzen zum Durchschnittswert bis -9 % vorkommen.

Jahressummen 2013

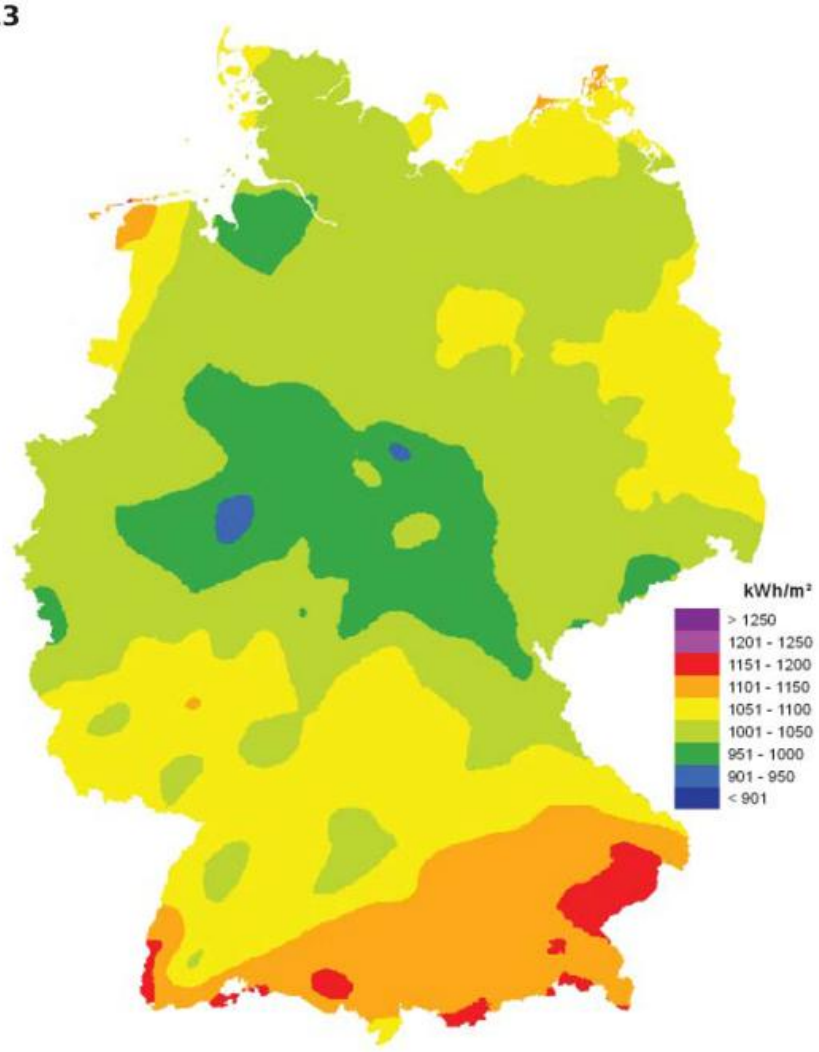


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2013

Das Klima in den deutschen Küstengebieten 2013

C. Lefebvre

Die Jahresmitteltemperaturen lagen in den deutschen Küstengebieten bei 9°C, womit das Jahr 2013 im Vergleich zur internationalen Referenzperiode 1961-1990 um bis zu +1 K zu warm ausfiel. Es fiel damit ähnlich mild aus wie die letzten drei Jahre.

Das Jahr begann mit einem lang anhaltenden Winter und endete beträchtlich zu mild. Besonders hervorzuheben ist, dass der kälteste Monat im Jahresverlauf der März war (Abb. 1). Er zeichnete sich durch ungewöhnliche Kälte und viel Schnee aus, so dass vom ‚Märzwinter' gesprochen wurde. Teilweise war er sogar der kälteste März seit Aufzeichnungsbeginn. Die Monatsmitteltemperaturen blieben im Küstenraum mit Werten zwischen -1 und +1°C um -2,5 bis -4 K unter dem Durchschnitt. April und Juni waren an der Nordsee meist um bis zu -1 K zu kühl, während sie an der Ostsee um bis zu +1 K zu mild ausfielen. Am wärmsten waren Juli bzw. August mit jeweils 17 bis 19°C, womit sie um +1 bis +2 K wärmer ausfielen als gewöhnlich. Beträchtlich zu mild war der Dezember, der mit Mitteltemperaturen zwischen gut 4°C am Kleinen Haff und 7°C auf Helgoland die vieljährigen Mittel um +2,5 bis +3,5 K überschritt.

Die Zahl der Frosttage (Tiefstwerte unter 0°C) bewegte sich zwischen 50 und 55 auf Helgoland und den ostfriesischen Inseln und 85 bis 90 östlich von Rügen. Während an der Ostsee diese Werte im Bereich der Mittelwerte lagen, überschritten sie diese an der Nordsee meist um rund 10 Tage. Deutlich mehr Frosttage hatte zuletzt das Jahr 2010. Dauerfrost herrschte an 13 bis 23 Tagen, was vielfach den Durchschnittswerten entspricht. Etwas höher als gewöhnlich war die Zahl der Sommertage (Temperaturen von 25°C und mehr), die an den Küsten vielfach bei 10 bis 20 lag. Dabei erlangten meist bis zu 2 Tage Temperaturen von 30°C und mehr und waren heiße Tage. Nur östlich von Rügen gab es mit 4 heißen Tagen eine leicht überdurchschnittliche Anzahl.

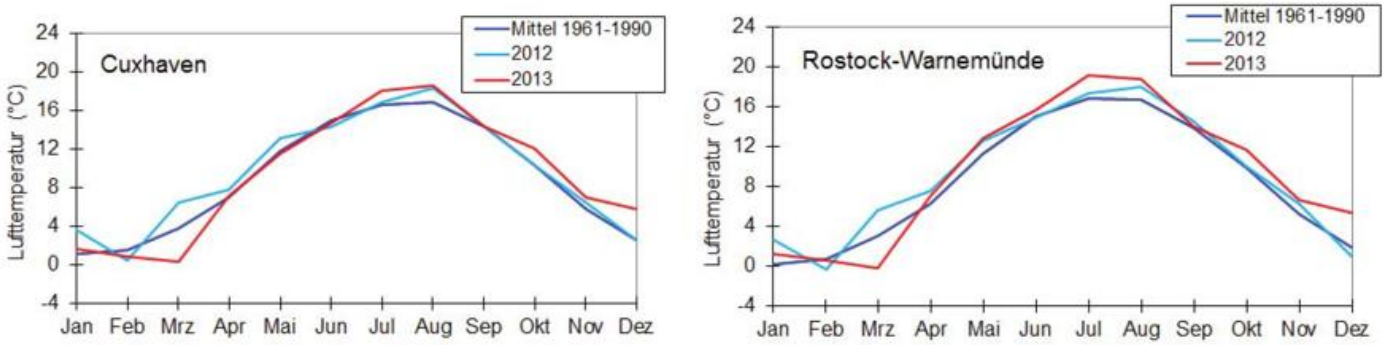


Abb. 1: Jahresgang der Lufttemperatur in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Das Niederschlagsaufkommen entsprach den vieljährigen Mittelwerten (Abb. 2). Der Jahresniederschlag bewegte sich an der Nordsee überwiegend zwischen 700 und 800 mm und an der Ostsee zwischen 510 auf den Inseln und bis zu 640 mm an der schleswig-holsteinischen Ostküste. Dabei wurden an rund 10 bis 20 Tagen Starkniederschläge von mindestens 10 mm am Tag registriert.

Ungewöhnlich niederschlagsreich war der Juni, in dem vor allem an der Nordsee mit rund 100 bis 150 mm vielfach bis um das Doppelte, auf Helgoland mehr als das Zweieinhalbfache des Monatsmittels fielen. Aber auch schon der Mai brachte mit bis zu 100 bis 120 mm entlang der Nordseeküste zwischen Bremerhaven und Büsum und an der Ostseeküste westlich von Rügen sehr viel Regen. Die Monatssummen entsprachen rund 200 bis 260 % des vieljährigen Mittels. Der trockenste Monat war überwiegend der März, in dem mit meist nur 10 bis 25 mm Defizite zwischen 20 und 80 % auftraten. Der Niederschlag in diesem Monat fiel größtenteils als Schnee und brachte eine Schneedecke bis zu 25 cm. Überhaupt gab es in den ersten Monaten dieses Jahres immer wieder Schneefall und geschlossene Schneedecken, die an der Ostseeküste auch 2 bis 3 Wochen anhielten, bevor sie abschmolzen und wieder neu entstanden. Endgültig schmolz der Schnee erst in der ersten Aprildekade ab. Nach dem vielen Schnee in den ersten Monaten verlief das Jahresende dann überwiegend schneefrei. Insgesamt bewegte sich die Zahl der Tage mit einer geschlossenen Schneedecke im Jahr 2013 zwischen 12 Tagen auf Helgoland und 67 am Greifswalder Bodden.

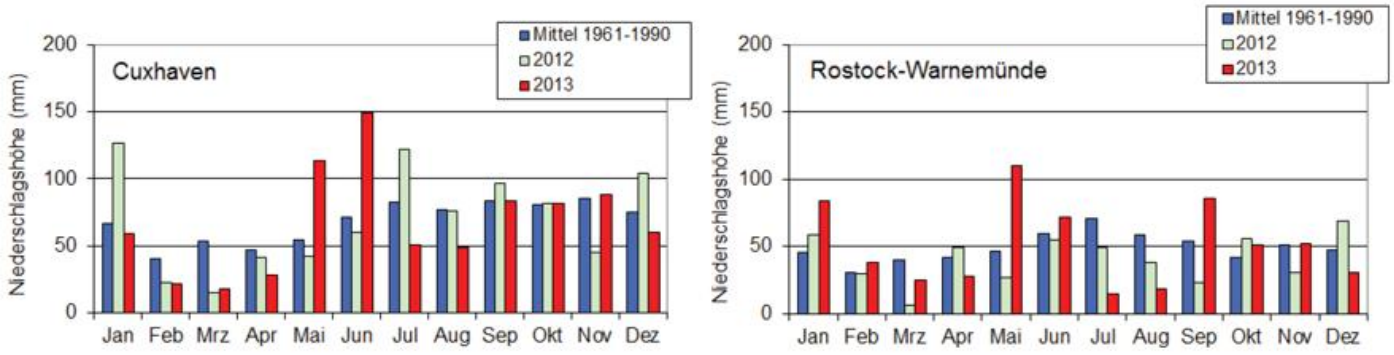


Abb. 2: Jahresgang der Niederschlagshöhe in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Die Sonne schien zwischen 1476 Stunden an der Emsmündung und 1954 Stunden am Kap Arkona. Damit lag die Sonnenscheindauer an der Nordsee im Bereich der vieljährigen Mittelwerte, an der Ostsee meist um bis zu 10 % darüber. Am sonnenscheinreichsten war der Juli. Mit 250 (am Dollart) bis 330 Sonnenstunden (auf Fehmarn) wurde das Soll vielfach um 20 bis 45 % überschritten. Obwohl der Juni an der Nordsee mit Defiziten bis zu 25 % sonnenscheinarm war, lag die Sonnenscheindauer des gesamten Sommers (Juni bis August) um bis zu 20 % höher als gewöhnlich (Abb. 3). Dabei blieb das Niederschlagssaufkommen geringer als im Mittel. Besonders sonnenscheinarm war der Februar vor allem an der Ostsee, wo die Sonne mit bis zu 30 Stunden nur zu 20 bis 45 % der Sollzeiten zu sehen war.

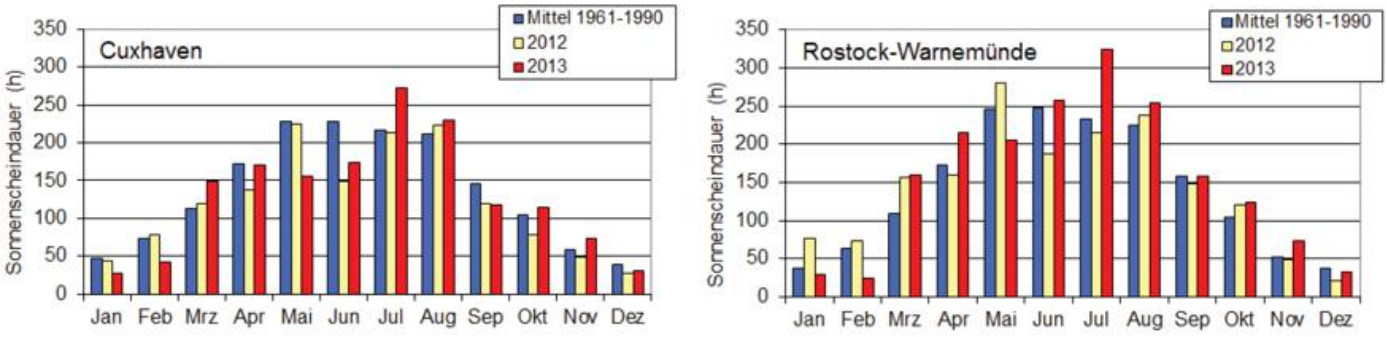


Abb. 3: Jahresgang der Sonnenscheindauer in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Der Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur in der westlichen Ostsee in Abb. 4 zeigt, wie sich die winterliche Witterung in den ersten Monaten auf die Abkühlung der westlichen Ostsee auswirkte. Mehrtägiger Dauerfrost führte ab Mitte Januar zunächst an der Ostsee, ab dem 18. Januar auch an der Nordsee zur Eisbildung. Am Eiderdamm kam bis zu 15 cm dickes Eis vor, in den Boddengewässern im Osten erreichte das Eis bis zum 25. teilweise eine Dicke von 5 bis 15 cm, im Kleinen Haff von 5 bis 20 cm. Gegen Monatsende schmolz das Eis bei milden Temperaturen, so dass die deutsche Nordseeküste Anfang Februar wieder eisfrei war und mit Ausnahme einer kurzzeitigen Neueisbildung an der nordfriesischen Küste Mitte Februar auch für den Rest des Jahres eisfrei blieb. Am 5. Februar waren auch an der deutschen Ostseeküste nur noch Eisreste vorhanden, wobei sich bei einem Kaltlufteinbruch Mitte Februar in einigen Häfen und geschützt liegenden Gewässern erneut Eis bildete, das aber am Monatsende weitgehend abgeschmolzen war. Ein erneuter Wintereinbruch zu Beginn der zweiten Märzdekade führte jedoch an der Ostsee zu erneuter Eisbildung. Die Boddengewässer und auch kleinere Häfen waren im weiteren Monatsverlauf zeitweise und örtlich mit bis zu 15 bzw. 10 cm dickem Eis bedeckt, das dann erst in der ersten Aprildekade vollständig abschmolz. Im März lagen die Wassertemperaturen der küstennahen Zonen von Nord- und Ostsee bei 1°C und waren um -2 bis -4 K kälter als im Mittel. Nachfolgend schritt die Erwärmung der küstennahen Gewässer zwar rascher voran als gewöhnlich, aber es dauerte meist bis Juni bis die Durchschnittstemperaturen wieder erreicht wurden. Die sonnenscheinreiche Witterung im Juli bewirkte dann einen Temperaturanstieg auf Tageswerte von 20 bis 22°C, die um +1 bis +2 K über dem vieljährigen Mittel lagen. Aufgrund der überdurchschnittlich milden Witterung ab Oktober verzögerte sich zum Jahresende hin die jahreszeitliche Abkühlung der Gewässer zunehmend.

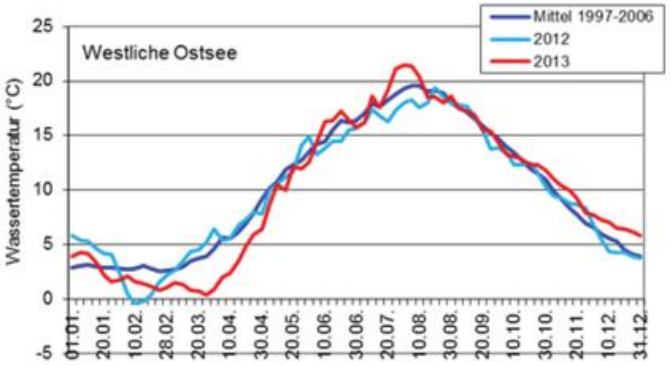


Abb. 4: Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur

Zwei Orkane, die nur im Abstand von 6 Wochen auftraten, verursachten in Norddeutschland schwere Schäden. Von beiden war aber nicht nur Deutschland betroffen. Europaweit forderten sie mindestens 25 Todesopfer. Dabei war in Deutschland der erste, Orkan CHRISTIAN am 28. Oktober von den erzielten Windgeschwindigkeiten noch stärker als Orkan XAVER am 5./6. Dezember. Beide nahmen unterschiedliche Zugbahnen, hatten unterschiedliche Zuggeschwindigkeiten und Auswirkungen. Wie Abb. 5 zeigt, zog Orkantief CHRISTIAN sehr rasch über das südliche England, die südliche Nordsee nordostwärts über den Norden Dänemarks nach Nordwestrussland. Dagegen kam XAVER von Nordwesten über die Norwegische See nach Südnorwegen. Von dort aus verlagerte er sich unter räumlicher Ausdehnung nur noch langsam südostwärts Richtung Baltikum. Beide Tiefs lösten an der Nordsee und westlichen Ostsee Böen bis Orkanstärke (Bft 12) aus. Bei CHRISTIAN erreichte der Wind im nördlichen Schleswig-Holstein auch im 10-Minuten-Mittel Orkanstärke. Die höchste Böe in Deutschland wurde in St. Peter Ording mit 172 km/h verzeichnet. Die dänische Station Kegnaes Fyr, unweit der deutsch-dänischen Grenze, meldete mit 193 km/h einen neuen Windgeschwindigkeitsrekord für Dänemark und die stärkste Böe der westlichen Ostsee. Bei XAVER waren die höchsten Böen mit bis zu 158 km/h in Glücksburg-Meierwik etwas geringer. Die hohen Windgeschwindigkeiten hielten aber länger an. Auch am 7. wurden an der Nordseeküste noch Böen bis Bft 10 verzeichnet. Das hatte zusammen mit den Windrichtungen enorme Auswirkungen auf die Wasserstände an Nord- und Ostsee. Als XAVER am 5. über die Nordsee zog, führte der Südwestwind an der Ostsee zunächst zu Niedrigwasser, wobei die Wasserstände um 1,5 bis 2,0 m unter dem mittleren Wasserstand blieben. In der Deutschen Bucht verursachten anhaltende Winde aus Nordwest und Springtide dagegen eine Serie von drei Sturmfluten. Am höchsten war die in den ersten Stunden des Nikolaustages mit Wasserständen von 2,50 bis knapp 4 m über dem mittleren Tidehochwasser, die teilweise die zuletzt größte Sturmfluthöhe vom 1. November 2006 (ALLERHEILIGEN-Sturmflut durch Orkan BRITTA) überschritt. Auf mehreren Nordseeinseln führte die schwere Sturmflut zu erheblichen Abbrüchen an den Dünen und Sandverlusten an den Stränden. Weitaus größere Schäden wurden jedoch durch die aufwändigen Investitionen der letzten Jahrzehnte in den Küstenschutz vermieden. Orkan CHRISTIAN verursachte in den Abendstunden an der Nordsee Wasserstände, die bis um rund 2 m über dem mittleren Tidehochwasser lagen. Er löste aber keine schwere Sturmflut aus, fügte jedoch dem Baumbestand große Schädigungen zu, da die Bäume noch belaubt waren. Dass CHRISTIAN zu einem der stärksten Orkane gehört, zeigt sich daran, dass in Norddeutschland nicht nur die Windböen, sondern auch die 10-Minuten-Mittel der Windgeschwindigkeit allgemein das 99. Perzentil überschritten und damit zu den höchsten je gemessenen zählen. Auf den Bergen Süddeutschlands lagen sie über dem 95. Perzentil. Bei XAVER lagen die Böen und 10-Minuten-Mittel der Windgeschwindigkeit vor allem in den Küstengebieten und auf den Bergen oberhalb des 99. Perzentils. Dieser statistischen Einreihung liegt der Vergleichszeitraum 1981-2010 zugrunde, also ein Zeitraum, der die sehr windstarken 1990-er Jahre beinhaltet, in denen kräftige Orkane wie DARIA, VIVIEN, WIEBKE (Januar bis März 1990) sowie ANATOL und LOTHAR (Dezember 1999) auftraten.

Detaillierte Informationen sind den Berichten über die Orkane CHRISTIAN und XAVER im Internetauftritt des DWD zu entnehmen.

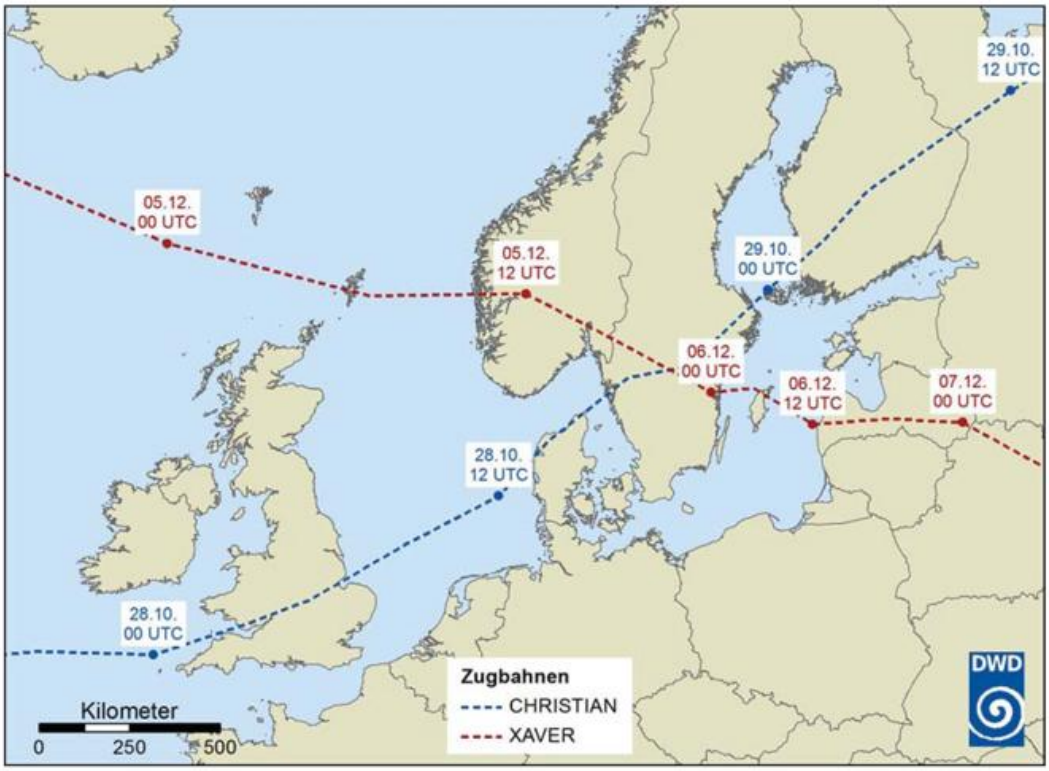


Abb. 5: Zugbahnen der Orkane CHRISTIAN und XAVER

Die monatlichen Windverteilungen zeigten teilweise deutlich Unterschiede zu den mittleren Verteilungen. Besonders groß waren die Abweichungen im März und Dezember. Im deutlich zu kalten und winterlichen März herrschten überwiegend Winde aus östlichen Richtungen (NE bis SE). Ihr Anteil bewegte sich zwischen rund 65 und 75 % und war damit teilweise mehr als doppelt so hoch wie gewöhnlich. Im milden Dezember kamen die Winde dagegen zu rund 70 % der Zeit aus Süd und Südwest (vgl. Abb. 6).

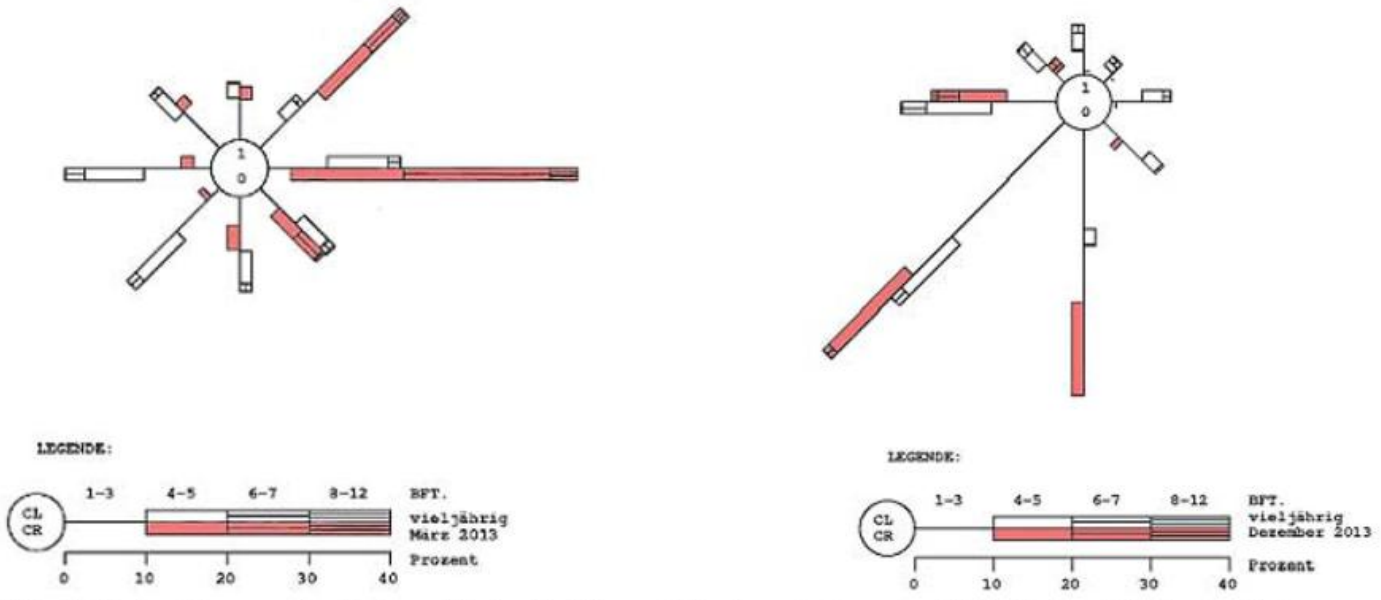


Abb. 6: Windverteilungen an den Stationen Helgoland im März und Boltenhagen im Dezember 2013 (rot) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2013)

Objektive Wetterlagenklassen 2013

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt, seit 22.11.1999 das neue operationelle erweiterte Globalmodell (GME), das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügt; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.

Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit nachvollziehbar mit dem gleichen Ergebnis. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „Objektive Wetterlagenklassifikation" abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 30 jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z_{950} z_{500} f mit:

aa =: Anströmrichtung: XX = keine vorherrschende Richtung,

NO = Nordost, SO = Südost,

SW = Südwest, NW = Nordwest;

z_{950} z_{500} =: Zyklonalität in

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2013

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2013 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	XXAAT	33	9,04	18	NOAZT	8	2,19
2	NWAAT	32	8,77	19	SOZZT	7	1,92
3	SWAAF	32	8,77	20	NWZZT	6	1,64
4	NWAZT	26	7,12	21	XXZAF	5	1,37
5	XXZZT	23	6,30	22	NWAZF	3	0,82
6	SWZAF	22	6,03	23	SWZAT	3	0,82
7	XXAZT	21	5,75	24	SOZAF	3	0,82
8	NWAAF	18	4,93	25	NOZZT	3	0,82
9	SWAAT	16	4,38	26	NWZAF	2	0,55
10	SWAZT	16	4,38	27	SOZZF	2	0,55
11	SWZZF	14	3,84	28	NWZZF	2	0,55
12	NOAAT	12	3,29	29	SOAAT	1	0,27
13	XXAAF	12	3,29	30	NOAAF	1	0,27
14	SWAZF	10	2,74	31	SOAZT	1	0,27
15	XXZAT	10	2,74	32	XXAZF	1	0,27
16	SWZZT	9	2,47	33	SOZAT	1	0,27
17	XXZZF	9	2,47	34	NOZZF	1	0,27

Die Wetterlagenklassen SOAAF, NOAZF, SOAZF, NOZAT, NWZAT, NOZAF sind im Jahr 2013 nicht vorgekommen.

Besonders häufig traten in diesem Jahr die hochreichend antizyklonalen Lagen XXAAT, NWAAT und SWAAF auf, wobei die Wetterlage XXAAT 2013 deutlich häufiger beobachtet wurde als im Referenzzeitraum 1981–2010 (Abb 1). Recht häufig vertreten waren auch trockene Nordwestlagen mit einer zyklonalen Höhenströmung, gefolgt von den bodennah zyklonalen Wetterlagen XXZZT und SWZAF. Auch die bodennah antizyklonal geprägten Lagen XXAZT und NWAAF waren häufig vertreten, allerdings nicht so häufig wie in der Referenzperiode 1981–2010.

Die 8 Wetterlagen XXAAT, NWAAT, SWAAF, NWAZT, XXZZT, SWZAF, XXAZT und NWAAF stellten zusammen 57 % aller Lagen dar.

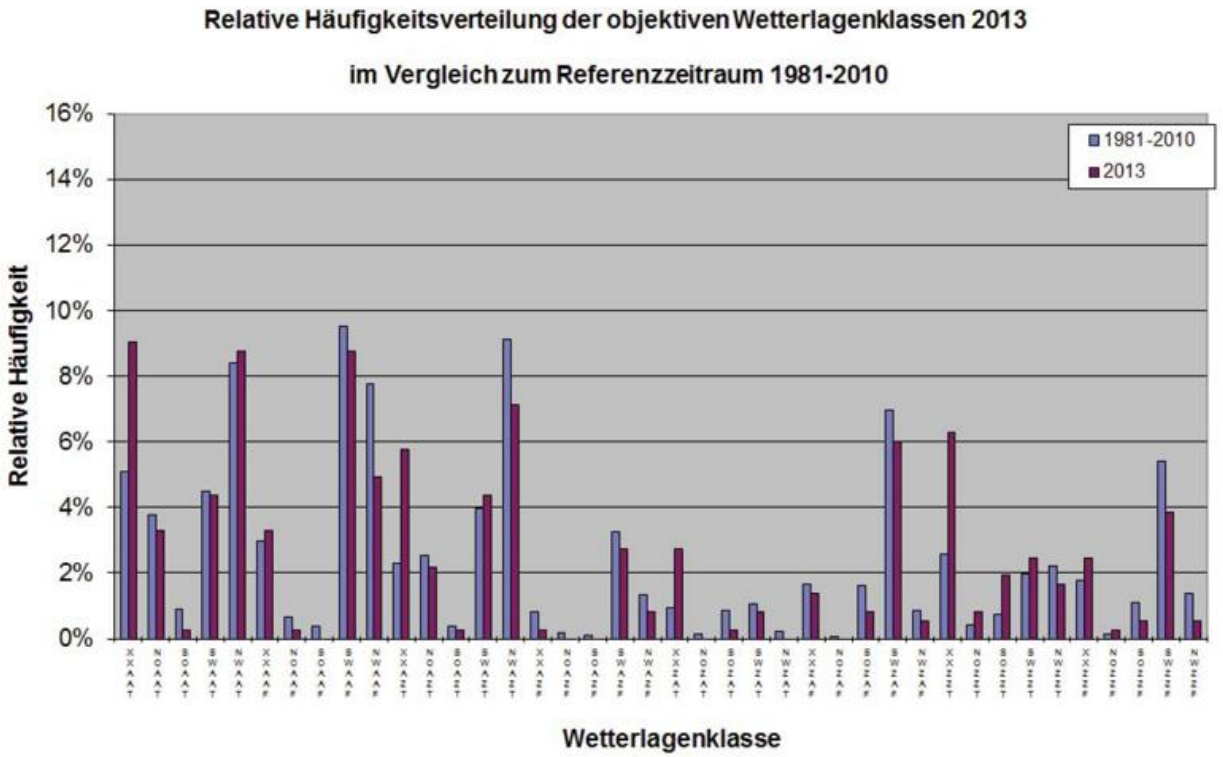


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2013 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2013

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2 und 3) ist auffällig, dass 2013 oft Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung beobachtet wurden und diese auch wesentlich häufiger auftraten als im Referenzzeitraum 1981-2010, während die Anzahl der Nordwestlagen deutlich unter dem vieljährigen Mittel lag. Ansonsten entsprach die Windrichtungsverteilung weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode.

In Bodennähe sowie in der freien Atmosphäre entsprach die Verteilung der antizyklonalen und zyklonalen Lagen weitgehend dem Referenzwert. Trockene Lagen traten etwas häufiger auf als in der Referenzperiode.

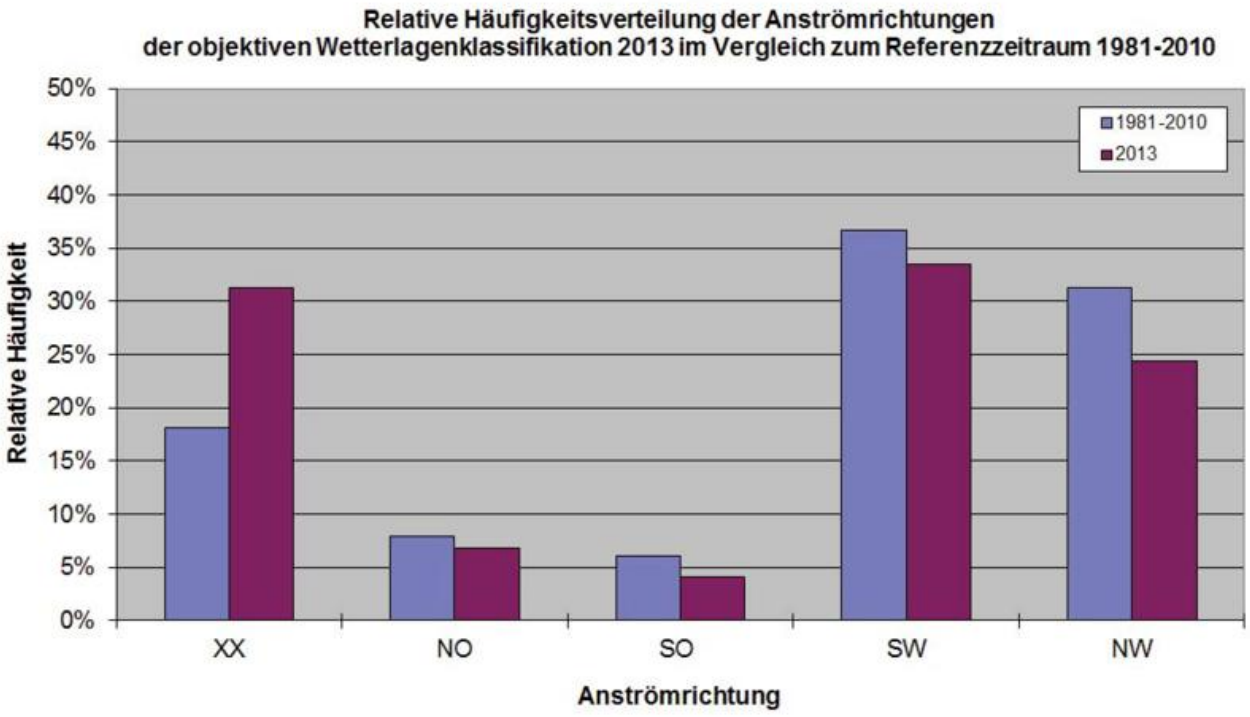


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2013 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

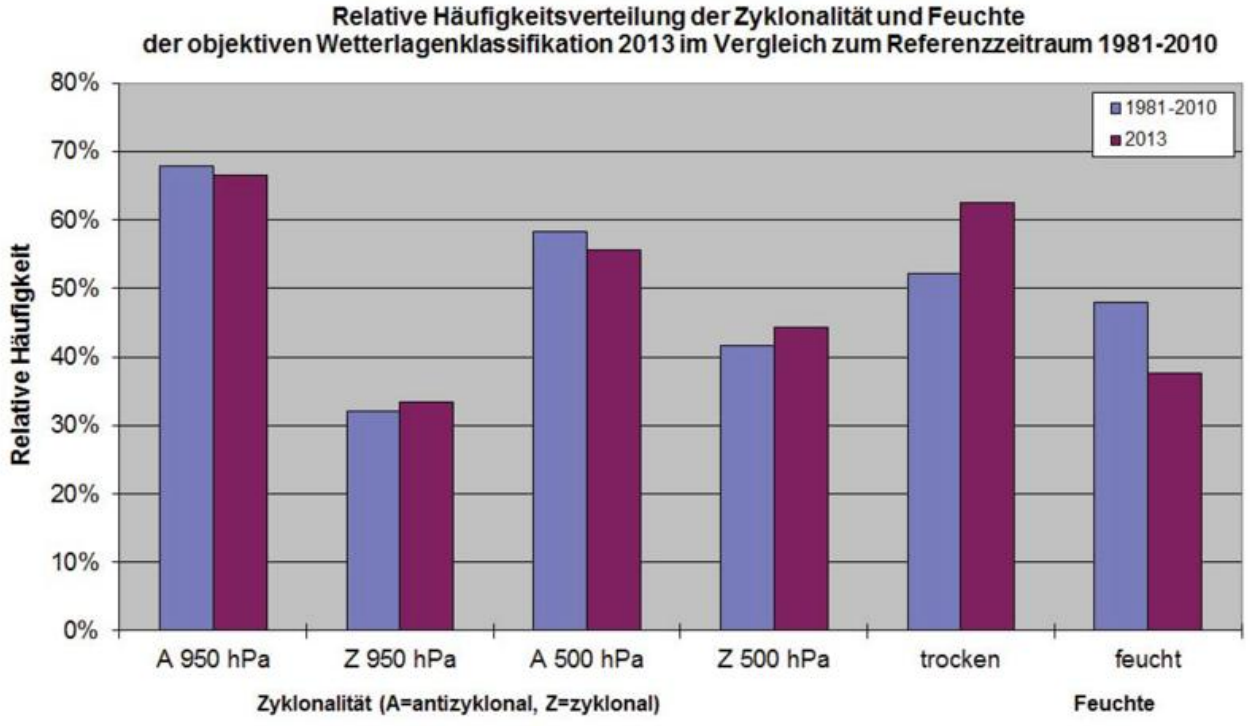


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2013 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	11	7	16	8	13	11	9	7	7	10	9	6	114
NO	2	7	4	0	2	2	2	1	0	0	5	0	25
SO	1	4	0	2	3	0	0	2	1	1	1	0	15
SW	3	2	5	15	12	11	8	14	6	18	11	17	122
NW	14	8	6	5	1	6	12	7	16	2	4	8	89
A 950 hPa	21	16	12	20	16	22	27	22	20	17	23	27	243
Z 950 hPa	10	12	19	10	15	8	4	9	10	14	7	4	122
A 500 hPa	14	7	10	22	13	20	25	16	17	19	16	24	203
Z 500 hPa	17	21	21	8	18	10	6	15	13	12	14	7	162
trocken	18	24	27	13	15	16	19	18	20	16	21	20	227
feucht	13	4	4	17	16	14	12	13	10	15	9	11	138
Temperatur	0,7	-1,1	-3,4	0,7	-0,3	0,3	2,5	1,4	0,0	1,6	0,6	2,8	0,5
Niederschlag	106	104	59	68	180	108	50	73	137	139	109	59	99

Tab. 1: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2013. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatliche Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen traten im April und August sowie im Oktober und Dezember relativ häufig auf, während sie von Januar bis März sehr selten beobachtet wurden. Nordwestlagen waren nur im Januar, Juli und September häufiger zu beobachten. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering, wobei im Dezember keine und im September und Oktober jeweils nur an einem Tag Ostlagen registriert wurden. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung traten im Jahr 2013 recht oft auf. Insbesondere im März dominierten diese Wetterlagen.

- Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen nur im März nicht häufiger als zyklonale Lagen beobachtet. Besonders deutlich dominierten sie in den Sommermonaten sowie im November und Dezember. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen in 8 der 12 Monate vorherrschend. Zyklonale Lagen dominierten von Januar bis März und im Mai.

- Feuchte

Im Jahr 2013 herrschten eindeutig trockene Lagen vor. Nur im April und Mai wurden mehr feuchte als trockene Lagen beobachtet.

- Temperatur

Die Jahresmitteltemperatur für 2013 lag +0,5 K über dem Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Nur im Februar, März und Mai wurden unterdurchschnittliche Mitteltemperaturen registriert.

- Niederschlag

Im Jahr 2013 waren 7 Monate niederschlagsreicher und 5 Monate trockener als im Zeitraum 1961-1990. Dennoch wurden 2013 nur 99 % der Niederschlagsmenge der internationalen klimatologischen Referenzperiode erreicht. Ein klarer Zusammenhang zwischen diesen Witterungsanomalien und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich nur in Einzelfällen feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2013

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) wurden die Trends hinsichtlich der Zunahme von Südwestlagen und Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung bestätigt.

Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) sind keine Trends erkennbar.

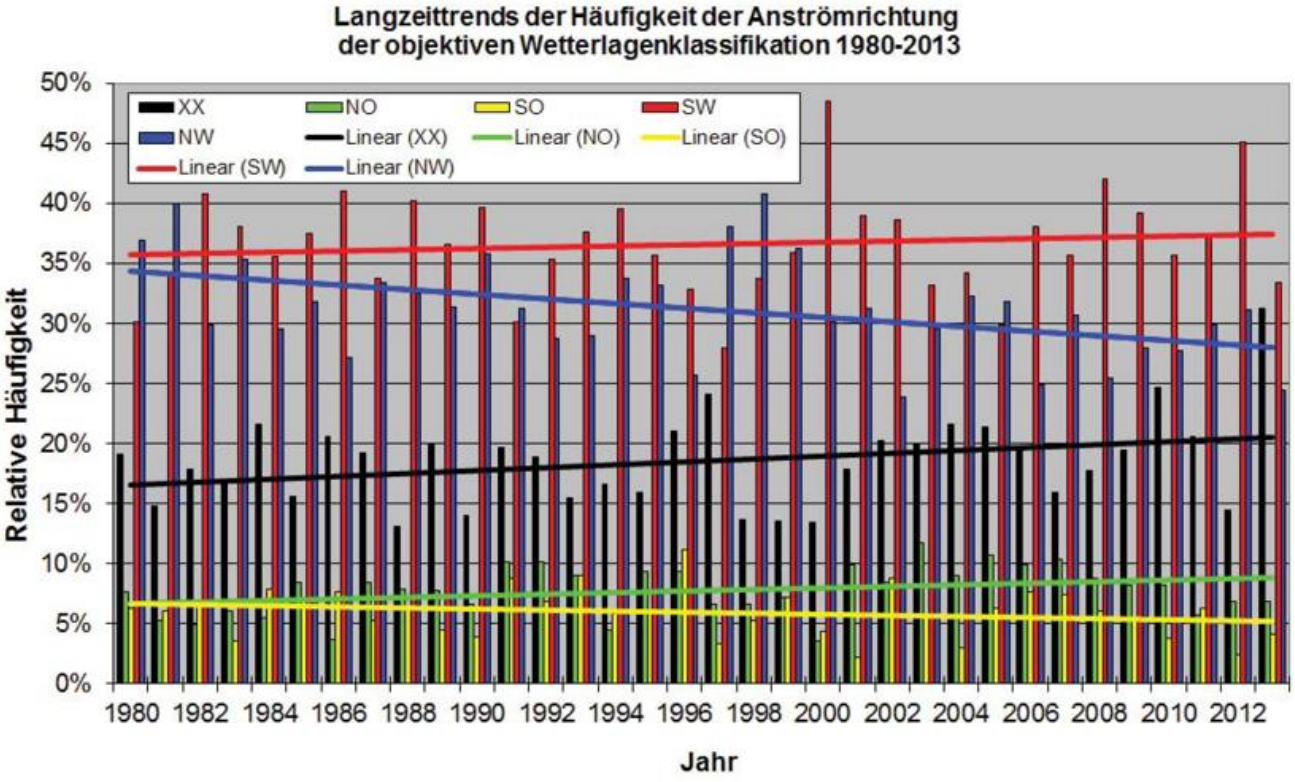


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

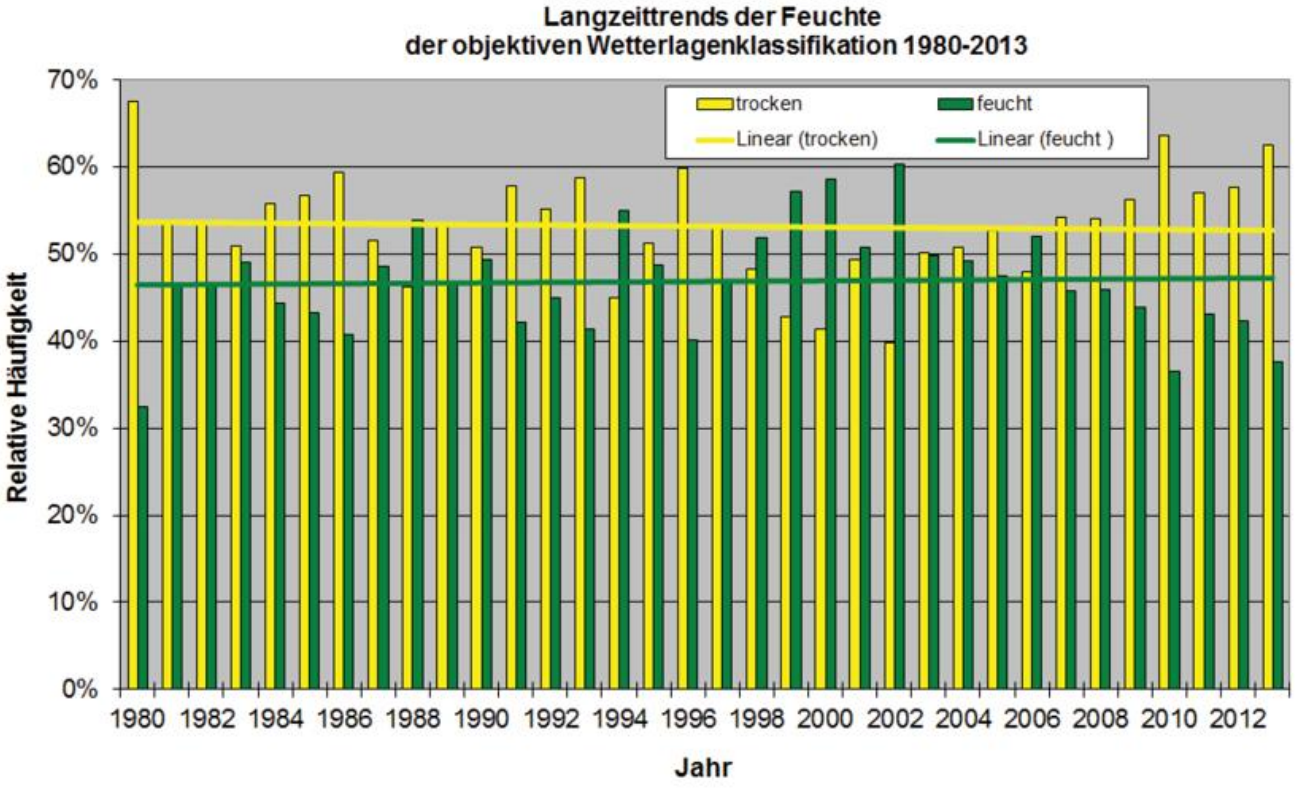


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) ist in 500 hPa eine leichte Tendenz zu einer Zunahme der antizyklonalen Lagen erkennbar. In 950 hPa sind keine langfristigen Tendenzen feststellbar.

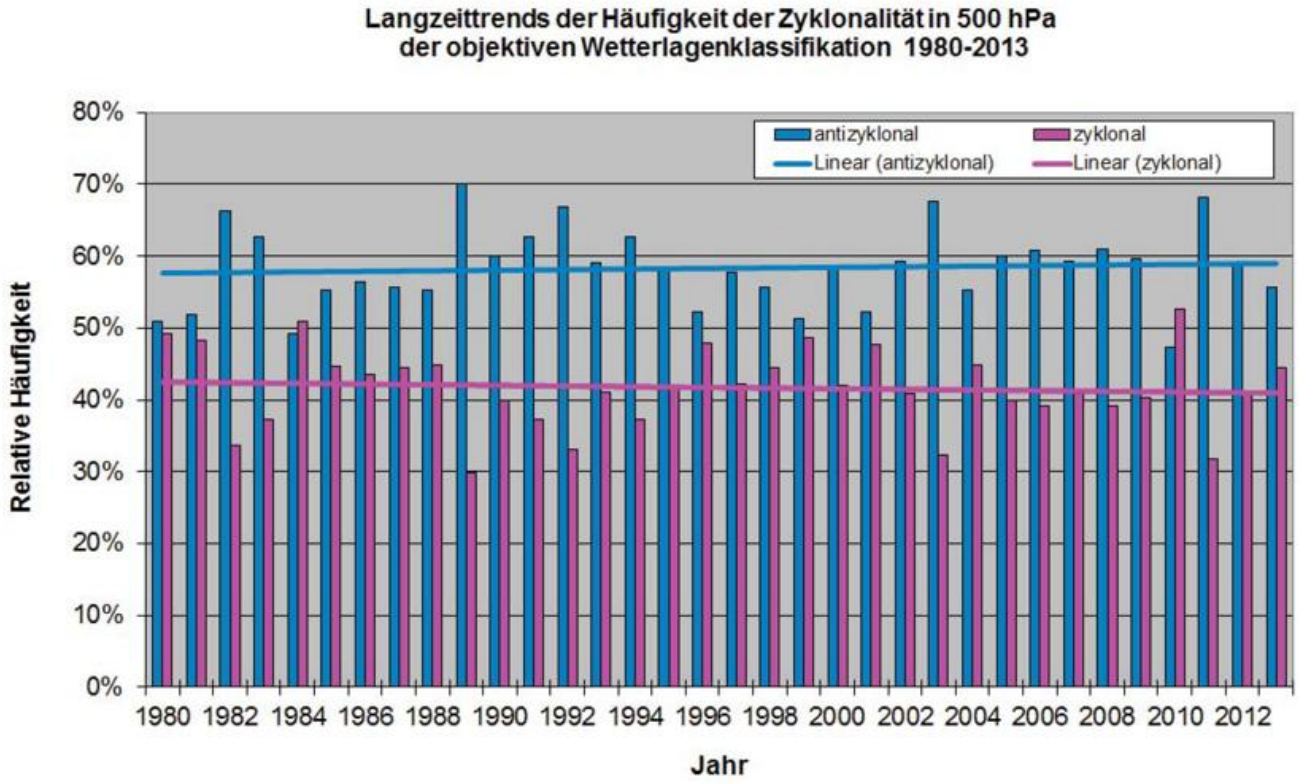


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

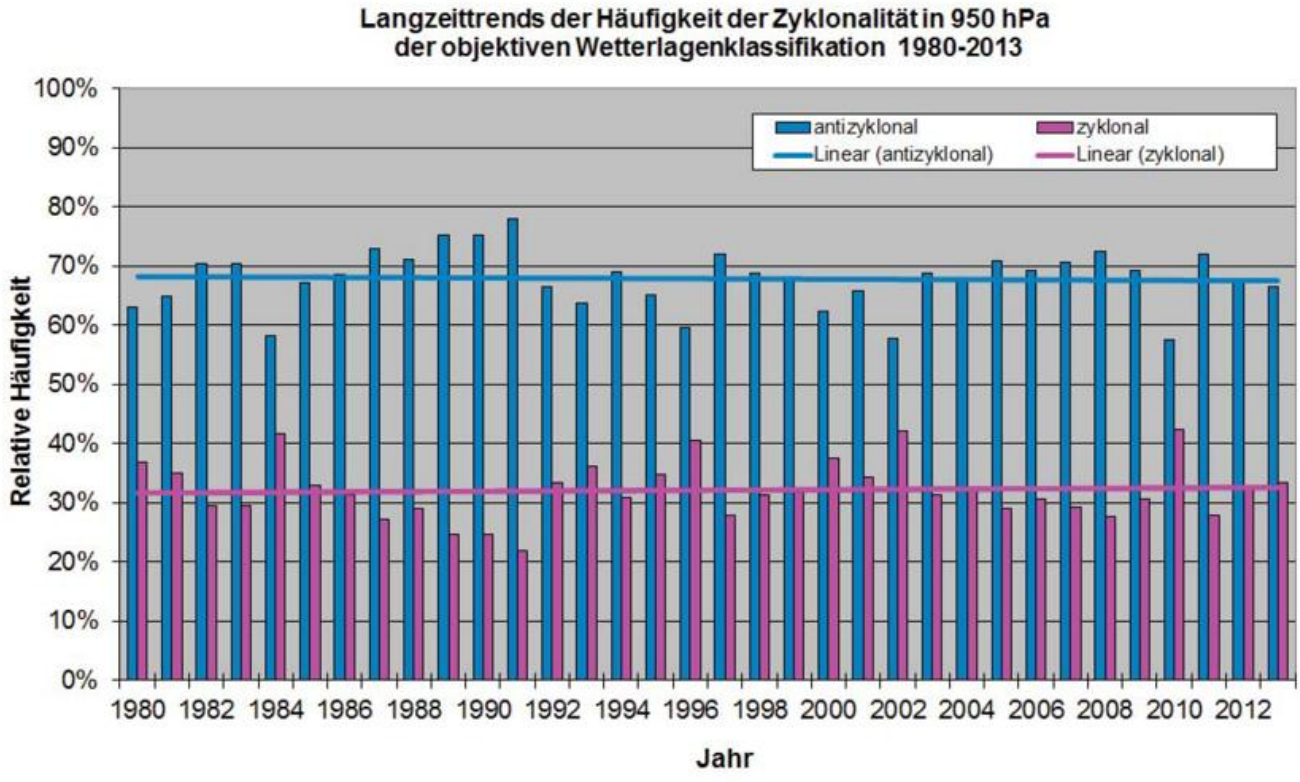


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2013

A. Booß, F.-J. Löpmeier, H. H. Schmitt, M. Wegener

Übersicht über den Verlauf des Jahres

Ein Auf und Ab zum Jahresbeginn – milde und kalte Witterungsperioden wechselten sich ab. Danach litt die Landwirtschaft unter einem erst zu kalten und dann vor allem zu nassen Frühling. Die Vegetationsentwicklung kam nicht so richtig in Schwung bzw. wurde immer wieder unterbrochen. Auch der Sommer begann bescheiden. Bei Dauerniederschlägen, Überschwemmungen und Hochwasser hieß es Land unter. Nach Abtrocknung der Böden gab es aber gutes Erntewetter. Der Herbst bescherte der Landwirtschaft ebenfalls häufig ungünstige Bedingungen. Schlecht befahrbare Böden führten zu Verzögerungen bei Ernte und Aussaat. Zum Jahresende hin tobten einige Orkantiefs im Land, die zu Schäden in Land- und Forstwirtschaft führten. Ein Winter war im Dezember weit und breit nicht in Sicht.

Der **Januar** begann mit einer sehr milden Phase. Dieses zarte Frühlingserwachen führte verbreitet zum Blühbeginn von Hasel (Erle nur in Ostdeutschland). Danach folgte eine fast dreiwöchige Dauerfrostperiode, die von Tiefdruckgebieten und mehr oder weniger erheblichen Niederschlägen in Form von Schnee geprägt war. Eine fast durchgehende Schneedecke schützte die Winterungen und die Böden vor Frostschäden.

Bundesweit herrschte Vegetationsruhe. Weil die gefrorenen, schneebedeckten oder wassergesättigten Böden nicht aufnahmefähig waren, verschob sich die ab 15. Januar erlaubte Gülleausbringung kalendarisch weiter nach hinten. Die letzten Januartage endeten im Grunde wie die Ersten, mild und trocken, so dass die Schneedecke rasch verschwand und die Böden auftauten. Die ersten Vorfrühlingsblüher kamen zum Vorschein. An den Sträuchern und Obstbäumen fing das Knospenschwellen an.

Mit Ausnahme seiner ersten Tage, zeigte sich der **Februar** recht kalt und so trüb wie noch nie seit Beginn der flächendeckenden Aufzeichnungen. Vielerorts waren die Böden entweder wassergesättigt oder lagen unter einer geschlossenen Schneedecke. Landwirtschaftliche Arbeiten waren kaum möglich. Nur in schneefreien Gebieten konnte der Bodenfrost örtlich bis zu 20 cm tief in den Boden eindringen und für eine gute Frostgare sorgen. Wo genug Schnee lag wurden die Kulturen gut vor den kalten Temperaturen geschützt. In einigen Regionen lockerte sich zum Monatsende die Vegetationsruhe und vereinzelt konnten erste Gülleausbringungen und Düngerabgaben erfolgen.

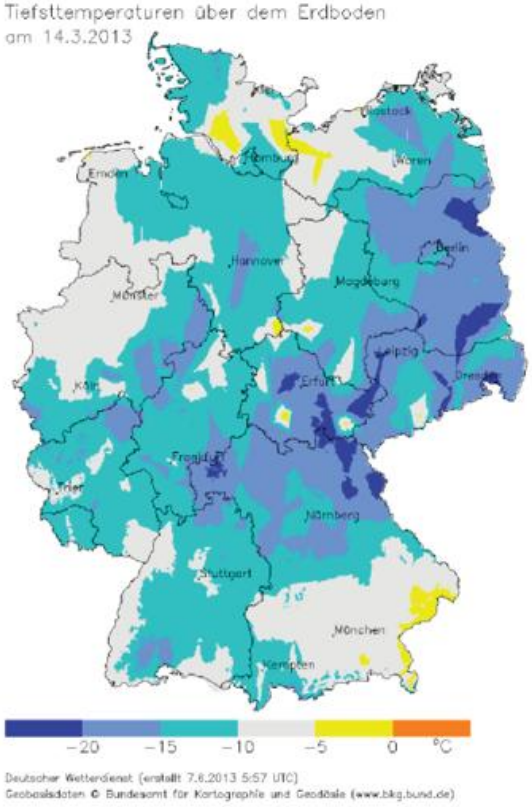


Abb. 1: Tiefsttemperatur über dem Erdboden am 14.03.2013

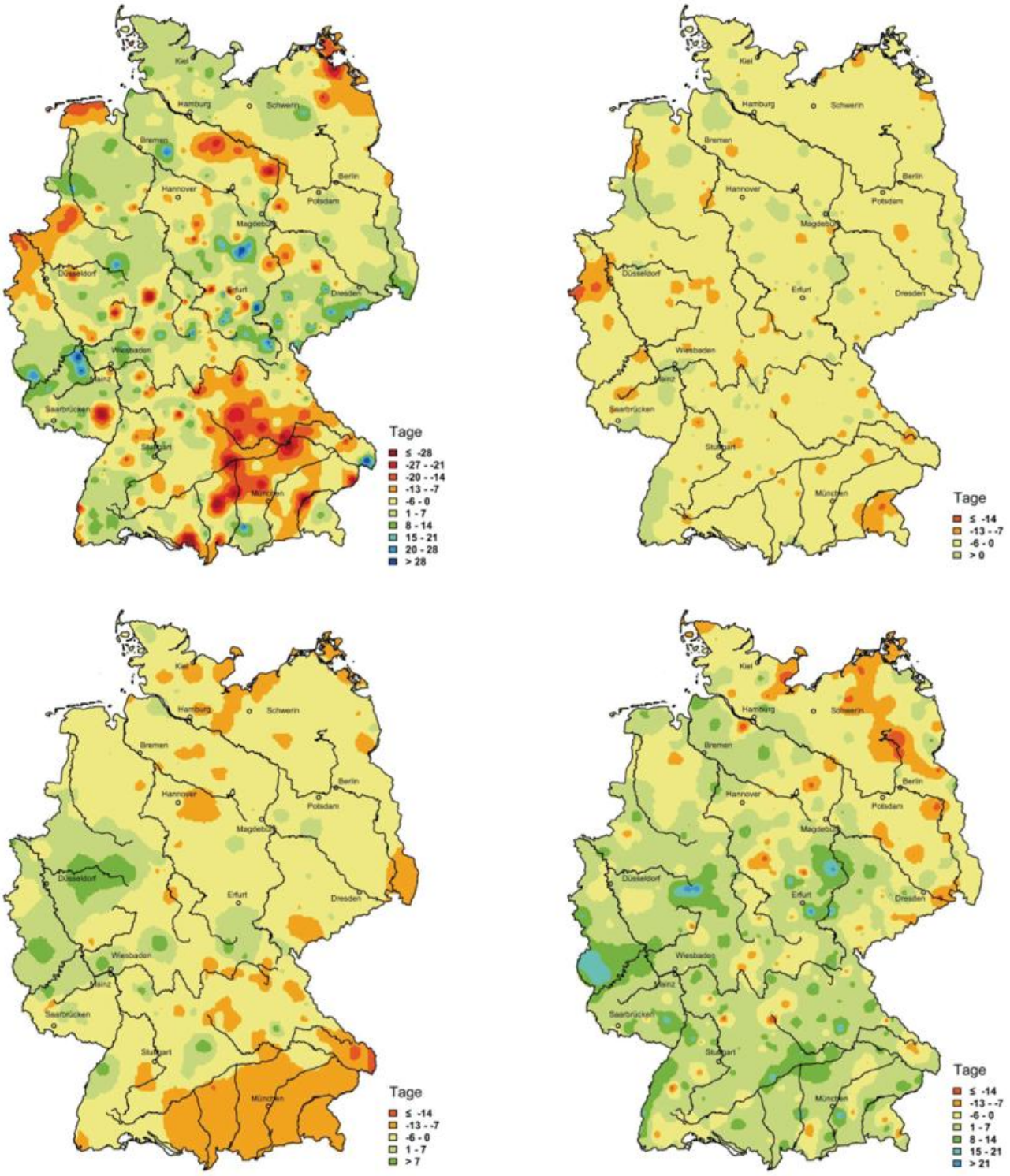


Abb. 2: Abweichung der Schneeglöckchen- (oben links) und Apfelblüte (oben rechts) vom vieljährigen Mittel, Abweichumg der Eintrittsdaten für das Ährenschieben vom Winterroggen (unten links) und der Fruchtreife der Rosskastanie (unten rechts) vom vieljährigen Mittel

Zunächst startete der **März** recht mild. Die begonnene Schneeglöckchenblüte (Abb. 2) setzte sich fort und vereinzelt blühten weiterhin Erle, danach Huflattich. Es folgte ein starker Wintereinbruch um den 10. März, der bis zum Monatsende das Wetter bestimmte und einen kalten Ostwind sowie Schnee brachte (Abb. 1). Die Folge war eine geschlossene, teilweise sehr langlebige Schneedecke. Abgesehen von wenigen Tagen zum Monatsanfang herrschte Vegetationsruhe im gesamten Bundesgebiet. Zum Monatsende lag die Vegetation aufgrund der winterlichen Bedingungen etwa 3 bis 4 Wochen zurück. In Regionen ohne Schnee konnte zeitweise Gülle und Dünger ausgebracht werden. In anderen Gebieten schützte die Schneedecke die Kulturen vor den kalten Temperaturen und damit vor Auswinterungsschäden. An frühblühenden Obstgehölzen wurden trotzdem teilweise Frostschäden im Bereich der Blütenknospen beobachtet. Durch den kräftigen Ostwind traten Blattverluste und -schädigungen beim Winterraps und Wintergetreide auf. Die Böden waren größtenteils mit Wasser bis zur Sättigung aufgefüllt. Landwirtschaftliche Arbeiten waren besonders aufgrund dieser hohen Bodenfeuchte nur eingeschränkt möglich.

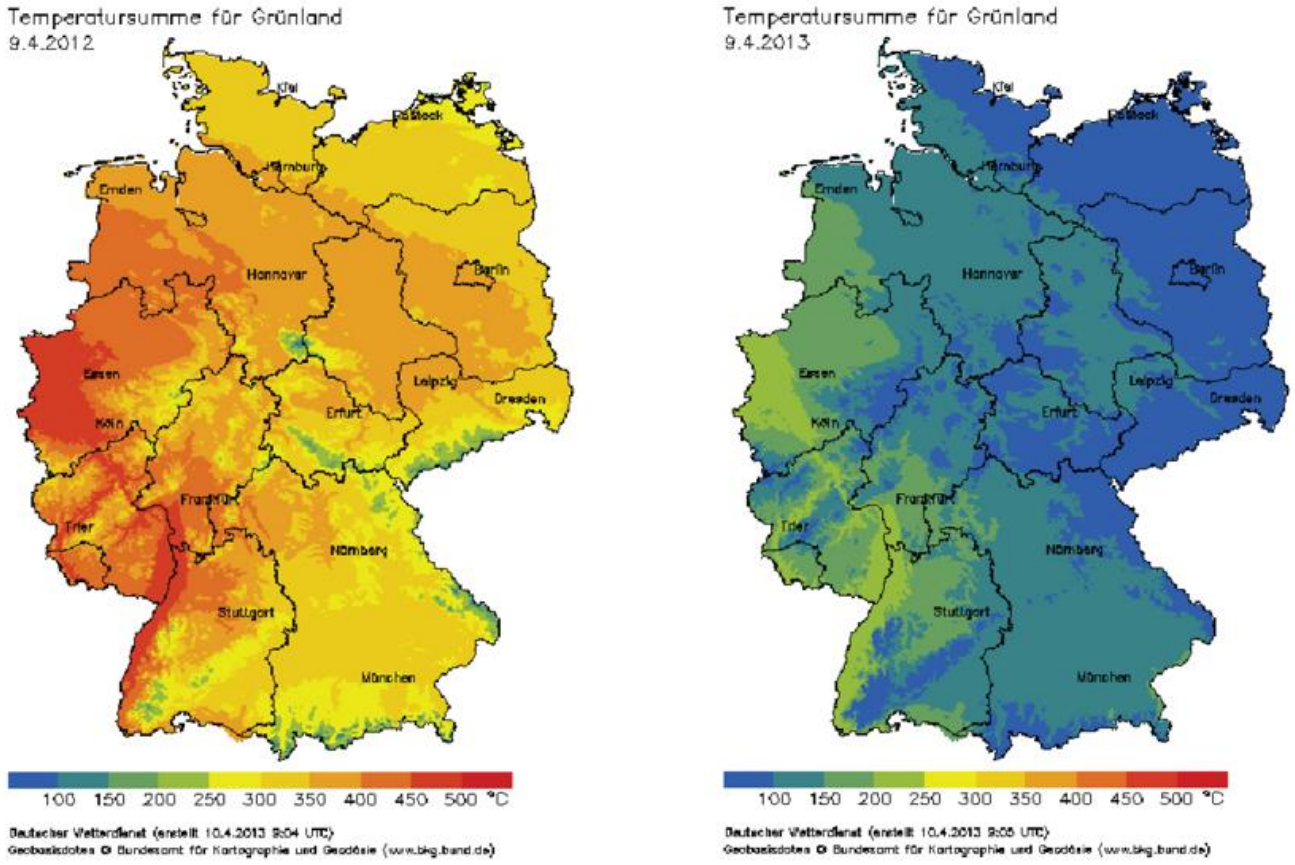


Abb. 3: Temperatursumme für Grünland am 09.04.2012 und 09.04.2013

Die Abb. 3 zeigt einen Vergleich der Temperatursumme für Grünland am 9. April der Jahre 2012 und 2013. Während 2013 die 200°C Marke, die für den Zeitpunkt des Ergrünens steht, nur vereinzelt im Südwesten Deutschlands erreicht war, war diese im Vorjahr schon nahezu flächendeckend überschritten.

Der **April** begann wie der März endete – mit einer kalten Ostströmung und Schneedecke, die erst in der 2. Monatsdekade taute. Danach lenkten Tiefdruckgebiete deutlich mildere und feuchtere Luft nach Deutschland. Mit einer Kaltfrontpassage vom 26. bis 27. April gab es zum Monatsende einen erneuten Kälterückfall mit Aprilwetter. Insgesamt war der April aber normal temperiert und die Sonnenscheindauer lag knapp unter dem langjährigen Mittel. Der April fiel vor allem durch Trockenheit auf (Abb. 6). Während dies anfangs noch günstig war, da nach dem Auftauen der Schneedecke und Abtrocknen der Böden endlich mit den landwirtschaftlichen Arbeiten begonnen werden konnte, war die Oberkrume in der letzten Monatsdekade recht trocken. Insgesamt führten die ansteigenden Temperaturen und leichten Niederschläge zu guten Keim- und Auflaufbedingungen der Frühjahrssaaten wie Sommergetreide, Kartoffeln, Hafer und Zuckerrüben. Die trockenen und sonnigen Phasen wurden immer länger, so dass bei den Landwirten ebenfalls die Ausbringung von Gülle, Grünlandpflege- sowie Pflanzenschutzmaßnahmen möglich waren. Somit hat die Vegetation ab dem 13. und 14. April einen kräftigen Wachstumsschub vollbracht, der den Rückstand zum Monatsende auf 1 bis 2 Wochen verkürzte. Damit einhergehend kam es allerdings auch zu einem erhöhten Aufkommen von Rapsschädlingen.

In der 1. Monatshälfte zeigte sich der **Mai** mit einigen freundlichen und warmen Abschnitten noch von seiner guten Seite. Es folgten Tiefdruckgebiete mit reichlich Niederschlag im Gepäck. Insbesondere in der 2. Monatshälfte gab es ergiebigen Dauerregen und starke Schauer (Abb. 4). Selten war ein Mai in Deutschland so regenreich. Zudem war das Land meteorologisch zweigeteilt: in eine kältere und sonnenscheinarme Westhälfte sowie eine warme Osthälfte mit deutlich mehr Sonnenscheinstunden. Während zu Monatsbeginn die landwirtschaftlichen Pflanzenschutzmaßnahmen noch weitgehend planmäßig verliefen, konnten die Arbeiten aufgrund der nachfolgenden intensiven Regenfälle nicht weiter durchgeführt werden. Die Befahrbarkeit des Bodens war stark eingeschränkt, zum Teil unmöglich. Entweder waren die Böden vollständig mit Wasser gesättigt oder übersättigt. Durch diese extreme Bodenfeuchte, stehendes Wasser auf den Feldern und Überschwemmungen kam es zu ersten landwirtschaftlichen Schäden: Fäulnisbefall und Pilzkrankheiten bei Erdbeeren, Spargel, Kartoffeln, Mais sowie Wassererosion auf den Feldern. Gleichzeitig machte der kräftige Wind der Landwirtschaft zu schaffen. Dadurch gingen Getreidebestände wie Roggen und Gerste ins Lager. Trockenes und warmes Wetter für den ersten Grünland- bzw. Silageschnitt fehlte fast gänzlich. Der Rückstand der Vegetationsentwicklung betrug zum Monatsende und damit zu Beginn des Sommers noch 5 bis 10 Tage.

Die seit Ende Mai anhaltenden extremen Dauerniederschläge setzten sich in den ersten **Juni**tagen fort (Abb. 4). Vor allem in Ost- und Süddeutschland kam es in Flussnähe zu Überflutungen durch Hochwasser an Elbe und Donau. Es folgte eine kurze, aber sehr intensive Hitzewelle vom 16. bis 20. Juni, die zum kalendarischen Sommeranfang am 21. Juni durch eine markante Kaltfront mit Gewittern verdrängt wurde. Die Temperaturen lagen insgesamt leicht über den Normalwerten, die Sonnenscheindauer war ausgeglichen. Deutschlandweit war es ein schwieriger Monat für die Landwirtschaft. Die unbeständige Witterung ließ Pilzinfektionen und die Aktivität tierischer Schaderreger ansteigen. Die nur sehr kurzen, trockenen Zeitfenster wurden für die Bekämpfung genutzt. Regionsbezogen konnten diese Tage auch für Silageschnitt und teilweise für Heuwerbung genutzt werden. Fast im gesamten Monat war aber die Feldbefahrbarkeit in den vom Hochwasser betroffenen Gebieten und auch außerhalb nicht möglich oder stark eingeschränkt. Die Bestände erlitten durch Starkregen, Hagelschlag und Sturmböen sowie stehendes Wasser erhebliche Schäden bis hin zum Totalausfall.

Nachdem der Juni buchstäblich ins Wasser gefallen war, bescherte der **Juli** ein sommerliches Traumwetter. Zum Anfang des Monats stellte sich die Wetterlage grundlegend um, es dominierte hoher Luftdruck. Der brachte außergewöhnlich viel Sonnenschein. Die Temperaturen waren in den beiden ersten Monatsdritteln angenehm. Zu diesem Zeitpunkt war die Wasserversorgung im Boden noch ausreichend. Danach herrschte große Trockenheit bei zunehmender Hitze und Schwüle (Abb. 4). Örtlich traten kräftige Gewitter mit Hagel und Regengüssen auf. Deutschlandweit reichten die Juliniederschläge für die Landwirtschaft aber nicht aus. Die Niederschlagsarmut und die immer weiter zurückgehenden Bodenwasservorräte beeinträchtigten die Pflanzenwelt. Durch die trockene Witterung stieg die Brandgefahr in der Land- und Forstwirtschaft deutlich an. Raps und Getreide in der Kornfüllungsphase litten zunehmend unter Trockenheit. Die Getreideabreife vollzog sich aber umso schneller. Sowohl der anschließende Mähdrusch als auch die Heuwerbung konnten bei besten meteorologischen Bedingungen durchgeführt werden. Kartoffel und Mais hatten ebenfalls mit Wassermangel zu kämpfen, während Zuckerrüben noch am besten zurechtkamen. Die Kulturen wurden somit beregnet – besonders im Obst- und Gemüsebau. Aufgrund der langen Trockenheit war allgemein der Infektionsdruck gering.

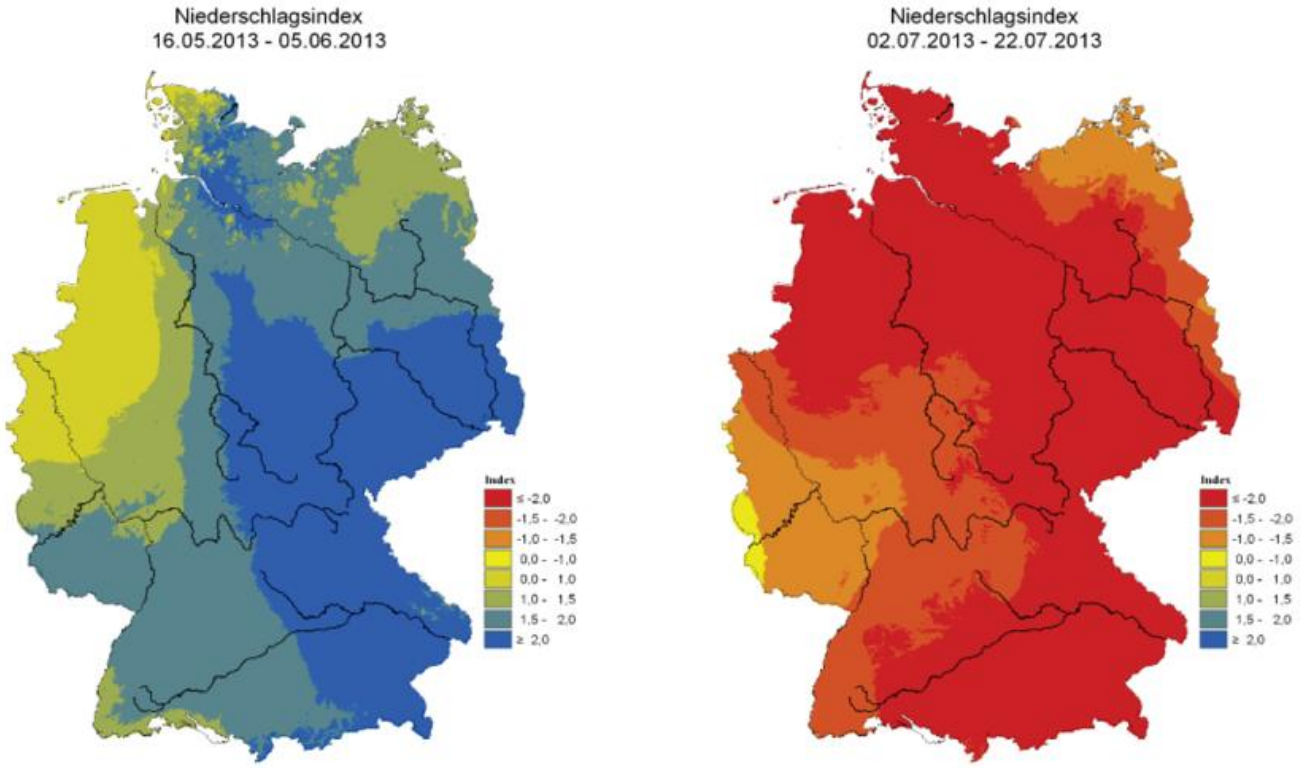


Abb. 4: Niederschlagsindex (SPI) vom 16.05.-05.06.2013 und 02.07.-22.07.2013

SPI-Klassen:
<= -2.0: extrem zu trocken
-1.5 bis -2.0: deutlich zu trocken
-1.0 bis -1.5: mäßig zu trocken
0.0 bis -1.0: fast normal (etwas zu trocken)
0.0 bis 1.0: fast normal (etwas zu feucht)
1.0 bis 1.5: mäßig zu feucht
1.5 bis 2.0: deutlich zu feucht
>= 2.0: extrem zu feucht

Die Abb. 4 zeigt zwei Karten des international gebräuchlichen Standardized Precipitation Index (SPI), der die Niederschlagsanomalie in statistischer Form beschreibt. Kenntlich gemacht ist die Niederschlagssituation für den extrem feuchten 21-Tage-Zeitraum 16. Mai bis 05. Juni und die gleichlange extrem trockene Periode 02. bis 22. Juli. Vergleichszeitraum sind die entsprechenden Tage der Jahre 1961 bis 1990.

Der **August** präsentierte sich anfangs sommerlich heiß und zum Ende hin eher herbstlich kühl. Trotz allem war es ein ganz typischer Sommermonat mit Hitzeperioden, die nur kurzzeitig von kühleren Abschnitten und Gewittern mit Starkregen sowie Hagelschlag unterbrochen wurden. Die Niederschläge fielen selten flächendeckend, so dass die Bodenfeuchtesituation regional unterschiedlich ausfiel. Es gab viele Regionen, wo Wasserstress herrschte und Beregnung notwendig war, aber auch Gebiete mit einem Überangebot an Bodenfeuchtigkeit. Da sich keine länger andauernden Regenperioden durchsetzten, liefen die Ernte und die anschließende Strohbergung auf Hochtouren. Nur ab und zu mussten die Mähdrescher aufgrund von Regenschauern mit teils unwetterartigem Charakter eine Pause einlegen. Zeit für Drusch und Silageschnitte gab es jedoch genug. Bis ungefähr zur Monatsmitte waren in vielen Regionen die Getreide- und Winterrapsernte weitgehend abgeschlossen, so dass nach der anschließenden Stoppelbearbeitung und Saatbettbereitung termingerecht mit der Neuaussaat des Winterrapses begonnen werden konnte. Aufgrund von größeren Regenmengen am Monatsende bestand nach der Rapsaussaat die Gefahr von Erosion und Verschlämmung. Landwirtschaftliche Tätigkeiten mussten oft unterbrochen werden.

Der **September** war anfangs und am Ende spätsommerlich schön, dazwischen kühl und nass. Nach einer kurzen Hitzeperiode leitete ein Temperatursturz abrupt den Herbst ein. Zwei Wochen dominierte eine kühle, unbeständige Wetterlage. Dann sorgten Hochdruckgebiete für teils sonniges, aber oft neblig-trübes Wetter. In der ersten Dekade konnten alle Feldarbeiten, wie noch ausstehende Rapsbestellung, Vorbereitung der Wintergetreideaussaat oder Grünlandschnitte, fortgesetzt werden. In Süddeutschland nutzten Landwirte die hohen Ver-

dunstungsraten für einen Heuschnitt. Die Böden waren zunächst recht trocken. Der folgende Niederschlag, der bereits zur Monatsmitte vielerorts das Soll überschritt, füllte die Böden auf und ließ die Bodenfeuchten ansteigen (Abb. 6). Die Befahrbarkeit verschlechtere sich nach und nach. Der viele Regen, kühle Temperaturen und wenig Sonne brachten im September eine vergleichsweise langsame Vegetationsentwicklung mit Ernteverzögerungen bei Silomais, Zuckerrüben, Kartoffeln und Apfel. Zuckerrüben profitierten noch am ehesten von der Nässe - mit überdurchschnittlicher Zunahme des Rübengewichts und verlustarmer Rodung. Beim Getreide geriet die Winteraussaat, insbesondere von Wintergerste, ins Stocken.

Nach freundlichem Start beherrschten Tiefdruckgebiete das Wetter im **Oktober**. Die häufigen Niederschläge ließen nur wenig Platz für sonnige Abschnitte. Ab der zweiten Monatshälfte floss zudem ungewöhnlich warme Luft nach Deutschland, so dass der Oktober deutlich zu mild, aber sehr nass und sonnenscheinarm ausfiel. Nebel oder Hochnebel gab es kaum. Stellenweise trat am Anfang und Ende des Monats Luft- und Bodenfrost auf. Am Monatsende tobte das schwere Orkantief „Christian", welches in der Land- und Forstwirtschaft erhebliche Schäden verursachte.

Wie bereits im September konnten zum Monatsbeginn die Ernte von Silomais, Zuckerrüben und Kartoffeln sowie die Bestellung der Winterungen meist zügig fortgesetzt werden. Erst durch die ergiebigen Regenfälle wurden die Bedingungen zunehmend ungünstiger (Abb. 6). Feldarbeiten mussten teilweise ruhen. Durch die ständigen wetterbedingten Unterbrechungen im vorherigen und aktuellen Monat zogen sich die Erntemaßnahmen generell bis weit in den Oktober hinein. Das termingerechte Ausbringen von Gülle auf Ackerland wurde erheblich erschwert. Etwas Positives hatte jedoch das viele Nass: die Bodenwasservorräte konnten gebietsweise gut aufgefüllt werden. Nachdem der bisherige Herbst die Nerven der Landwirte strapaziert hatte, normalisierte sich die Lage zum Monatsende. Vielerorts erfolgte aufgrund der milden, trockenen Witterung ein abschließender Grünlandschnitt. Auch die phänologische Entwicklung ging nun zügig voran. Die Blattverfärbung der Bäume und Sträucher nahm immer weiter zu. Zum Ende des Monats setzte bereits der Blattfall der Stieleiche, der die phänologische Jahreszeit des Winters einläutete, ein.

Abb. 5 zeigt die Bodenfeuchte in 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm in Prozent nutzbarer Feldkapazität (nFK) am 10.11.2013 in Deutschland. Bei Werten von nahezu

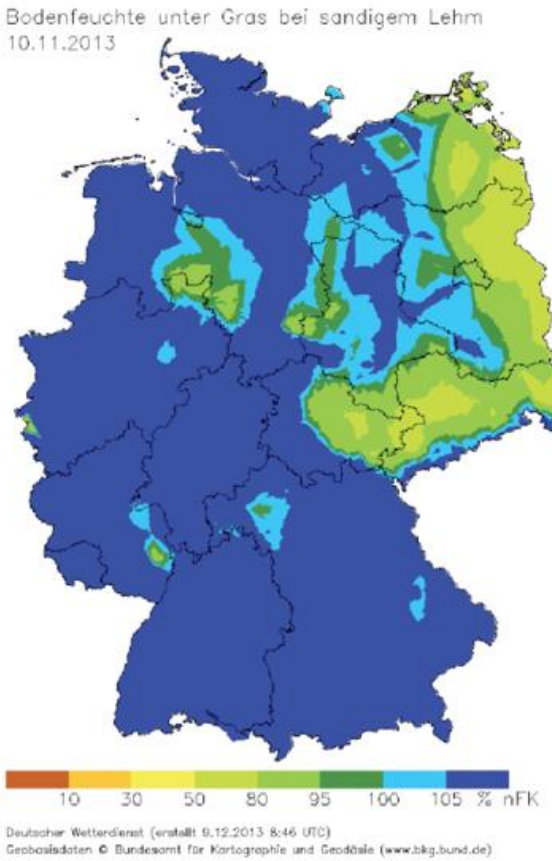


Abb. 5: Bodenfeuchte in 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm am 10.11.2013

flächendeckend > 100 %nFK waren die Böden überwiegend wassergesättigt.

Im **November** befand sich Mitteleuropa zunächst in einer westlichen Strömung. Die zahlreichen Tiefdruckgebiete führten milde Luftmassen heran und brachten reichliche Niederschläge. Im zweiten Monatsdrittel gelangte Deutschland vielfach unter Hochdruckeinfluss mit jahreszeitlich angepassten Temperaturniveau und viel Nebel oder Hochnebel. Im letzten Drittel wechselten sich mildere und kältere sowie trockene und nasse Tage einander ab. Insgesamt fiel der November wie der Oktober zu mild und zu nass und sonnenscheinarm aus. Die zu Monatsbeginn ungewöhnlich warme Witterung ließ so noch pflanzliche Entwicklungen zu. Häufige Niederschläge sorgten dafür, dass sich die Bodenwasservorräte weiter füllten (Abb. 6). Fast überall waren die Böden in einer Schicht von 0 bis 60 cm Tiefe unter Gras mit Wasser gesättigt oder sogar übersättigt (Abb. 5). Das behinderte auch die letzten Ernte- und Aussaatarbeiten. Im weiteren Monatsverlauf wurde es zunehmend kühler und zum Monatsende winterlich. Die niedrigeren Temperaturen beendeten somit jegliche Pflanzenvegetation. Vielerorts drang Frost durch die nicht vorhandene Schneedecke in die Böden ein. Damit wurden die Pflanzen allmählich abgehärtet. Eine erste Schneedecke gab es nur im südlichen Flachland. Der Blattfall schritt weiter voran und war bereits bis zur Monatsmitte weitgehend abgeschlossen. In der Pflanzenwelt stellte sich somit die Winterruhe ein.

Der **Dezember** fiel nicht nur sehr warm und sonnig aus, sondern auch recht trocken. Im Laufe des Monats bildeten sich immer wieder Tiefdruckgebiete über dem warmen Meerwasser des Nordatlantiks, die meist für einen Zustrom sehr milder Luft nach Deutschland sorgten. Der „Wärme"-Höhepunkt wurde an Heiligabend erreicht. Die Ursache dafür war Orkantief „Dirk", welches frühlingshafte Temperaturen und Sturm brachte. Schon Anfang Dezember hatte Orkantief „Xaver" Orkanböen an der Küste und eine Sturmflut in Hamburg ausgelöst. Schnee und leichte Nachtfröste traten allenfalls an ein paar Tagen in der 1. Monatshälfte auf, wobei die Böden nur oberflächlich gefroren. Es gab keine Auswinterungsschäden. Die Zwischenfrüchte konnten allerdings, aufgrund des fehlenden Frostes, nicht abfrieren. Trotz der milden Temperaturen und des oft windigem Wetters trockneten die Böden aber kaum ab, womit sie fast deutschlandweit wassergesättigt blieben (ausgenommen davon sind die östlichen Teile des Bundesgebiets). Phänologisch betrachtet, war zum Monatsbeginn überall die Vegetationsruhe eingekehrt. Aufgrund der milden Witterung lockerte sich diese zunehmend in der 2. Monatshälfte. Stellenweise blühten die ersten Haselsträucher. Die Zuckerrübenkampagne wurde fortgesetzt.

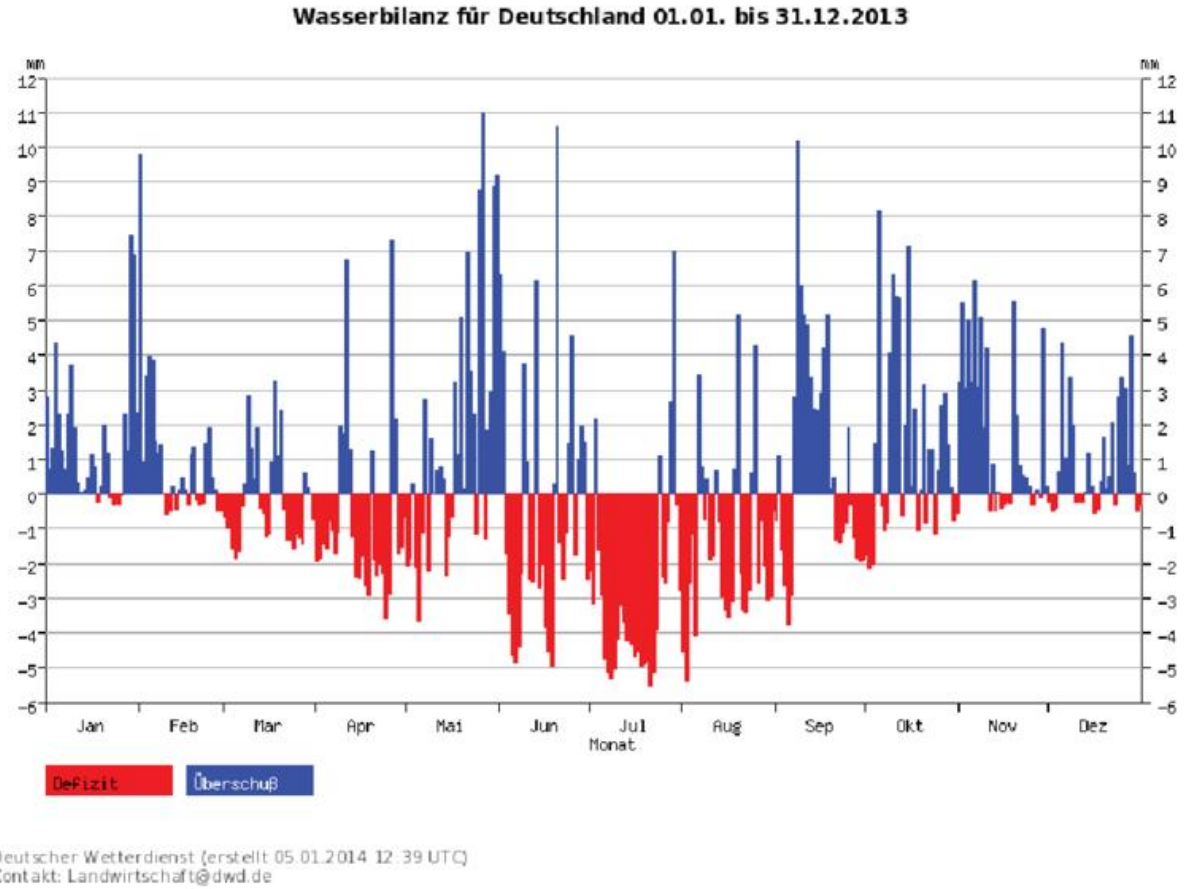


Abb. 6: Wasserbilanz für Deutschland vom 01.01.-31.12.2013

Bodenfeuchte und Mikroklima

Schlagzeile:
Nach einem milden Januar überraschte der März mit extrem hohen Bodenfrosteindringtiefen. Ende Mai, Anfang Juni, sorgten extreme Niederschläge, verbunden mit hohen Bodenfeuchten, vielerorts einerseits für Überschwemmungen, andererseits aber auch für günstige Voraussetzungen bei der Wasserversorgung der Winterfrüchte.

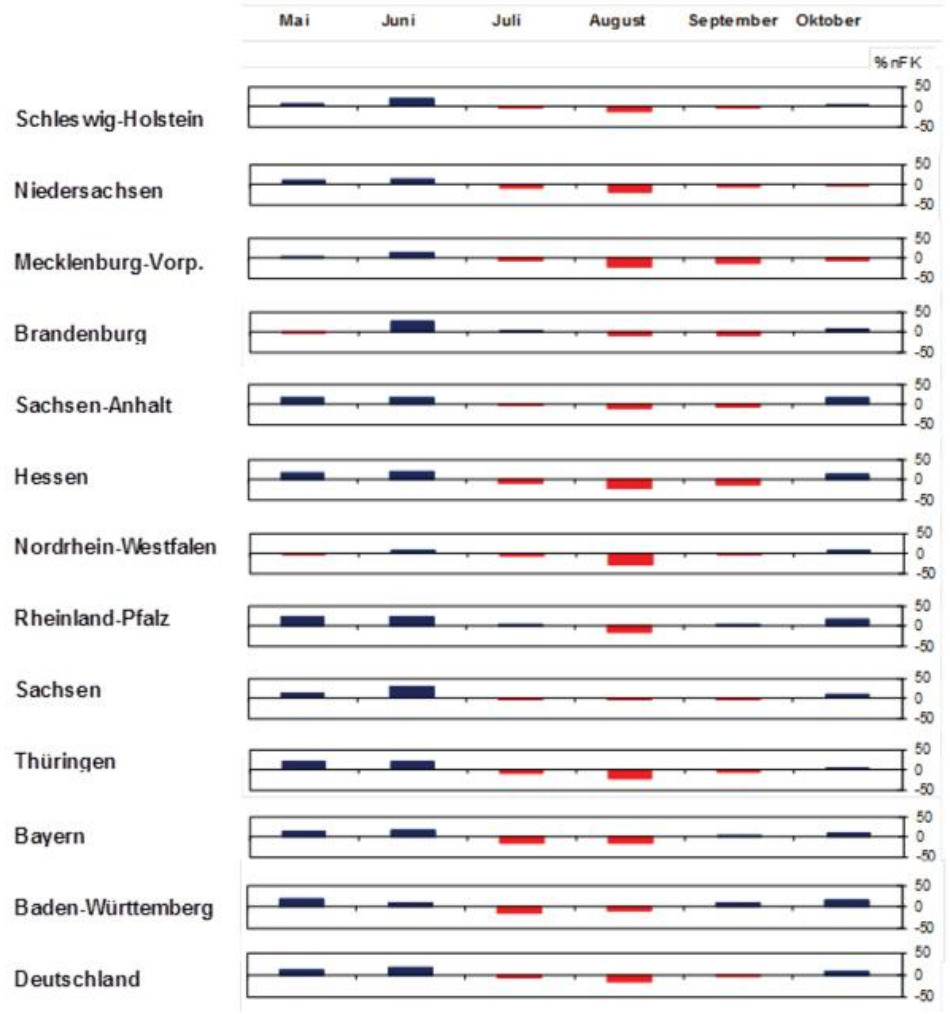


Abb. 7: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (%nFK) im Jahr 2013 vom langjährigen Mittelwert 1962 – 2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2013

Nachdem der Mai und Juni in den meisten Regionen deutlich höhere Bodenfeuchten aufwiesen als im langjährigen Mittel und vielerorts die Sättigungsgrenze der Feldkapazität erreichten bzw. überschritten, wurde dieser Überschuss nachfolgend deutlich reduziert. Der Juli zeigte schon eine deutliche Abnahme und der August wies nahezu in der gesamten Bundesrepublik ein deutliches Defizit bei der Bodenfeuchte vom langjährigen Mittelwert auf (Besonderheiten zur Bodenfeuchte siehe auch unter „Besondere Situation 2013“).

Mikroklima 2013

Nachdem die Landwirtschaft in den letzten Jahren vermehrt durch milde Winter und einen frühen Vegetationsbeginn überrascht wurde und diese Verhältnisse im Januar auch noch ähnlich begannen, stellten sich dann im Februar und erst recht im März extrem niedrige Bodentemperaturen ein, die dann zu hohen Bodenfrosteindringtiefen führten (siehe S.39). Die Sommermonate Juli und August zeigten sich, was insbesondere die Erntebedingungen angeht, von der positiven Seite. Markant waren die milden Monate Oktober bis Dezember mit deutlich nach oben abweichenden Bodentemperaturen und einer extremen Vegetationsentwicklung.

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2013

	Januar		Februar		März				April				Mai				Juni			
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	0,4	0,8	-1,1	0,1	-3,1	-5,1	112,9	-17,2	-0,3	-0,9	105,2	81,1	0,1	0,8	80,3	132,7	0,1	-0,2	93,1	114,0
Niedersachsen	0,4	0,3	-1,2	0,4	-3,4	-4,6	99,7	-11,2	-0,1	-0,5	104,5	63,1	-0,7	-0,1	76,2	130,2	0,2	-0,2	104,4	78,3
Mecklenburg-Vorp.	0,8	0,8	-0,5	0,2	-2,8	-5,0	109,7	-15,9	0,0	-0,4	106,3	73,5	0,6	0,8	87,9	112,1	0,8	-0,1	103,7	96,2
Brandenburg	0,8	0,8	-0,7	0,6	-3,3	-6,3	91,7	-8,2	-0,1	0,2	98,2	63,4	0,4	0,8	83,6	116,4	0,9	0,5	99,1	92,8
Sachsen-Anhalt	0,7	1,0	-0,9	0,8	-3,7	-5,9	87,1	-4,7	0,2	0,2	100,1	68,9	0,0	0,8	80,2	124,5	1,2	0,5	110,1	85,6
Hessen	0,9	1,1	-1,2	0,2	-3,3	-4,1	92,3	-6,0	-0,3	0,9	102,0	78,4	-1,5	-0,1	70,1	128,2	0,0	-0,3	101,6	76,7
Nordrhein-Westfalen	0,7	-0,3	-1,5	-0,7	-3,2	-4,0	97,5	-2,8	-0,1	-0,1	107,1	51,7	-1,4	-1,0	79,4	132,7	-0,2	-0,6	97,7	81,8
Rheinland-Pfalz	0,9	1,2	-1,4	-1,3	-2,6	-3,2	94,9	-4,1	-0,1	1,0	97,1	81,4	-1,8	-0,5	68,6	149,6	0,3	0,0	101,9	89,5
Sachsen	0,7	0,8	-0,8	-0,2	-3,5	-5,8	79,3	2,1	0,2	0,9	95,8	79,8	-0,4	0,8	73,0	126,5	0,6	0,3	94,9	103,0
Thüringen	1,2	0,9	-0,9	0,9	-3,8	-6,3	86,8	,9	0,0	0,6	97,3	68,3	-0,8	0,4	72,6	129,2	0,3	0,0	101,4	83,8
Bayern	1,0	3,0	-0,7	-0,1	-2,0	-2,1	98,5	-3,3	0,4	1,5	96,0	64,0	-1,3	0,4	73,0	119,2	-0,1	0,3	97,1	99,0
Baden-Württemberg	0,8	1,8	-1,3	-1,8	-2,2	-2,4	81,8	-1,4	-0,1	1,1	89,7	76,4	-1,9	-0,7	70,7	138,9	0,2	-0,1	100,3	93,6
Gesamt BRD	0,8	1,2	-1,0	-0,2	-2,9	-4,1	95,2	-6,2	0,0	0,4	99,3	70,3	-0,9	0,1	76,0	128,3	0,3	0,0	100,1	92,2

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	2,4	0,4	118,9	-3,5	1,1	0,1	106,1	-2,1	0,1	-0,1	85,0	8,9	1,7	1,5	106,5	1,3	1,1	0,9	2,7	3,2
Niedersachsen	2,7	0,4	121,1	-3,9	1,3	0,0	116,2	-3,5	0,0	0,2	87,6	2,9	1,6	1,6	112,4	2,8	0,9	0,8	2,5	3,1
Mecklenburg-Vorp.	2,5	1,1	118,2	-3,4	1,4	0,5	110,2	-2,7	-0,1	-0,3	91,6	6,0	1,6	1,5	108,4	5,8	1,2	1,3	2,6	3,3
Brandenburg	2,7	1,0	116,5	-3,1	1,2	0,6	105,9	-1,6	-0,4	-0,2	82,0	7,8	1,6	1,2	104,7	9,4	1,1	1,2	2,4	3,5
Sachsen-Anhalt	3,3	1,4	124,3	-3,1	1,5	0,7	113,1	-1,7	0,0	0,6	83,6	4,7	1,8	2,0	102,6	16,1	1,1	1,1	2,5	3,6
Hessen	3,0	1,0	126,2	-3,3	1,1	-0,2	112,4	-2,5	0,0	0,3	93,0	4,4	1,4	1,5	101,3	10,8	0,4	0,4	2,0	2,7
Nordrhein-Westfalen	2,4	0,4	117,4	-3,2	1,1	-0,5	114,7	-2,8	0,1	-0,2	95,5	2,2	1,5	1,4	114,4	1,9	0,2	0,2	2,1	2,3
Rheinland-Pfalz	3,0	2,0	124,6	-2,9	1,2	0,3	110,6	-2,0	0,3	0,2	92,5	10,3	1,8	2,0	97,3	9,7	0,5	0,7	1,8	2,3
Sachsen	3,2	1,1	121,8	-4,0	1,4	0,4	108,9	-1,7	-0,3	-0,2	80,7	7,0	1,4	0,8	112,5	4,0	0,8	0,8	2,0	3,8
Thüringen	2,9	1,0	121,7	-3,5	1,1	0,4	111,0	-2,7	-0,3	0,3	88,5	6,4	1,1	1,5	101,9	10,8	0,5	0,7	2,2	3,8
Bayern	3,0	1,0	129,3	-4,9	1,1	0,0	109,5	-1,7	-0,1	0,5	90,7	9,3	1,1	1,0	104,4	5,0	0,8	1,2	1,1	3,0
Baden-Württemberg	2,7	1,2	124,2	-3,7	0,9	-0,2	106,6	-0,9	0,2	0,5	93,4	9,8	1,5	1,5	99,8	9,3	0,3	0,7	0,8	1,5
Deutschland	2,8	1,0	122,4	-3,7	1,2	0,1	110,2	-2,1	0,0	0,2	89,4	6,8	1,5	1,4	105,4	6,4	0,7	0,8	1,9	2,9

Legende:
A = Bodentemperatur unbewachsener Boden 5 cm (rot = zu warm, blau = zu kalt)
B = Minimumtemperatur in Bodennähe für unbewachsenen Boden (rot = zu warm, blau = zu kalt)
C = Penman-Verdunstung, Abw.in % (rot = zu hohe Verdunstung, blau = zu geringe)
D = Benetzungszeiten, Abw. in % (rot = rel. geringe Benetzungszeiten, blau = relativ hohe)
E = Krumenbodenfeuchte, %nFK (rot = relativ trocken, blau = relativ feucht)
F = Kornfeuchte (%, 19 Uhr) (rot = relativ gering, blau = relativ hoch)

Tab. 1: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2013.
Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2013 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman-Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Besondere Situation 2013

Das Jahr 2013 wies mit extremen Bodenfrosteindringtiefen im März und extremen Bodenfeuchten Ende Mai zwei markante außergewöhnliche Situationen auf

Extrem hohe Bodenfrosteindringtiefen

Der deutlich zu kühle März 2013 zeigt seine Auswirkungen auf das Bodenklima. Dieses wird unter anderem deutlich bei den Bodenfrosteindringtiefen. Während in vielen Jahren der März für die Bestellung von Sommergetreide oder Rüben genutzt wird, war dieses in 2013 in vielen Regionen ausgeschlossen. Die Abb. 8 zeigt die Extremwerte der Bodenfrosteindringtiefen als Mittel der letzten Märzwoche. Dabei wird deutlich, dass in vielen Teilen Deutschlands seit 1962 noch nie für diesen Zeitraum so hohe Frosteindringtiefen erreicht wurden. Nur dort, wo eine schützende Schneedecke vorhanden war wie im Nordosten Deutschlands, wurden in der Regel keine Extremwerte ermittelt. Die Abb. 9 zeigt die berechneten tatsächlichen Bodenfrosteindringtiefen für denselben Zeitraum. Für Landwirte, die ihre Frühkartoffeln vor dem Kälteeinbruch bereits gepflanzt hatten, allerdings mit Folie oder mit bis zu dreifacher Folie, war die Situation Ende März alles andere als entspannt. Nach der Frostperiode hatten jedoch erstaunlich viele Kartoffeln die Phase überstanden. Allerdings machten sich diese Bedingungen später in Form von extrem vielen kleinen Kartoffeln bemerkbar, die kaum zu vermarkten waren.

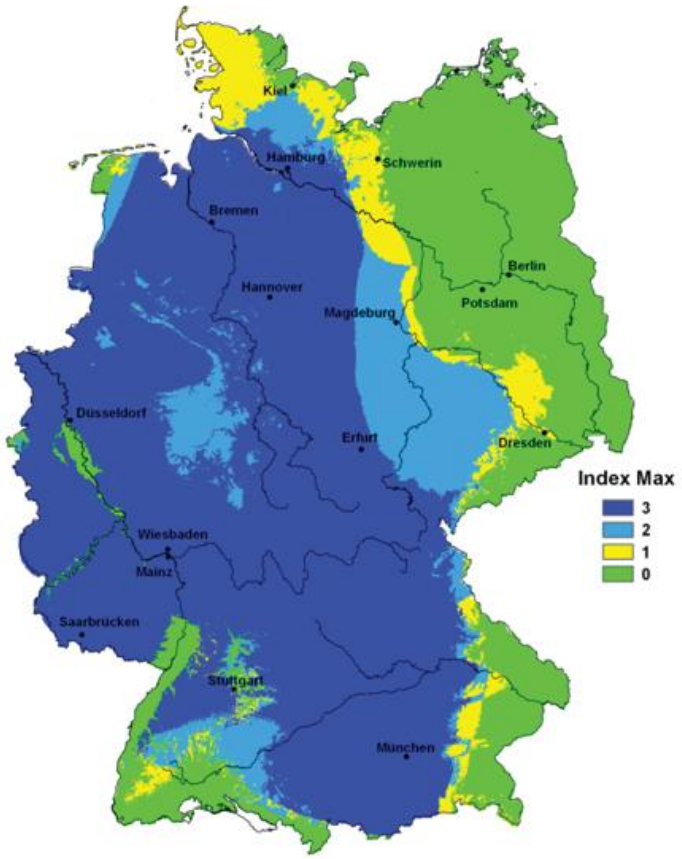


Abb. 8: Extremwerte der Frosteindringtiefen am 25.03.2013

3 – der höchste Frosteindringtiefe wird überschritten – neues absolutes Maximum
2 – die zweithöchste Frosteindringtiefe wird überschritten
1 – die dritthöchste Frosteindringtiefe wird überschritten
0 – kein Maximum überschritten
Für jeden Rasterpunkt werden für den betrachteten Tag aus dem Zeitraum 1961 bis zum letzten Jahr die drei höchsten Frosteindringtiefen bestimmt. Für denselben Tag im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen einer der drei Maxima überschritten wird.

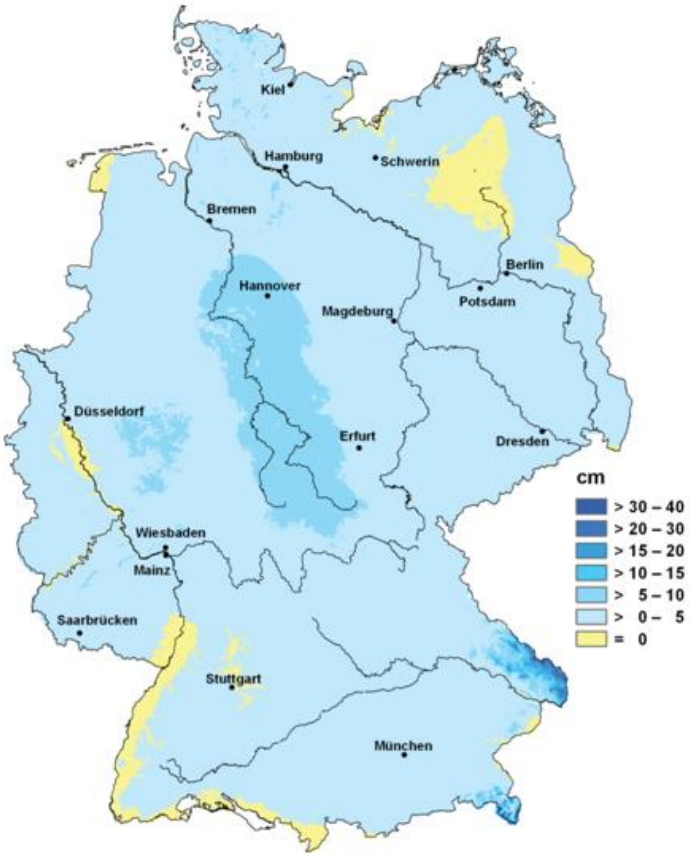


Abb. 9: Berechnete Frosteindringtiefen am 25.03.2013

Extrem hohe Bodenfeuchten

Nach zahlreichen Frühjahrsdürren in den vergangenen Jahren lagen 2013 Ende Mai die Bodenfeuchten nahe oder über der Feldkapazität.

Böden, die 2012 mit einer extremen Frühjahrstrockenheit zu tun hatten, wiesen 2013 exakt das Gegenteil auf. Auf mehr als 40 % der Fläche der Bundesrepublik hatten sich schon vor dem Hochwasser so hohe Bodenfeuchten eingestellt, wie sie bisher seit 1962 noch nicht beobachtet wurden. Auf ca. 30 % der Fläche hat es solche Werte erst einmal gegeben. Die Abb. 10 zeigt die Bedingungen am Beispiel von Flächen mit Wintergetreide auf leichten Standorten. Während im Mittel die Bodenfeuchten Ende Mai in Deutschland ca. 60 % nutzbarer Feldkapazität aufweisen, lagen sie 2013 zu diesem Zeitpunkt bei 95 %. Der überwiegende Teil der landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland war bezogen auf die Feldkapazität übersättigt, d.h. es trat Sickerwasser auf und die Flächen waren nicht befahrbar. Ausnahmen gab es im Wesentlichen im äußersten Osten und Westen des Landes. Während unter mittleren Bedingungen zu dieser Jahreszeit kaum Sickerwasser auftritt und die Beregnungslandwirte normalerweise schon die zweite Beregnung durchführen, wurden 2013 bis Ende Mai mittlere Sickerwasserbewegungen berechnet, die in der Größenordnung einer Beregnungsgabe von ca. 30 mm lagen. Dabei waren selbstverständlich große räumliche Unterschiede vorhanden.

Auch wenn es lokal und in speziellen Kulturen zu Problemen kam, waren die negativen Folgen auf Ertrag und Qualität nicht so gravierend wie längere Trockenheitsperioden.

Aber die Feldarbeiten, insbesondere die Erntearbeiten im Spargel oder die Bestellarbeiten in den Sonderkulturen aber auch die Herbizidbehandlungen in den Hackfrüchten, wurden stark behindert.

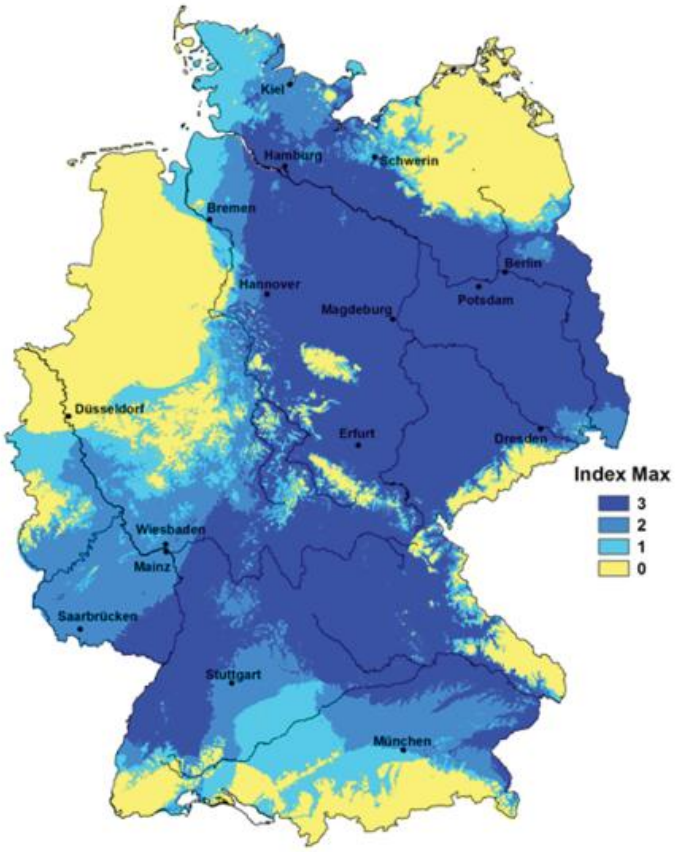


Abb. 10: Extremwerte der Bodenfeuchte am 31.05.2013

3 – der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten – neues absolutes Minimum
2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
0 – kein Minima unterschritten

Wetter und Wein 2013

Auch wenn noch einige Trauben am Stock hängen: Das Weinjahr ist so gut wie gelaufen. Daher wollen wir zum Abschluss der Vegetationsperiode einen Rückblick auf 2013 bringen.

Das Jahr begann aus meteorologischer Sicht mit einem Fehlstart. Nach einem milden Jahresbeginn erfolgte Mitte Januar der erste „Dämpfer": Ab dem 14. **Januar** herrschte fast zwei Wochen lang Dauerfrost mit nächtlichen Tiefstwerten unter -7°C. Zwar gab es zum Monatsende mit Höchstwerten bis 14°C einen Hauch von Frühling, doch auch das blieb nur eine Episode. Denn die beiden Folgemonate fielen mit Wärmedefiziten von -1,4 K (**Februar**) und -3,6 K (**März**) deutlich zu kühl aus. Die Reben verharrten lange im Winterschlaf.

Im durchwachsenen **April** stand etlichen zu kühlen Phasen auch eine erste frühsommerliche Periode gegenüber, in der mehrmals an der 25-Grad-Marke gekratzt wurde. Die rasche Erwärmung schlug sich bei den Reben in einer rasanten Entwicklung vom „Beginn des Knospenschwellens" bis zum Austrieb nieder. Am Referenzweinberg des Weinbauamts Eltville im Eltviller Sonnenberg wurde der Austrieb für den Riesling am 29. April, drei Tage nach dem langjährigen Mittel beobachtet.

Leider ging die Entwicklung nicht so zügig weiter. Ein deutlich zu kalter und zu nasser **Mai**, in dem die Nachttemperaturen am Monatsende bis auf 2,5°C zurückgingen – in ungünstigen Lagen bestand erhöhte Frostgefahr – verzögerte die Rebentwicklung stark. Insgesamt war der Mai alles andere als ein „Wonnemonat". Die Sonne schien ungewöhnlich selten, dafür übertraf der Regen mit einer Monatssumme von mehr als 90 Litern Regen auf den Quadratmeter das Soll fast um das Doppelte – mit einem erhöhten Befallsdruck durch die Peronospora als unangenehme Folge.

Etwas besser wurde es im **Juni**, der zwar – wie zuvor alle Monate seit Februar – erneut zu kühl ausfiel, aber auch die erste Hitzewelle des Jahres brachte: Vom 17. bis 19. Juni lagen die Mittagstemperaturen über 35°C. Rekordhalter wurde Hochheim mit einem Spitzenwert von 37°C, doch auch diesmal folgte die „kalte Dusche" auf dem Fuß. Schauerwetter und ein Temperatursturz um fast 20°C zum Monatsende wirkten sich negativ auf die

Rebblüte aus. Waren zuvor die Spitzenlagen zügig durch die Blüte gekommen, traf die Abkühlung nun die etwas späteren, guten bis mittleren Lagen mit voller Wucht. Die kühle und feuchte Witterung führte zu einem schleppenden Blühverlauf und es kam zu Rieselschäden. Diese sind zwar bis zu einem gewissen Grade erwünscht, fielen in diesem Jahr aber vielfach zu stark aus – was sich vier Monate später bei der Lese schmerzlich bemerkbar machen sollte. Der Riesling im Eltviller Sonnenberg blühte am 20. Juni – und damit eine knappe Woche später als im Durchschnitt der letzten 30 Jahre.

Beim Ertragspotenzial konnte auch der erste „echte" Sommermonat nichts mehr retten, bei den qualitativen Erwartungen schon eher. Denn mit wenig Regen, reichlich Sonnenschein und einem deutlichen Wärmeüberschuss nahm die Rebentwicklung im **Juli** wieder an Fahrt auf. Bei heißen Tagen und milden Nächten war die Blüte bis zum 10. Juli auch in den Randlagen beendet. Dennoch: Die wechselhafte Witterung führte dazu, dass sich die Blüte im Rheingau in diesem Jahr über fast vier Wochen hinzog.

Dank der nassen Vormonate Mai und Juni hatte sich bis Anfang Juli ein Regenüberschuss von mehr als 50 mm aufgebaut. Dieser Wasservorrat sollte sich im trockenheißen Juli als Segen erweisen. Vom 4. bis 27. Juli fiel kein Tropfen Regen, und das bei hochsommerlichen Temperaturen über 30°C und potenziellen täglichen Verdunstungsraten zwischen 6 und 8 mm. Der hohe Wasserverbrauch führte zum Monatsende auf leichten Böden zu ersten Wasserstresssymptomen.
Mit einer Monatsmitteltemperatur von 21,8°C wurde der Juli 2013 zum 5.-wärmsten Juli seit Beginn der Geisenheimer Wetteraufzeichnungen im Jahr 1885. Wärmer waren 2006, 1994, 1995 und 1983. Allein acht heiße Tage (Max. ≥ 30°C) mit Spitzenwerten bis 37,5°C am 29. sorgten für nachhaltigen Hitzestress, führten aber auch zu einer beschleunigten Rebentwicklung. Bis Monatsende konnten die Reben einen beträchtlichen Teil des Vegetationsrückstandes aufholen. Anfang **August** standen die Anlagen trotz andauernder Hitze meist gut da. Sonnenbrand war überraschend nur vereinzelt zu sehen. Beim Frühburgunder setzte bereits die Verfärbung ein.

Nach sehr heißem Start verliefen der August und nachfolgend auch der **September** hinsichtlich Temperatur und Niederschlägen weitgehend normal. Reifebeginn für den Riesling war im Referenzweinberg am 24. August, vier Tage später als im Durchschnitt der letzten 30 Jahre, aber elf Tage hinter dem Durchschnitt von 2001 bis 2010. Aufgrund des weiterhin normalen Temperaturverlaufes nahmen die Mostgewichte kontinuierlich zu. Am 14.10. lag das Mostgewicht im Durchschnitt von 26 gemessenen Standorten beim Riesling bei stolzen 86° Oechsle – allerdings auch bei nicht minder „stolzen" Säurewerten.

War die Qualität also durchaus zufriedenstellend, konnte das nicht für die Menge gelten. Nachdem schon das schlechte Blütewetter die Ertragserwartungen gedämpft hatte, taten häufige Niederschläge und hohe Luftfeuchte im **Oktober** ein Übriges: Obwohl viele Anlagen bis dahin noch weitgehend gesund gewesen waren und bei einer zu frühen Lese im September Qualitätspotenzial verschenkt wurde, setzte die Fäulnis nun schlagartig ein. Die Trauben mussten in sehr kurzer Zeit eingebracht werden und das ungewöhnlich warme Spätsommerwetter der letzten Oktobertage konnte nicht mehr genutzt werden. Wer zu lange wartete, riskierte einen weiteren Rückgang der Erntemenge. Bis 20. Oktober waren 90 bis 95 % der Ernte eingebracht.

Ertragsmäßig rechnete das Weinbauamt Eltville insgesamt mit einer unterdurchschnittlichen Ernte – bei großer Spannbreite. Was jedoch positiv auffiel: Selten wurden Betriebe für qualitätssteigernde Maßnahmen so belohnt, wie in diesem Jahr. Investitionen in gut durchlüftete Laubwände, termingerechten Pflanzenschutz, Traubenteilen und moderate Bodenpflege erhielten die Trauben wesentlich länger gesund und führten zu einer beachtlichen Qualitätssteigerung. In diesen Lagen konnte die Ernte noch hinausgezögert werden – mit der Chance auf höchste Qualitäten in einem schwierigen Jahr, in dem die Entwicklung spät begann und dann aber im Herbst durch ungünstige Witterung ein rasches Ende nahm.

Den Verlauf des Jahres 2013 hinsichtlich der Mitteltemperaturen im Vergleich zu den letzten 30 Jahren, der Verteilung der Niederschläge und die Termine für Austrieb, Blüte, Reife und Lese zeigt die Abb. 11.

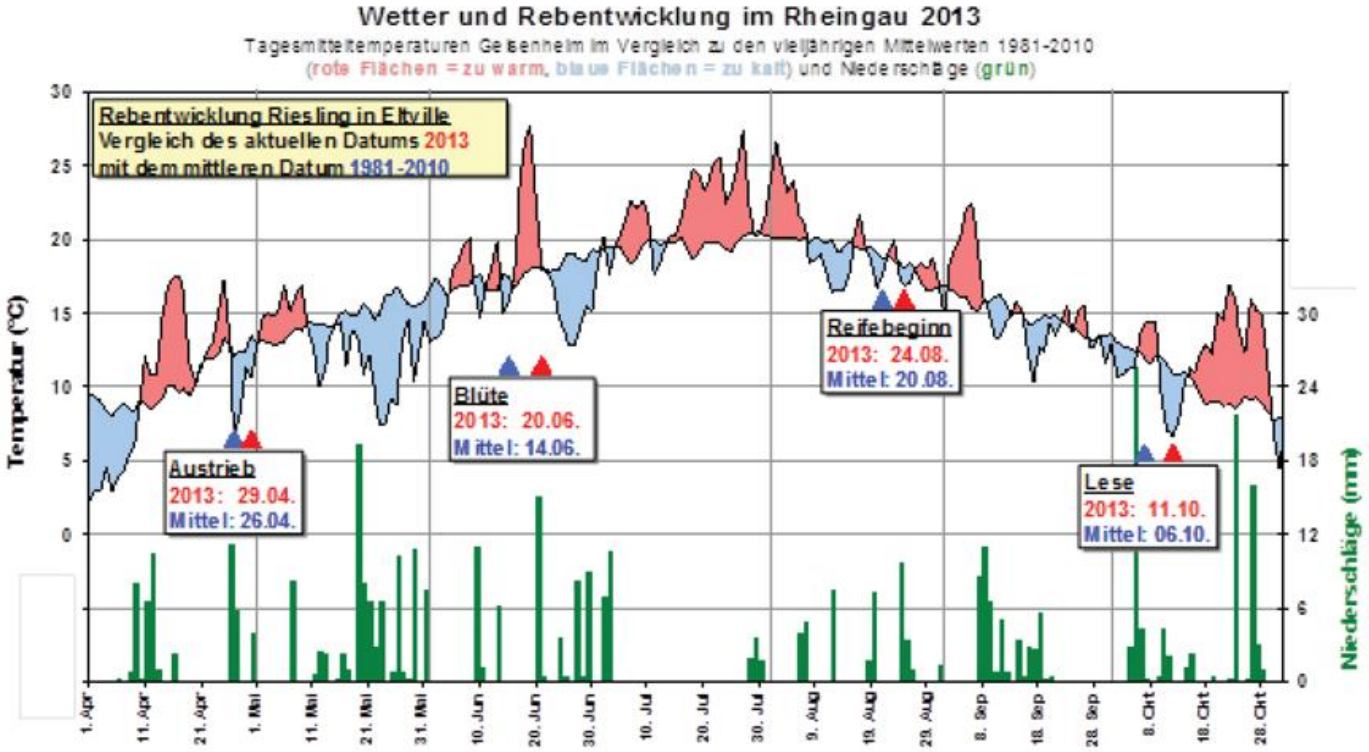


Abb. 11: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2013

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann, H. Nitsche

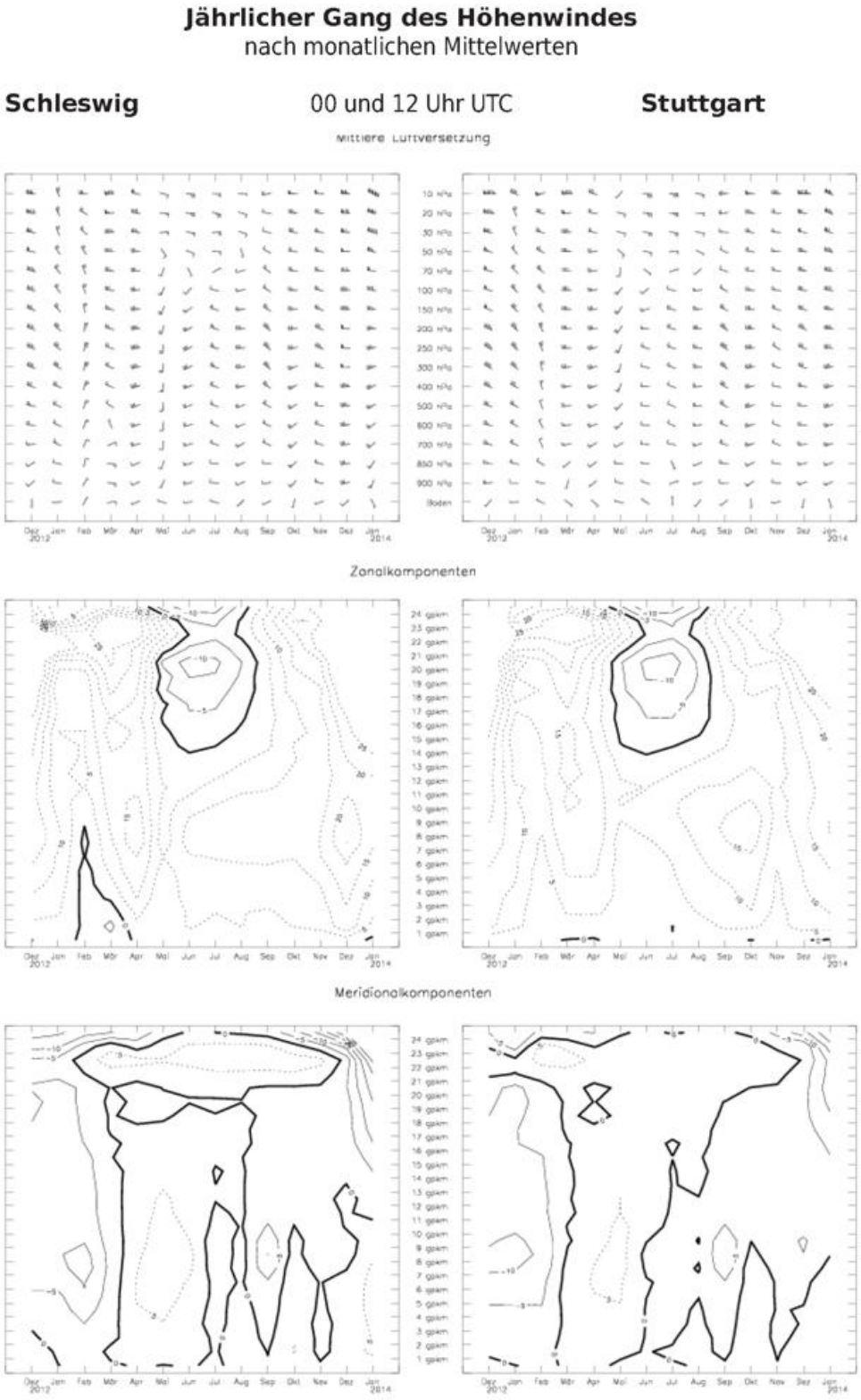
Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2013 dargestellt.

Dabei zeigen Schleswig und Stuttgart wieder sehr ähnliche Strömungsmuster. Im Januar herrschte in der Troposphäre im Mittel an beiden Stationen die für diesen Monat typische Nordwestströmung vor. Im Februar drehte die Strömung mit der Höhe sowohl über Schleswig als auch über Stuttgart auf Nord. Mit dieser meridional geprägten Strömung gelangte hochreichend Kaltluft nach Deutschland, die für einen markanten Temperaturrückgang sorgte. Während sich im März in den unteren Troposphärenschichten über Schleswig eine Ostströmung ausbildete, konnte über Stuttgart eine Anströmung aus südlichen Richtungen beobachtet werden. An beiden Stationen drehte der Wind mit der Höhe auf West bis Nordwest, womit die Strömung einen zonalen Charakter erhielt. Im April waren, wie schon 2012, überwiegend Südwestlagen wetterbestimmend, was auch durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart verdeutlicht wird. Im Mai herrschte über beiden Stationen eine troposphärische Strömung aus Südwest bis Süd vor, wobei bodennah im Mittel eine nordwestliche Anströmung beobachtet wurde. Ab Juni stellte sich über Deutschland eine Westdrift ein, die bis zum Jahresende stabil blieb. Dabei ist in Abb. 1 deutlich zu erkennen, dass Juli und September von Nordwestlagen dominiert wurden, während im August und Oktober Südwestlagen wetterbestimmend waren. Bodennah herrschten in diesen Monaten in Schleswig auch westliche Winde vor, während in Stuttgart die bodennahe Strömung von Monat zu Monat variierte.

In der Stratosphäre dominierte im Januar und Februar über beiden Stationen eine Nordwest- bis Nordströmung. Im März drehte die Strömung auf West und blieb bis Ende April stabil. Im Mai bildete sich sowohl über Schleswig als auch über Stuttgart in der oberen Stratosphäre eine Ostströmung aus. Diese Ostwindzirkulation blieb bis Ende August stabil. Dies verdeutlicht auch sehr gut die Zonalkomponentendarstellung in Abb. 1. Ab September herrschte über ganz Deutschland wieder eine stratosphärische Westströmung vor.



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten.
Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.
Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1kn=0,514m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2013

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1989 bis 2013.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über allen Stationen Ende April/Anfang Mai ein und blieb bis Ende August/Anfang September beständig.

In 30 hPa setzte die Ostzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, Ende April ein und blieb bis zur letzten Augustdekade stabil. Damit war die Ostwindperiode 2013 ähnlich lang wie im Vorjahr.

In 50 hPa begann die sommerliche Zirkulation an den 10 ausgewählten Radiosondenstationen Anfang bis Mitte Mai und endete an den meisten Stationen gegen Ende der ersten Augusthälfte. Nur über den Stationen in Bayern und Baden-Württemberg blieb die Ostwindzirkulation bis Ende August stabil.

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	119	244	126
	50	128*	222	95*
GREIFSWALD (WEWA)	20	119	243	125
	50	132	223	92
BERGEN (BW)	20	120	244	125
	50	134*	222	89*
LINDENBERG (OBS)	20	120	237*	118*
	50	133	223	91*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	120	238*	119*
	50	135*	221*	87*
MEININGEN (WEWA)	20	120	235*	116*
	50	128*	222	95*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	120	237*	118*
	50	126*	222	97*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	122	237*	116*
	50	126*	238*	113*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	125*	240*	116*
	50	127*	238*	112
OBERSCHLEISSHEIM	20	123*	238*	116*
	50	126*	237*	112*

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2013 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

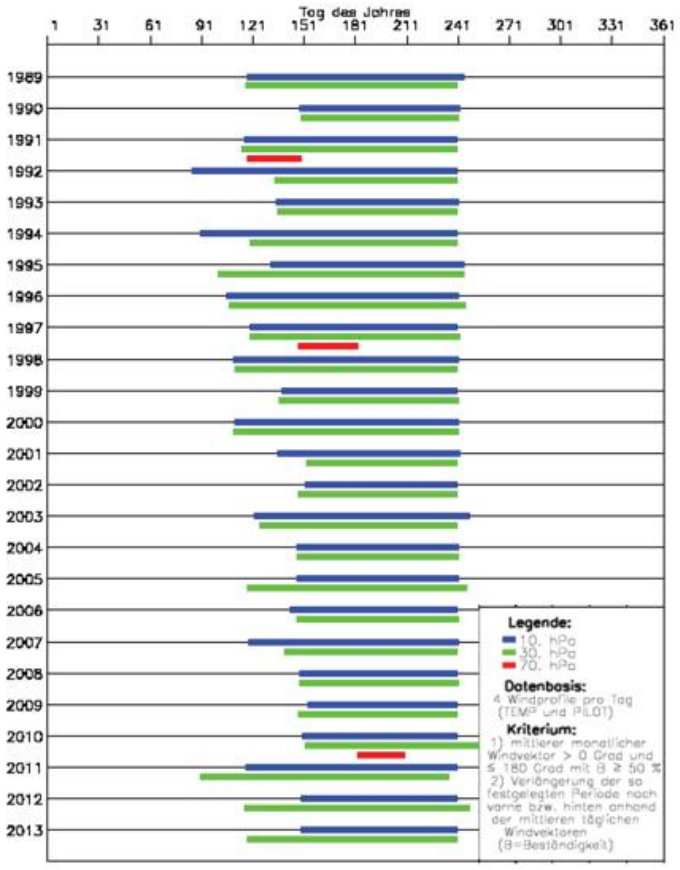


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1989-2013

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2013 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1973. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten. Für die mittlere Troposphäre zeigen die Diagramme für den Frühling und Herbst 2013 keine Auffälligkeiten. Im Sommerdiagramm ist wieder eine größere positive Temperaturabweichung, bedingt durch dominierenden Hochdruckeinfluss, erkennbar.

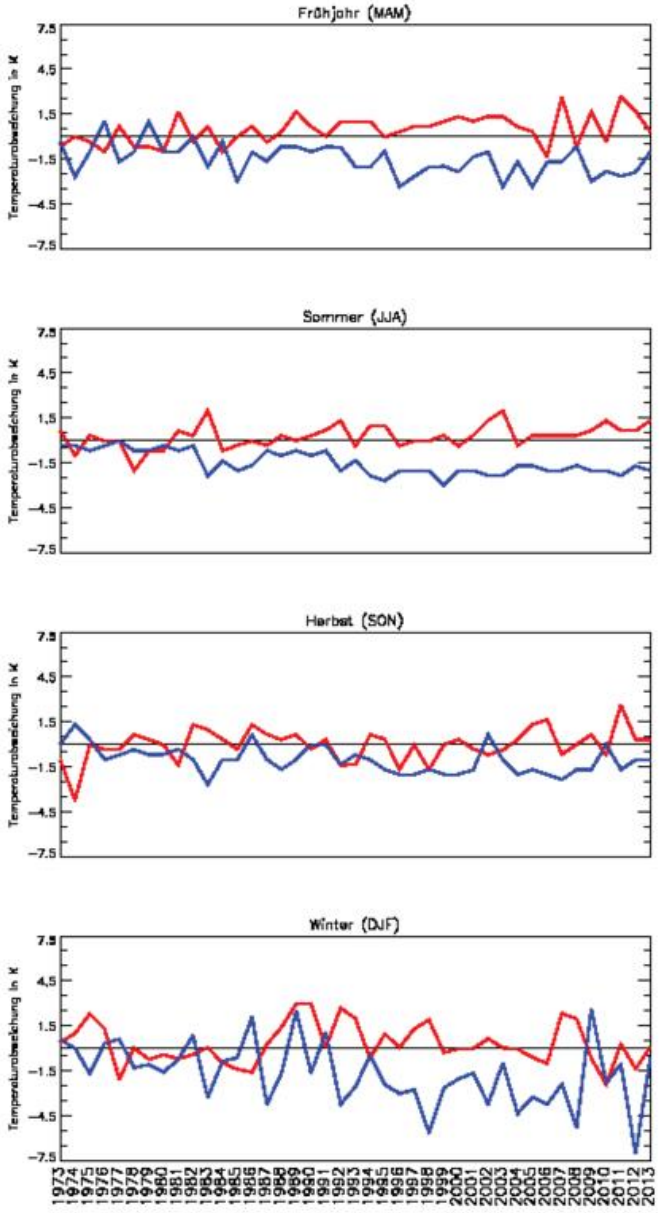


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2013 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Für die Stratosphäre zeigt das Winterdiagramm einen interessanten Kurvenverlauf. Nach einer stark negativen stratosphärischen Temperaturanomalie im Winter 2011/2012 bewegten sich die Temperaturen im Winter 2012/2013 wieder im Normalbereich. Ursache für diesen Temperaturanstieg war eine Anfang Januar einsetzende plötzliche Stratosphärenerwärmung. Diese war besonders stark ausgeprägt zwischen dem 65. und 90. nördlichen Breitengrad (NOAA Center for Weather and Climate Prediction). Nachdem die Stratosphäre seit Beginn der 1990er Jahre im Winter durchgängig zu kalt war wechseln sich seit 2009 wieder zu warme und zu kalte Winter ab.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2013 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Sehr deutlich ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause zu erkennen. Unterhalb der Tropopause verhielt sich der Temperaturgradient an beiden Stationen jahreszeitengemäß.

Temperaturminima in der Stratosphäre

Temperaturminima in der Stratosphäre von -80°C und darunter wurden in Tab. 2 eingetragen. Anfang des Jahres wurden nur über Schleswig und Greifswald Temperaturen zwischen -80°C und -83°C gemessen. Ursache für die relativ warme Stratosphäre im Januar war die bereits im vorherigen Abschnitt erwähnte plötzliche Stratosphärenerwärmung.

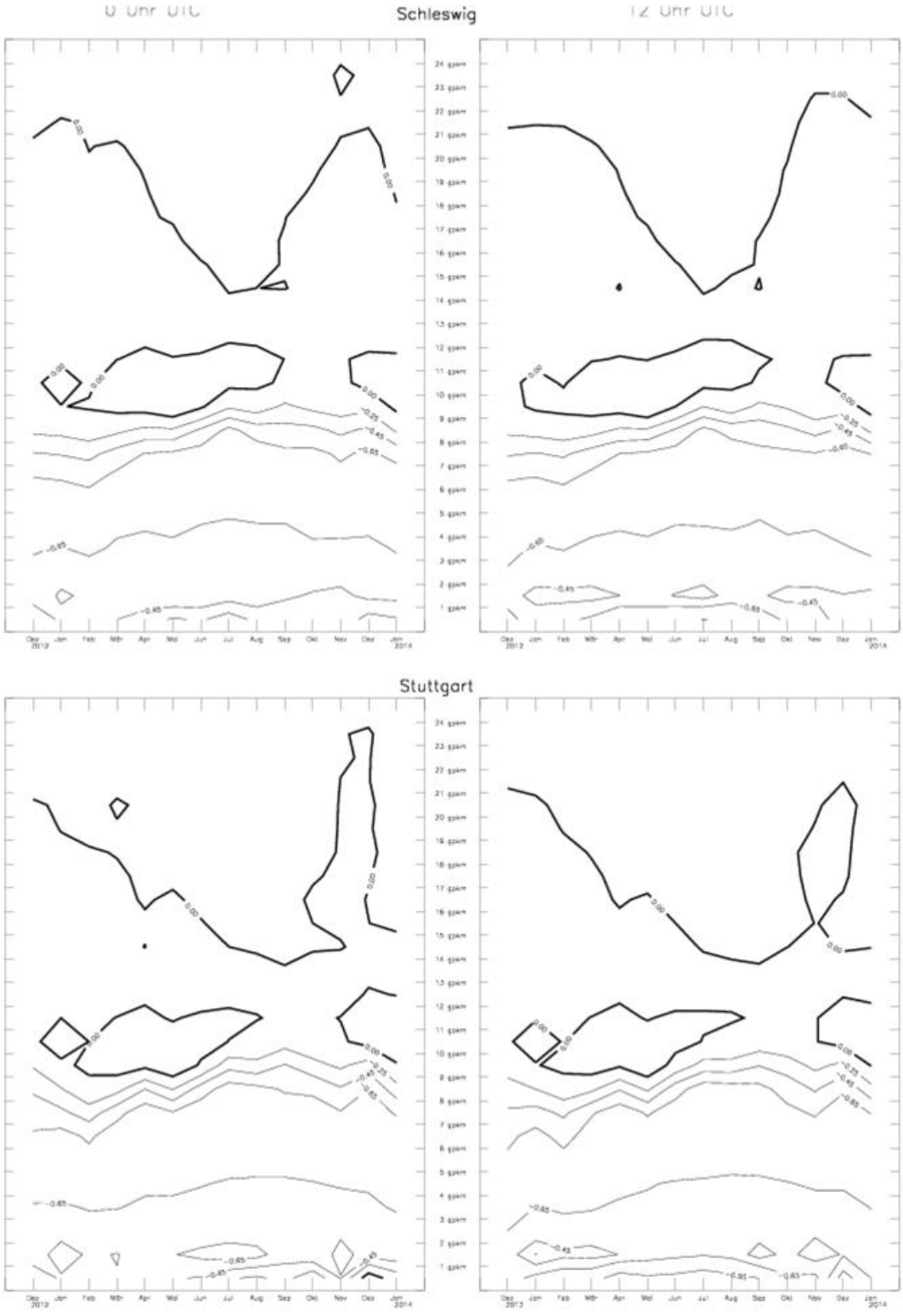
Anfang Dezember wurden nur in Schleswig in einer Höhe von etwa 26 km Temperaturen von -80°C registriert.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
SCHLESWIG (WEWA)	Jan	1	12	-80	25065
	Jan	2	0	-81	26221
	Dez	5	12	-80	26029
GREIFSWALD (WEWA)	Jan	1	12	-83	25680
	Jan	2	0	-80	27332

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2013

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten 2013



Negative Werte entsprechen einer Abnahme, positive Werte entsprechen einer Zunahme der Temperatur mit der Höhe (Angabe in K/100m)

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2013

Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, U. Köhler, H. Claude

Aus Sicht der Ozonschicht war 2013 ein durchaus „normales" Jahr. Nach zwei Jahren mit niedrigen Gesamtozonwerten (2011, 2012) lag das Jahresmittel der Ozonsäule am Hohenpeißenberg im Jahr 2013 im Bereich des langjährigen Mittels (dunkle blaue Linie in Abb. 1). Dies ist leicht oberhalb dessen, was zurzeit für die Ozonsäule zu erwarten ist (rote und grüne Kurve in Abb. 1). Ähnliches gilt nicht nur für Hohenpeißenberg, sondern auch für die weltweit gemittelte Ozonsäule.
Die insgesamt überraschend große Ähnlichkeit zwischen den Kurven der weltweit gemittelten Ozonsäule und den Werten am Hohenpeißenberg in Abb. 1 liegt daran, dass beide von den gleichen Faktoren beeinflusst werden. Das sind vor allem die Entwicklung der Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKWs) und damit des stratosphärischen Chlorgehalts, der 11-jährige Zyklus der Sonnenaktivität, und großräumige meteorologische Schwankungen wie die Ausprägung des winterlichen arktischen Polarwirbels, Stratosphärenerwärmungen und die Zirkulation der Nordhemisphäre.

Diese Einflüsse sind an Stationen in mittleren nördlichen Breiten, z.B. am Hohenpeißenberg, besonders gut zu beobachten. Natürlich gibt es immer wieder Jahre (z.B. 2011, 2012), die diese Regel nicht erfüllen.

Abb. 2 zeigt den Jahresverlauf der Ozonsäule am Hohenpeißenberg 2013, anhand von Monatsmitteln und im Vergleich zu den beiden Vorjahren. Auch hier lagen fast über das gesamte Jahr die Monatsmittel im „normalen" Bereich, nahe am Median der langjährigen Verteilung. Lediglich im Februar und im November 2013 wurden „dickere" Ozonsäulen verzeichnet, vor allem meteorologisch bedingt durch häufige Tiefdrucklagen in diesen Monaten.

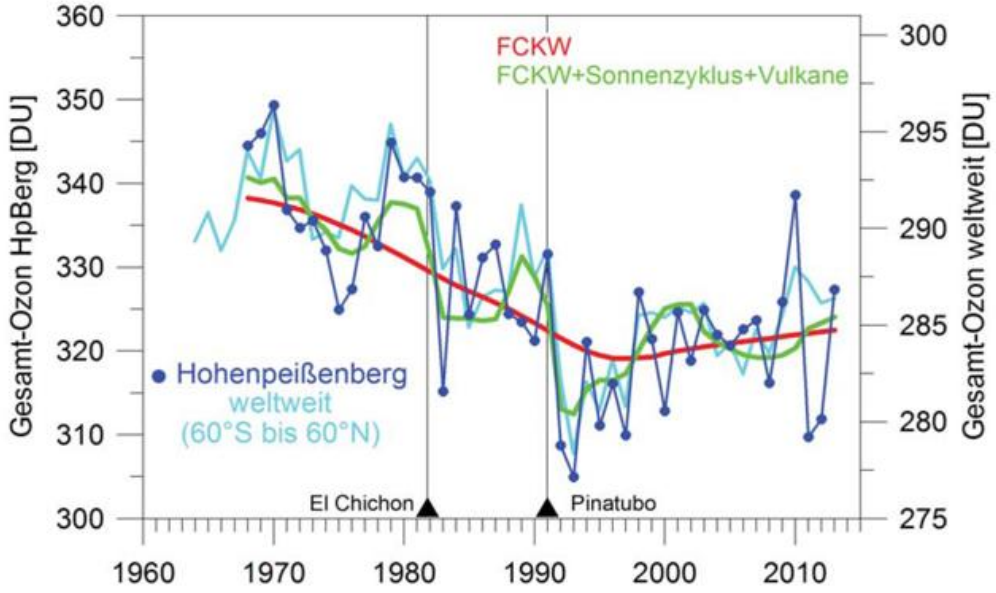


Abb.1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus den Spektrometer-Messungen am Hohenpeißenberg (dunkelblau). Zum Vergleich ist auch die von 60°S bis 60°N gemittelte Ozonsäule aus weltweiten Daten von Satelliten und Bodenstationen gezeigt (hellblau). Die rote Linie zeigt den langfristigen Ozonabbau durch FCKWs, sowie die beginnende Erholung. Bei der grünen Linie sind zusätzlich noch Ozonschwankungen durch Vulkanaerosol und durch den 11-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität dargestellt.

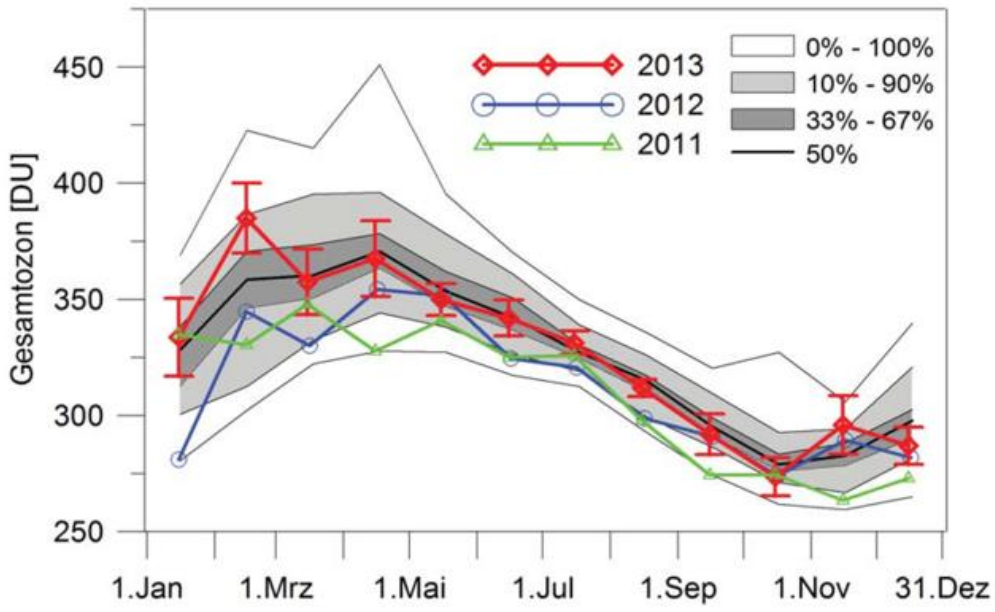


Abb. 2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2013, 2012 und 2011. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

Die Entwicklung der Ozonwerte in verschiedenen Höhen ist in Abb. 3 dargestellt. Ausgewählt wurden drei Höhen, die typisch sind für unterschiedliche Schichten der Atmosphäre: 5 km Höhe für die freie Troposphäre; 20 km Höhe für die untere Stratosphäre, wo die Ozondichte am höchsten ist und wo der größte Beitrag zur Ozonsäule herstammt; sowie 40 km Höhe für die obere Stratosphäre, wo photochemisch das meiste Ozon erzeugt wird und wo die Ozonschicht besonders empfindlich auf Chlor aus FCKWs reagiert (außerhalb der polaren Stratosphäre).
Wie Abb. 3 zeigt, waren auch in den verschiedenen Höhenschichten die Ozonwerte im Jahr 2013 unauffällig und lagen im Bereich der letzten Jahre. Daneben zeigt Abb. 3 die langjährige Entwicklung:

- Die troposphärischen Ozonwerte (z.B. in 5 km Höhe) haben von Ende der 1960er Jahre bis Ende der 1980er Jahre erheblich zugenommen. Seit Anfang der 1990er Jahre schwankt das troposphärische Ozon um ein konstantes Niveau. Diese Ozon-Entwicklung ist konsistent mit der der starken Zunahme der Emissionen von Ozonvorläufer-Substanzen (Kohlenwasserstoffe und Stickoxide) bis in die späten 1980er Jahre. Seither sind die Emissionen vor allem in Europa und Nordamerika stark zurückgegangen (Auto-Katalysatoren, Entstickung der Kraftwerke, Niedergang der Ostblock-Industrie). In anderen Weltgegenden nehmen die Emissionen aber zu. Die langfristige Entwicklung des stratosphärischen Ozons beeinflusst die Entwicklung in der Troposphäre natürlich auch.

- Deutlich erkennbar ist die Abnahme des Ozons in der unteren Stratosphäre (z.B. 20 km) durch zunehmende FCKWs bis in die späten 1990er Jahre – ähnlich wie bei der Gesamtozonsäule (Abb. 1). Seitdem hat sich das stratosphärische Ozon auf niedrigem Niveau stabilisiert, vielleicht mit ersten Anzeichen einer beginnenden Erholung. Da der Rückgang der Chlorbelastung sehr viel langsamer ablaufen wird, als die starke frühere FCKW Zunahme, wird mit einer wirklichen Erholung des Ozons in der unteren Stratosphäre erst in 20 bis 40 Jahren gerechnet. Die sich abzeichnende Klimaerwärmung spielt dabei ebenfalls eine Rolle, da sie die globalen Ozontransporte verändern wird, was vor allem in der unteren Stratosphäre eine Rolle spielt.

- Die obere Stratosphäre (40 km) ist die Quellregion für das stratosphärische Ozon. Hier wird photochemisch das meiste Ozon gebildet und die Ozonwerte zeigen eine sehr ausgeprägte Abnahme bis in die späten 1990er Jahre. Diese ist verursacht durch den stark zunehmenden Chlorgehalt. Seither ist vor allem am Hohenpeißenberg eine deutliche Erholung des Ozons in diesen großen Höhen zu beobachten. Neben dem Chlorrückgang ist die Zunahme der Ozonwerte in den letzten Jahre begünstigt durch die deutliche Abkühlung der oberen Stratosphäre insgesamt (ca. -1°C pro 10 Jahre). Diese wird verursacht durch zunehmendes CO_2, das die Wärmeabstrahlung von der Troposphäre in die Stratosphäre verringert. Zusätzlich strahlt in der Stratosphäre mehr CO_2 auch mehr Energie ins Weltall ab. Die stratosphärische Abkühlung verlangsamt in diesen Höhen den normalen chemischen Ozonabbau und führt zu höheren Ozonwerten.

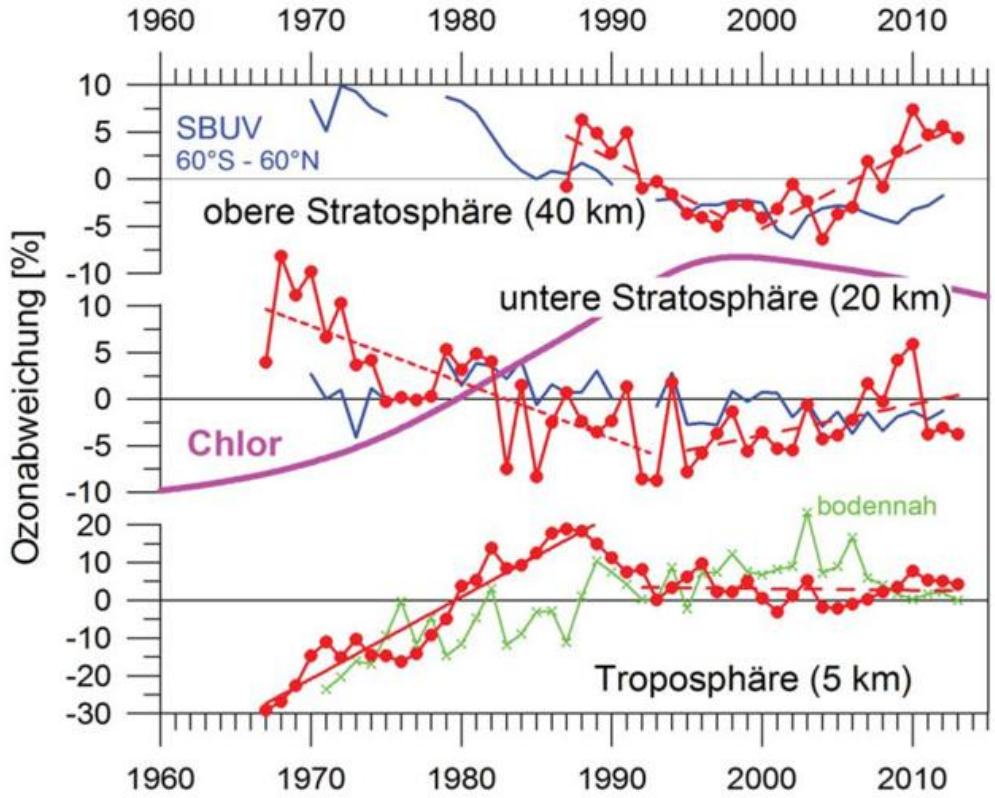


Abb. 3: Jahresmittel der Ozonwerte am Hohenpeißenberg für obere und untere Stratosphäre (40 und 20 km Höhe), sowie für die Troposphäre (5 km Höhe und bodennah). Ergebnisse der Ozonsondierungen und Lidarmessungen am Hohenpeißenberg. Zum Vergleich ist in der Stratosphäre auch die globale Entwicklung anhand von SolarBackscatterUltraViolet Satellitenmessungen (SBUV, V8.6) gezeigt. Die rosa Kurve zeigt schematisch die Chlorbelastung der Stratosphäre an.

Fazit: 2013 war für die Ozonschicht ein normales Jahr, das die längerfristige Entwicklung bestätigt. Erste Indikatoren deuten darauf hin, dass die Erholung der Ozonschicht begonnen hat. Diese Erholung ist aber noch wenig ausgeprägt. Neben dem erwarteten Rückgang der Chlorbelastung (Montrealer Protokoll) wird die Zukunft der Ozonschicht auch durch die Klimaänderung (Kyoto Protokoll) beeinflusst. In der oberen Stratosphäre zeigen sich bereits deutliche Auswirkungen, nämlich eine Erhöhung der Ozonwerte, welche auf Abkühlung durch zunehmendes CO_2 zurückzuführen ist.

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2013

H. Nitsche, H. Mächel

Der jahreszeitliche Rückblick auf das Klima in Europa behandelt die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling, Sommer und Herbst 2013. Der Dezember 2013 wird nur ausnahmsweise angesprochen, da er mit dem Winter 2013/2014 im Klimastatusbericht 2014 behandelt wird. Monatliche Rückblicke in englischer Sprache sind unter http://www.dwd.de/rcc-cm zu finden. Anomalien beziehen sich grundsätzlich auf die von der WMO definierte Normalperiode 1961-1990, sofern es nicht anders angegeben ist.

Lufttemperatur

Im **Jahresmittel** (Abb. 1) war 2013 in Nord- und Osteuropa wärmer als normal, in Zentraleuropa und der Iberischen Halbinsel etwas unterhalb der Referenz von 1961-1990. Nach der Auswertung der E-OBS Daten lag 2013 auf Rang 6 der Zeitreihe seit 1950 mit einem Gebietsmittelwert von 10,8°C und einer Anomalie von +1,05 K (Abb. 2). Besonders markant war die positive Anomalie in der Arktis mit mehr als +3 K. Aber auch im europäischen Russland lagen die positiven Anomalien im Bereich +1-+2 K.

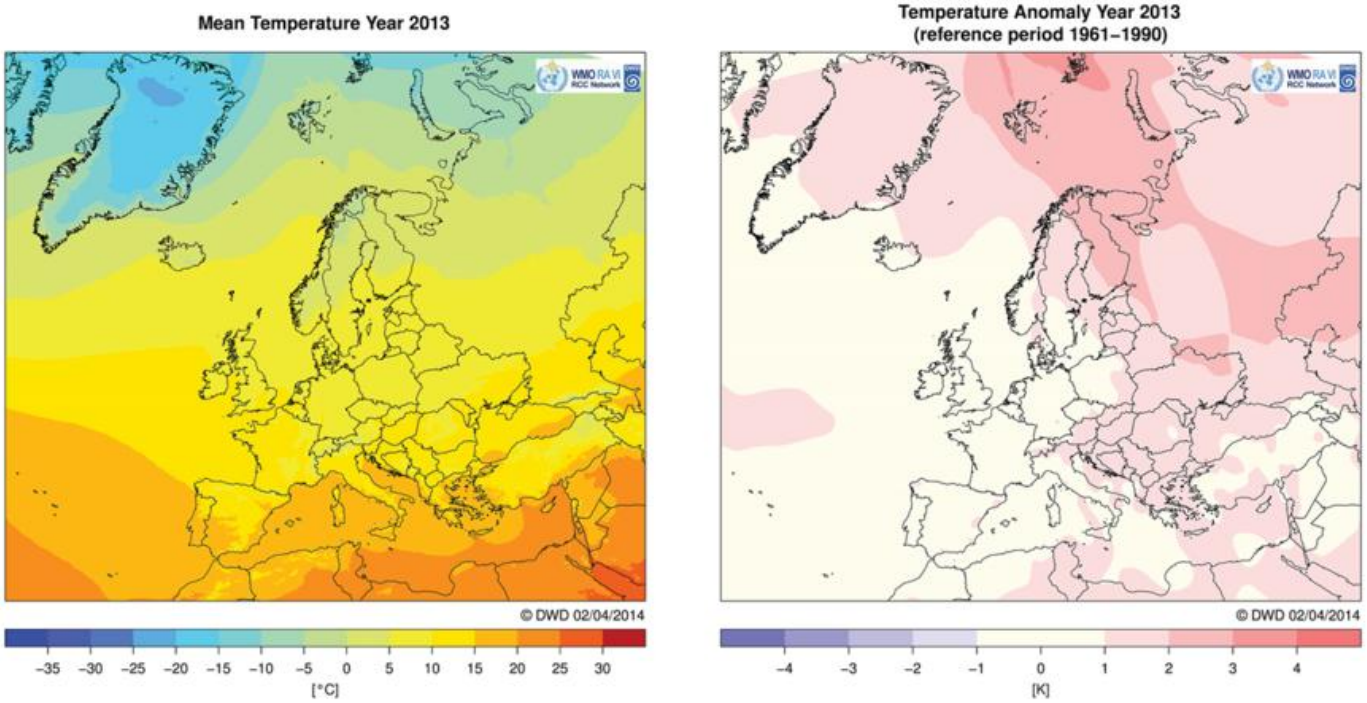


Abb. 1: Jahresmittel der Lufttemperatur (2m) in °C (links) und mittlere Anomalie der Lufttemperatur in K (rechts) zum langjährigen Mittel 1961-1990 im Jahr 2013

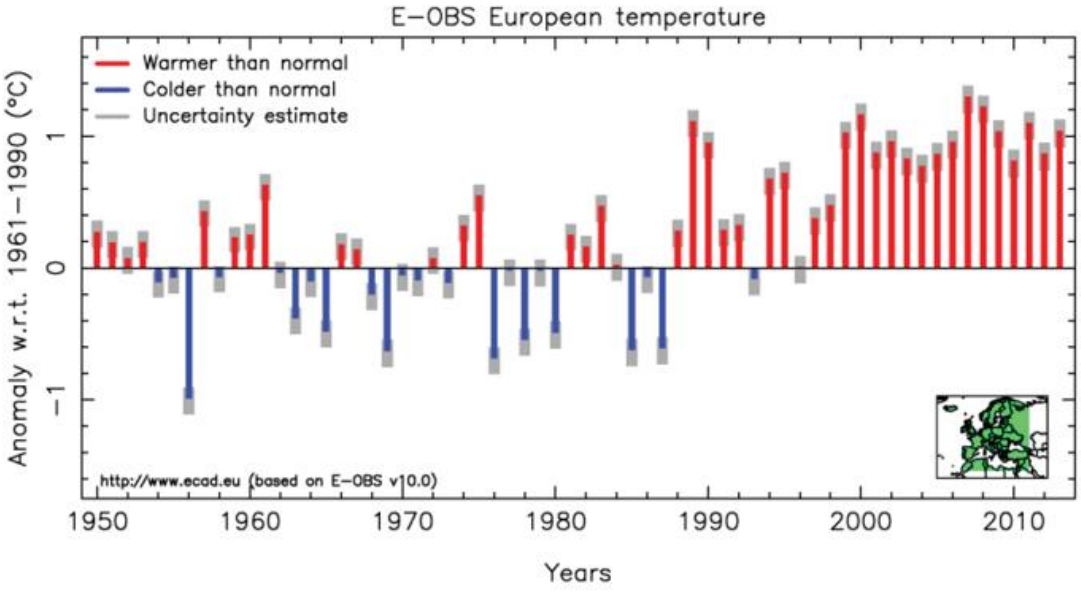


Abb. 2: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur (2m) in °C vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Landstationen im Gebiet 35°-75°N und 25°W-45°E (nach Verver et. al. 2013)

Winter 2012/2013

Der **Winter 2012/2013** (Abb. 3, oben) war in Nord-, Zentral- und Westeuropa wie auch teilweise in Südeuropa etwas kälter als normal, während die Arktis, der nordwestliche und der südöstliche Teil der WMO Region VI wärmer als normal war. Die höchsten negativen Anomalien von 1 bis 2 K wurden in Südnorwegen, die höchsten positiven Anomalien von über +4 K in der Arktis notiert. Auffallend waren beispielsweise die negativen Anomalien der Anzahl der Frosttage auf Island und in der Balkanregion (Abb. 12).

Der **Dezember 2012** war wärmer als normal in der Arktis, über dem Nordatlantik, in West-, Zentral und Südwesteuropa sowie im Nahen Osten. Unterhalb des langjährigen Mittelwertes 1961-1990 lag die Temperatur in Skandinavien und Osteuropa sowie in der Balkan-Region und in Italien. Die positiven Anomalien von über +4 K traten in der Arktis auf, während die höchsten negativen Anomalien von mehr als -4 K in Russland vorkamen.

Der **Januar 2013** war kälter als normal über der Nordsee und in den angrenzenden Ländern: der westliche Teil Großbritanniens, Nordfrankreich, Belgien, Niederlande, Nordwestdeutschland und Südnorwegen. Auch die Ostseeregion von Südschweden über Polen bis nach Weißrussland hatte niedrigere Temperaturen als normal zu verzeichnen. Auch in Südfrankreich war es kälter als normal. Wärmer als normal mit Temperaturanomalien von über + 4 K war es in der Arktis, Nordnorwegen, Nordrussland und Island (+3 K). Positive Temperaturanomalien traten auch über Südrussland, Österreich, über Teilen Bosnien-Herzegowinas und Serbien auf. Im **Februar 2013** war es in West-, Zentral- und Südeuropa kälter als normal. Die höchsten negativen Anomalien von -2 bis -3 K, lokal unter -3 K wurden in Südfrankreich beobachtet. Die negativen Anomalien von -1 bis -2 K breiteten sich auffallend weit nach Süden im Mittelmeerraum aus. Wärmer als normal war es dagegen in Nord- und Osteuropa sowie dem Nahen Osten mit höchsten positiven Anomalien von über +4 K von Finnland südwärts bis zum Kaukasusgebiet. Auch vor Spitzbergen wurden +4 K und in Island und Nordostgrönland +2 bis +3 K notiert. Island stufte den Februar 2013 als den 2.- bis 4.-wärmsten Februar seit dem Beginn der Beobachtungen im 19. Jahrhundert ein.

Frühling 2013

Der **Frühling 2013** (Abb. 3, Mitte oben) war kälter als normal über dem Nordatlantik, auf den Britischen Inseln, in West- und Nordeuropa einschließlich Skandinavien. Die höchsten negativen Anomalien von -1 bis -2 K breiteten sich von den Britischen Inseln über Nordfrankreich, Belgien, den Niederlanden, Norddeutschland bis auf Teile Nordrusslands aus. Wärmer als normal war es in der Arktis und auf Grönland sowie im östlichen Mittelmeerraum, Balkangebiet, Südrussland und im Nahen Osten. Die Temperaturverteilung des gesamten Frühlings dominierte der Monat März.

Der **März 2013** war kälter als normal in fast ganz Europa mit Ausnahme des zentralen und östlichen Mittelmeerraumes sowie des Nahen Ostens und des Kaukasusgebietes. Negative Anomalien von mehr als -4 K wurden in Nordrussland, in den ostbaltischen Ländern sowie in weiten Teilen Deutschlands und in Polen beobachtet. An einigen Stellen in Irland gehörte der März 2013 zu den kältesten der letzten 50-70 Jahre. In den Niederlanden zählte dieser März zu den 7.-kältesten seit 1901, in Großbritannien zu den 2.-kältesten seit 1910 und den kältesten seit 1962. In Frankreich war es der kälteste März seit 25 Jahren. Die Flüsse und Seen Lettlands trugen eine Eisdecke

von 20 bis 28 cm Dicke. In Minsk (Weißrussland) lag der März 2013 auf dem 8. Platz der kältesten Märzmonate seit 1945.
Die Wasseroberflächentemperatur der Nordsee lag unter dem Mittelwert der Jahre 1971-2000, während die Wassertemperatur des östlichen Mittelmeers und des Schwarzen Meers über diesem langjährigen Mittel lag. Die nördliche und östliche Ostsee und das Weiße Meer waren gefroren. Die Wasseroberflächentemperaturen in der Nordsee rangierten zwischen 2 und 6°C in der Norwegischen See und im Gebiet westlich von Island meistens zwischen 6 und 8°C; südlich von Island wurden bis zu 10°C gemessen. Vom westlichen Mittelmeer wurden Wasseroberflächentemperaturen von 12 und 14°C, im östlichen Teil von 16 bis 18°C gemeldet.
Der **April 2013** war kälter als normal über dem nördlichen Nordatlantik, Südskandinavien und in den Baltischen Ländern. Positive Anomalien waren in der Arktisregion, in Ost- und weiten Teilen Südeuropas zu beobachten. Mitte des Monats stieg die Temperatur mit der Änderung der NAO-Phase von negativ zu positiv an (vgl. Abb. 6).
Im **Mai 2013** drang häufiger kalte polare Luft in das westliche Europa ein, während im östlichen Europa die tropischen Luftmassen weit in den Norden vorgestoßen sind. Die höchsten negativen Temperaturanomalien mit mehr als -2 K hatten Frankreich und Nordspanien zu verzeichnen. In Spanien war es der kälteste Mai seit 1985, in der Schweiz seit 1991, in Großbritannien und Irland seit 1996; Frankreich meldete das niedrigste Temperaturmaximum seit 1984. Sehr hohe positive Anomalien von mehr als +4 K wurden dagegen in der Ukraine und Westrussland beobachtet; in Nordskandinavien wurden an mehreren Stationen Temperaturrekorde für den Mai gebrochen. Die Temperaturkontraste zwischen West- und Osteuropa waren am extremsten in der letzten Maiwoche. Während das Minimum der Temperatur in Westeuropa fast auf den Gefrierpunkt fiel, erreichte in Finnland die Temperatur mehr als 30°C.
Der Atlantik, insbesondere die Biskaya und die Nordsee waren kälter als normal und trugen somit zu den niedrigen Temperaturen in Westeuropa bei. Allerdings hat sich die Nordsee im Mai um +6 K erwärmt und somit waren dort die negativen Temperaturanomalien der Wasseroberfläche niedriger als im April. Der Vorstoß warmer Luft in Osteuropa erwärmte auch die Wasseroberfläche des Mittelmeers, insbesondere im östlichen Teil wo das Wasser mit 22°C um +1 bis +2 K wärmer als normal war. Auch das Schwarze Meer war mehr als +2 K wärmer als normal. Im Norden Osteuropas, hatte die Ostsee ähnlich hohe Wassertemperaturanomalien zu verzeichnen, so dass die Eisdecke fast wegtaute.

Sommer 2013

Über fast ganz Europa war der **Sommer 2013** (Abb. 3, Mitte unten) wärmer als normal. In den Alpen, der Balkanregion und Teilen Osteuropas waren die Temperaturen +2 bis +3 K höher als im Mittel der Jahre 1961-1990. In der Schweiz war das der 7.-wärmste Sommer seit 1864 und in Österreich der 3.-wärmste seit 1881. In Deutschland rangierte dieser Sommer auf dem 10. Platz der warmen Sommer seit 1881. Insbesondere im Mittelmeerraum und in der Schwarzmeerregion wurden deutlich mehr tropische Nächte als normal beobachtet. Die Andauer der Warmperioden war in Norditalien, in den östlichen Alpen und in der Balkanregion deutlich länger als normal.
Der **Juni 2013** war in der Arktis und Osteuropa um etwas wärmer als normal. In der europäischen Arktis erreichten die Anomalien Spitzenwerte von über +4 K. In Finnland war es der wärmste Juni seit 1999. Das höchste Tagestemperaturmaximum von 32,4°C wurde in Weißrussland erreicht. Solche hohen Junitemperaturen haben dort eine Wiederkehrperiode von etwa 20 Jahren. Nordnorwegen registrierte den 3.-wärmsten Juni mit einem Tagesmaximum der Temperatur von 29,8°C und in Akureyri (Nordostisland) war es der wärmste Juni seit 1953 mit 11,4°C Monatsmitteltemperatur; an einigen Stellen überstieg das Tagesmaximum der Temperatur sogar die 20°C-Marke. Die Türkei meldete neue lokale Junimaxima von 35-40°C um den 5. Juni. Teile Westeuropas und des Nordatlantiks waren dagegen etwas kälter als normal. Dies traf vor allem auf das Nordseegebiet, den östlichen Nordatlantik und den westlichen Teil des Mittelmeerraumes zu, wo die negativen Temperaturanomalien zwischen 0 und -1 K schwankten und nur lokal in den Pyrenäen unter -1 K sanken. In Spanien war es der kälteste Juni seit 1997. In den Niederlanden lagen die Temperaturen in der ersten Hälfte des Jahres unter dem Mittelwert der Periode 1961-1990, das erste Mal nach 1985. In Großbritannien waren der Juni 2011 und 2012 allerdings etwas kälter als der Juni 2013. Zentraleuropa war etwas wärmer als normal vor allem aufgrund einer kurzen Hitzewelle mit Temperaturmaxima von über 35°C, die um den 19. Juni auftraten. Auch in anderen Teilen Europas wurden ähnliche Extremwerte beobachtet. Die Hitzewelle endete mit dem Vorstoß einer Kaltfront nach Zentraleuropa, die einen abrupten Temperatursturz am Monatsende verursachte.
Im **Juli 2013** war es in weiten Teilen Europas, mit Ausnahme der Türkei und des Kaukasusgebietes, wärmer als normal. Die mittlere Monatsanomalie lag bei mehr als +2 K in Zentral- und Westeuropa, schwankte aber in einigen Teilen Frankreichs, Deutschlands, in Ostösterreich und in den angrenzenden Ländern zwischen +3 und +4 K. Ähnlich hohe Anomalien wurden auch an einigen Stellen in Großbritannien und Nordspanien beobachtet. Die zwar moderate Hitzewelle in Frankreich dauerte 13 Tage (15.-27. Juli) an und erreichte damit den 6. Platz in der Rangliste seit 1947. In vielen Teilen Europas belegten die Julitemperaturen 2013 die vordersten Plätze in den Ranglisten der wärmsten Julimonate; in Spanien den 5. Platz seit 1961, in Norwegen den 5. Platz seit 1900, in Großbritannien den 3. Platz seit 1919, in Frankreich und in Deutschland den 6. Platz seit 1901. Am Valentia-Observatorium (Irland) war das der wärmste Juli seit mehr als 60 Jahren. An den meisten Messstationen in Europa zeichnete sich der Juli 2013 durch eine höhere Anzahl

von Sommertagen als im Mittel der Periode 1961-1990 aus (Abb. 12) mit Ausnahme Nordskandinaviens und Russlands sowie der Bergstationen. Tage mit einer Maximumtemperatur von über 40°C traten in Südwestspanien (höchstes Tagesmaximum 41,8°C an der Station Jerez de Frontera) und Portugal sowie in Italien, Südosteuropa und im Nahen Osten, vor allem in Syrien auf. Tropische Nächte wurden nicht nur in Südeuropa, sondern auch in Ostdeutschland, Polen und im östlichen Teil Österreichs und seinen Nachbarländern beobachtet.

Der **August 2013** war wärmer als normal, vor allem im Balkan-Gebiet und im östlichen Teil des Arktischen Meeres. Tropische Nächte kamen häufiger im Mittelmeerraum und im Gebiet um das Schwarze Meer, aber auch in Norddeutschland, Dänemark und in den Baltischen Staaten vor. Heiße Tage wurden sowohl in Zentral-, Süd- und Südosteuropa als auch im Nahen Osten, Südrussland und im Kaukasusgebiet beobachtet außer in den Hochgebirgsregionen. Mehr als 25 heiße Tage wurden im südlichen Teil der Iberischen Halbinsel, in Griechenland, in der West- und Südtürkei, in Südrussland sowie in Syrien, Libanon, Israel und Jordanien registriert. Extrem heiße Tage (über 40°C) traten vor allem in Südspanien, Syrien und Jordanien auf. Solche hohen Temperaturmaxima wurden in 17 von 58 Ländern der betrachteten Region VI notiert. Das höchste Tagesmaximum der Temperatur von 45°C wurde in Jordanien gemessen; in Spanien lag das Maximum bei 44,1°C. Die wenigen Frosttage waren auf Bergstationen in den Alpen, in Südnorwegen und Schweden begrenzt. Die hohen Temperaturen verursachten teilweise Straßenschäden (z. B. in Portugal, Deutschland und Österreich) und führten begleitet von Trockenheit zu Waldbränden vor allem in südlichen Regionen (z. B. Portugal und Österreich).

Herbst 2013

Der **Herbst 2013** (Abb. 3, unten) war fast in der gesamten Region wärmer als normal. Nur in wenigen Gebieten schwankte die Temperatur um den Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990 oder lag geringfügig darunter. Die Temperatur zeigte allerdings starke zeitliche Schwankungen und stark ausgeprägte regionale Kontraste. Während einige Länder für den Herbst ungewöhnlich hohe Maxima von 30°C meldeten, fiel in den Alpen schon im September und Oktober der erste Schnee. Beispielsweise wurden am 6. September in Innsbruck (Österreich) 30,3°C und in De Bilt (Niederlande) 32,7°C gemessen, während am 27. November die niedrigste Temperatur des Herbstes von -26,9°C in Österreich an der Station Brunnkogel in 3438 m Höhe auftrat. In Deutschland lag dieser Herbst auf dem 23. Platz in der Rangliste der wärmsten Herbstmonate seit 1881, in Estland mit einer mittleren Herbsttemperatur von 8,2°C auf dem 5. Platz seit 1961. In Nord- und Südeuropa lagen die Temperaturen im **September** über dem langjährigen Mittel, in Zentral- und Osteuropa dagegen darunter. Der **Oktober** war im Westen wärmer, im Südosten aber kälter als normal. Im **November** zeigten sich auffällig positive Anomalien mit über +4 K im europäischen Teil Russlands, Weißrussland, der Ukraine und Moldawien. Nur in Westeuropa war es etwas kälter als normal.

Die Anzahl der kalten Tage lag an fast allen Stationen unter dem Mittel, die der warmen Tage über dem langjährigen Mittel 1961-1990. In den Ostsee-Anrainer und im westlichen Mittelmeerraum wurden positive Anomalien der Andauer (Länge) warmer Perioden beobachtet. Überdurchschnittlich hoch war auch die Anzahl der Sommertage vor allem auf der Iberischen Halbinsel und über dem Mittelmeer.

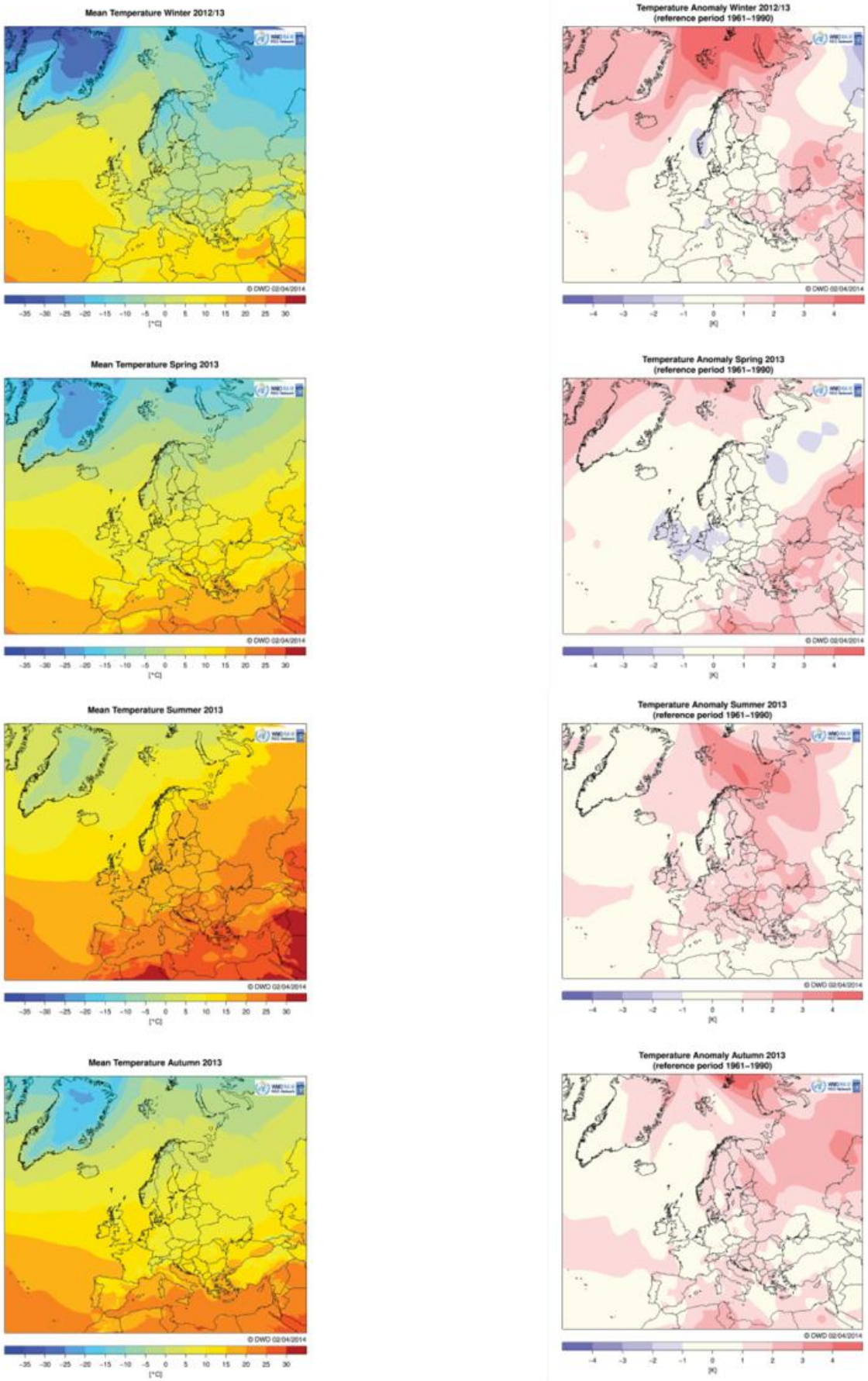


Abb. 3: Mittlere Lufttemperatur (2m) in °C (links) und mittlere Anomalie der Lufttemperatur (2m) in K (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Niederschlag

Die Niederschlagskarten dieses Beitrags beruhen auf dem „GPCC Monitoring Product" (Becker et al., 2013) des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN, engl. Global Precipitation Climatology Centre, GPCC) http://gpcc.dwd.de.

Die Analysen des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie zeigen für das **Jahr 2013** für Europa überwiegend geringe Abweichungen des Niederschlags von den vieljährigen Mittelwerten des Zeitraums 1951–2000. Allerdings wird eine zonale Aufteilung in zu trockene und zu feuchte Gebiete deutlich. In der Anomaliekarte (Abb. 4) fällt insbesondere der leichte Niederschlagsüberschuss im Mittelmeerraum auf. Ein geringes Niederschlagsdefizit findet man im Südosteuropa, in einem Band von den Britischen Inseln, den Niederlanden, Südskandinavien bis zu den Baltischen Staaten.

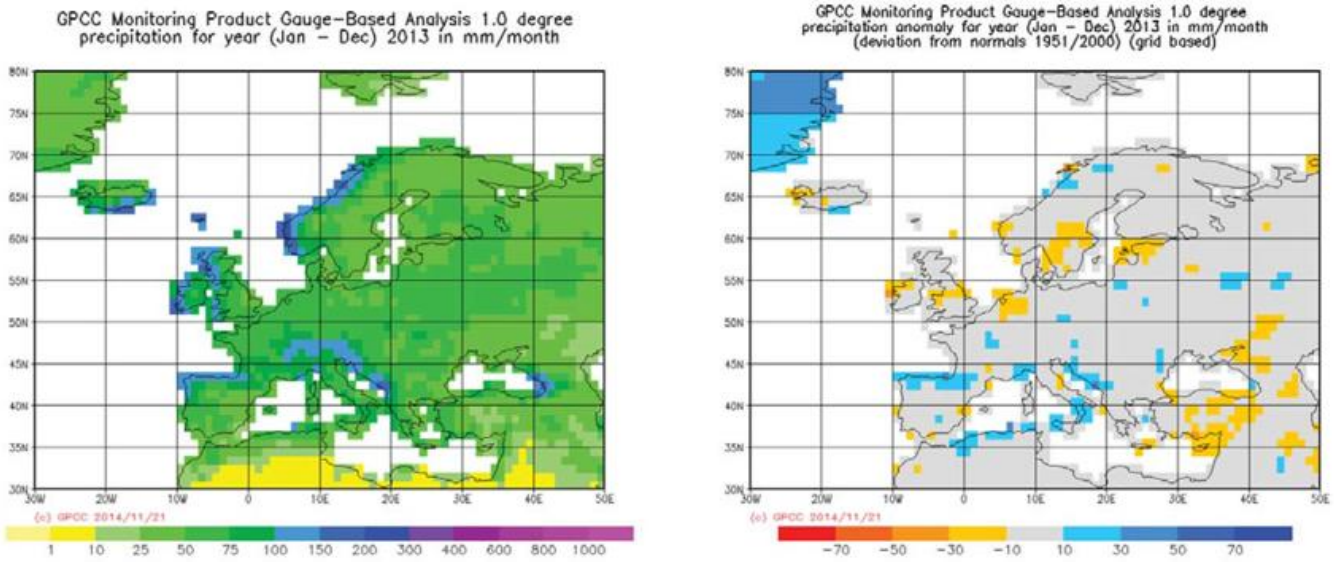


Abb. 4: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links) und Niederschlagsanomalie (rechts) vom langjährigen Mittel 1951-2000 im Jahr 2013

Winter 2012/2013

Im **Winter** (Abb. 5, oben) fällt vor allem der starke Niederschlagsüberschuss in Südosteuropa und im Nahen Osten auf. Mehr Niederschlag fiel auch in Nordspanien und einigen Teilen Italiens, während Südspanien und Südfrankreich Niederschlagsdefizite zeigten. Deutlich weniger Niederschlag fiel in Skandinavien, in einigen Teilen Russlands und im Kaukasusgebiet.

Während es im **Dezember 2012** in Nord- und Westskandinavien, Nordrussland, in den Baltischen Staaten, dem Kaukasus, dem westliche Mittelmeerraum und der Iberischen Halbinsel trockener als im langjährigen Mittel 1951-2000 war, bekam der östliche Teil Großbritanniens, Nordfrankreich, Belgien und die Niederlande etwa doppelt so viel Niederschlag wie im Mittel. Dies traf auch auf Ostrumänien, die Südukraine und den Nahen Osten zu, wo teilweise über 250 % der normalen Niederschlagsmenge gemessen wurden. In Südgrönland meldete die SYNOP-Station Prins Christian Sund eine auffällig hohe Monatsniederschlagssumme von über 340 mm, die offensichtlich nicht ganz korrekt ist. Die Niederschlagsverteilung im **Januar 2013** entsprach weitgehend den Zirkulationsanomalien. Trockener als normal waren Südskandinavien, Finnland und Nordrussland, fast ganz Großbritannien, West- und Zentraleuropa, der westliche Teil des Mittelmeerraumes und die Südtürkei. Deutlich feuchter als normal war es dagegen im zentralen und östlichen Teil des Mittelmeeres sowie im Nahen Osten aber auch in Südosteuropa und Südrussland. Im **Februar 2013** wurden über dem langjährigen Durchschnitt liegende Niederschläge im Norden der Iberischen Halbinsel, im Balkan und der Westtürkei beobachtet. Trockener als normal war es in Nord-, Zentral- und Westeuropa sowie in Südrussland, im Kaukasusgebiet, im östlichen Mittelmeerraum und im Nahen Osten. In Moskau herrschen den ganzen Winter 2012/13 erhebliche Schneefälle, die schwersten seit 100 Jahren, vor allem im Februar.

Frühling 2013

Im **Frühling 2013** (Abb. 5, Mitte oben) zeigte die räumliche Verteilung der Niederschlagsanomalien eine von Südwesten nach Nordosten ausgerichtete, bänderartige Struktur; trockener im Norden und Süden und feuchter als normal im mittleren Streifen. Das nördliche, trocke-

nere Band erstreckte sich von den Niederlanden über Dänemark, Schweden, Finnland bis nach Nordrussland. Norwegen stellte hier allerdings eine Ausnahme dar mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen und neuen Rekordwerten für den Monat März seit 100 Jahren. Das zweite, trockenere Band umfasst den östlichen Mittelmeerraum und den Nahen Osten. Das mittlere Band mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen erstreckte sich von der Iberischen Halbinsel über Frankreich, den westlichen Mittelmeerraum, dem Balkangebiet bis weit nach Osteuropa und Russland. Für diese Struktur war die Niederschlagsverteilung im Monat März prägend.

Für **März 2013** war das breite, von Südwest nach Nordost verlaufende Band mit übernormal hohen Niederschlägen charakteristisch. Wie oben erwähnt, wurden von der Iberischen Halbinsel über den westlichen Mittelmeerraum, Italien, den Balkan, die Ukraine, die Schwarzmeerregion bis nach Russland hohe Niederschlagsmengen gemessen. In Spanien beispielsweise war dieser der feuchteste März seit 1947. Trockener als normal war es dagegen in Island, Irland, in großen Teilen der Britischen Insel, in Skandinavien (mit Ausnahme Norwegen), Dänemark, Deutschland, Polen, den Baltischen Staaten, Nordrussland sowie im östlichen Mittelmeerraum und im Nahen Osten. Im **April 2013** hatten Schottland, Südnorwegen, einige Teile Skandinaviens, die Baltischen Staaten und Russland, sowie die Atlantikküsten (Ausnahme Portugal), das westliche Mittelmeer, Süd- und Zentralfrankreich sowie der östliche Mittelmeerraum Niederschlagsüberschüsse zu verzeichnen. Unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen erhielten Norddeutschland, Südskandinavien und die Gebiete östlich vom Schwarzen Meer. Der **Mai 2013** gehört zu einem der feuchtesten Maimonate in weiten Teilen Europas (West-, Zentral- und Osteuropa), in dem die Monatssumme der Niederschläge mehr als 100 mm bzw. 125 % des Mittelwertes der Referenzperiode 1951-2000 erreichte. Dabei ist besonders viel Niederschlag in den Alpen gefallen. In Deutschland war das, nach 2007, der 2.-feuchteste Mai seit 1881 und in Österreich der 5.-feuchteste seit dem Beginn der Beobachtungen. Die extrem hohen Niederschläge in der letzten Mai-und der ersten Juniwoche führten vor allem im östlichen Zentraleuropa zu starken Überschwemmungen. Auch der Nahe Osten verzeichnete übernormale Niederschlagsmengen. Deutlich feuchter als normal war es über dem Nordatlantik: in Süd- und Südostgrönland, Schottland, Irland und Südnorwegen, wo neue Niederschlagsrekorde für Mai erreicht wurden. Trockener als normal war es im Norden Europas in Gebieten um das Schwarze Meer und Westkasachstan wo die Monatssumme der Niederschläge unter 10 mm (20 % des Mittels 1951-2000) lag. Auch auf der Iberischen Halbinsel und in Südsizilien war es sehr trocken.

Sommer 2013

Die Verteilung der Niederschlagsanomalien im **Sommer 2013** (Abb. 5, Mitte unten) zeigte eine stark differenzierte räumliche Struktur, die ein Ergebnis der vielen konvektiven Niederschläge war. Auf den ersten Blick dominieren Gebiete mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen. Hierzu gehörten vor allem der westliche Teil der Iberischen Halbinsel, die Türkei und der Nahe Osten mit zum Teil weniger als 20 % der üblichen Regenmenge. Von Großbritannien, über Frankreich, das südliche Skandinavien, Westdeutschland, Norditalien, den Balkan bis nach Nordosteuropa herrschte ein Niederschlagsdefizit. Feuchter als normal war der Sommer in der Arktisregion, Ostgrönland, Norwegen und Nordrussland aber auch in Süditalien, in der Ostukraine und im Gebiet westlich des Schwarzen Meeres.

Der **Juni 2013** präsentierte sich mit übernormal hohen Niederschlägen in fast ganz Nord-, Zentral- und Osteuropa, in Gebieten westlich vom Schwarzen Meer und nördlich vom Kaspischen Meer. Feuchter als normal war es auch in den Pyrenäen, Nordspanien, Westfrankreich, Südirland und an den Ostküsten der Nordsee. Extrem hohe Regenmengen fielen am Anfang des Monats, die im Einzugsgebiet der Elbe und der Donau in ausgedehnten Überschwemmungen gipfelten. Vielerorts wurden Rekordregenmengen gemessen. Am 2.-3. Juni fielen innerhalb von 48 Stunden 275 mm Regen in Deutschland also deutlich mehr als gewöhnlich im ganzen Monat. Aus dem nördlichen Teil Österreichs wurden die höchsten Monatssummen (160 % des Mittelwertes) mit einem lokalen Maximum in Bregenz von 475 mm (neuer Rekord für Juni) gemeldet. Auch westlich vom Schwarzen Meer war der Juni sehr nass; in Bulgarien wurden lokal 300 % der mittleren Niederschlagsmenge von 1951-2000 erreicht. In Moldawien fielen am 30. Juni innerhalb von wenigen Stunden mehr als 100 mm. In Skandinavien, über dem Ostatlantik und dessen Ostküsten, in Südirland, Westfrankreich und Nordspanien wurden Monatssummen von über 100 mm, lokal sogar über 150 mm gemessen, was doppelt so viel war wie der langjährige Mittelwert. In Norwegen war das der 3.-feuchteste Juni nach 2011 und 1987. Der Niederschlagsüberschuss in Südwestfrankreich stammte zum großen Teil von den starken Gewitterregen am 17.-20. Juni. Weite Teile Europas hatten aber ausgeprägte Niederschlagsdefizite zu verzeichnen. Dazu gehörten Island, Großbritannien, die Azoren, die größten Teile der Iberischen Halbinsel und Osteuropa. Auf der Iberischen Halbinsel und im südlichen Teil des Mittelmeerraumes betrug die Niederschlagsmonatssumme weniger als 10 mm (oder 20 % des Mittels 1951-2000). In der Türkei wurden 80 % der mittleren Niederschlagsmenge erreicht, allerdings war der Juni 2012 noch trockener. Sehr trocken war auch die Südseite der Alpen; in Villach (Südösterreich) war der Juni 2013 der trockenste seit 1888.

Der **Juli 2013** zeichnete sich durch erhebliche Niederschlagsdefizite von Südskandinavien und dem nordöstlichen Teil der Ostsee über Zentral-, Ost- und Südosteuropa bis nach Nordostrussland aus. Sehr trocken war es auch im südlichen Teil der Iberischen Halbinsel, in der Osttürkei und im Nahen Osten. Übernormal hohe Regenmengen wurden über dem Nordatlantik/Arktischen Ozean und angrenzenden Küstengebieten, in einigen Gebie-

ten Osteuropas und des Mittelmeerraumes beobachtet. Starke, konvektiv induzierte Niederschlagsereignisse brachten innerhalb von 1-2 Stunden Regenmengen von mehr als 50 mm (z. B. in Frankreich) und waren vielerorts von Hagel mit bis zu 10 mm Durchmesser begleitet, so z.B. in der letzten Juli Woche in Frankreich und Deutschland.

Der **August 2013** war im größten Teil der RA VI Region von Niederschlagsdefiziten bestimmt. Die Trockenheit spiegelte sich in Defiziten der Bodenfeuchte wider und trug zur Entwicklung von Waldbränden und Ernteausfällen bei (z. B. in Österreich). Niederschlagsüberschüsse wurden im westlichen Mittelmeerraum, teilweise in den Alpen und in Deutschland, Norwegen, in Nord- und Südrussland sowie im östlichen Zentraleuropa beobachtet. Diese Niederschlagsüberschüsse wurden meistens durch Starkniederschläge verursacht.

Herbst 2013

Der **Herbst 2013** (Abb. 5, unten) zeichnete sich im größten Teil der Region VI durch Niederschlagsüberschüsse aus. Dies traf sowohl auf Teile West-Europas als auch auf Zentral-, Ost- und Südosteuropa zu. Auch in einigen Gebieten rund um das Mittelmeer wurden überdurchschnittlich hohe Regenmengen beobachtet. In den Niederlanden war der Herbst 2013 der 5.-feuchteste seit 1906, in Deutschland lag er auf dem 18. Platz seit 1881. In Dänemark wurde mit
55,5 mm an der Station Oby der höchste Tagesniederschlag im Herbst gemessen. Niederschlagsdefizite zeigten Südskandinavien, Nordosteuropa und Russland sowie Irland und Großbritannien. Trockener als normal war es auch auf der Iberischen Halbinsel, in Südfrankreich, in einigen Teilen Italiens, in der Türkei und im Nahen Osten. Die räumliche Verteilung der Niederschlagsanomalien variierte allerdings stark in den einzelnen Herbstmonaten.

Im **September 2013** hatten weite Teile Zentral-, und Osteuropas sowie Südrussland übernormal hohe Regenmengen zu verzeichnen, während es in fast ganz Skandinavien, in Nordosteuropa und Nordrussland weniger als normal geregnet hat. Auch Irland, Großbritannien, Nord- und Ostspanien, Südfrankreich, Italien und die Westtürkei notierten Niederschlagsdefizite. Im **Oktober 2013** regnete es überdurchschnittlich viel im östlichen Teil Irlands, in Großbritannien, Portugal, in ganz Zentraleuropa, in Nordskandinavien, Nordosteuropa und in Nordrussland. Auch Norditalien, die Westtürkei und die Gebiete rund um das Schwarze Meer waren feuchter als normal. In Zentralosteuropa und Südosteuropa, im Nahen Osten sowie in Süditalien, Südfrankreich und Südostspanien war es dagegen trockener als normal. Weniger Niederschlag als normal erhielten auch Mittelskandinavien und Westisland. Im **November 2013** änderte sich die räumliche Verteilung der Niederschlagsanomalien gravierend. In West- und teilweise in Zentraleuropa regnete es mehr als normal. In einem breiten, von Südwest nach Nordost verlaufenden Band, von Süditalien über Südosteuropa, die Ukraine, Weißrussland, Teile Finnlands bis nach Nordwestrussland wurden erhebliche Niederschlagsüberschüsse beobachtet. Auch im Nahen Osten und an der Küste Norwegens regnete es übernormal viel. Niederschlagsdefizite traten in einem breiten Band auf, das sich vom östlichen Mittelmeer über die Osttürkei, die Ostukraine bis weit in die Gebiete nördlich des Schwarzen Meers erstreckte. Von Niederschlagsdefiziten waren auch die Iberische Halbinsel, die Mittelmeerküste Frankreichs, Nordwestitalien, Irland, Großbritannien, Ostskandinavien, Polen und die Baltischen Staaten betroffen. An vielen Stellen in der betrachteten WMO Region VI wurden in den einzelnen Herbstmonaten außergewöhnliche Regenereignisse beobachtet. Zum Beispiel im September wurde in Deutschland an der Station Malsberg-Marzell mit
120 mm, die höchste tägliche Niederschlagsmenge des Herbstes 2013 registriert. Am 28. bis 29. September wurden im südöstlichen Teil des Zentralmassivs (Cévennes) in Frankreich 20-78 mm gemessen. Rumänien, Moldawien und die Südukraine meldeten Überschwemmungen. In Moldawien wurden an mehreren Stellen in 12 Stunden zwischen 50 und 77 mm Regen, in Cahul 172 mm registriert. Die höchste 3-Tage-Niederschlagsmenge belief sich auf 246 mm. Aus den Niederlanden wurden vom 12. bis 13. Oktober Niederschlagsmengen von 75 mm bis
120 mm gemeldet. Solche Werte haben dort eine Wiederkehrzeit von 1-mal in 30 Jahren. In 5 Tagen vom
19. bis zum 23. Oktober fielen in Südostfrankreich
100 bis 350 mm Regen. Am 9. November erfasste die Station am Loibl Pass (1097 m Höhe) 136 mm Niederschlag innerhalb von 24 Stunden. In Hovlandsdal (Norwegen) sind am 16. November 126,5 mm Niederschlag innerhalb von 24 Stunden gefallen. Roussilion (Südfrankreich) erhielt in 3 Tagen vom 16. bis 18. November zwischen
78 mm und 199 mm Niederschlag. An mehreren Stationen im mittleren Teil des Mittelmeers und im südlichen Teil der Balkan-Halbinsel lagen die höchsten Mengen der 1-Tag- und 5-Tage-Niederschlagssummen oberhalb des langjährigen Mittels 1961-1990.

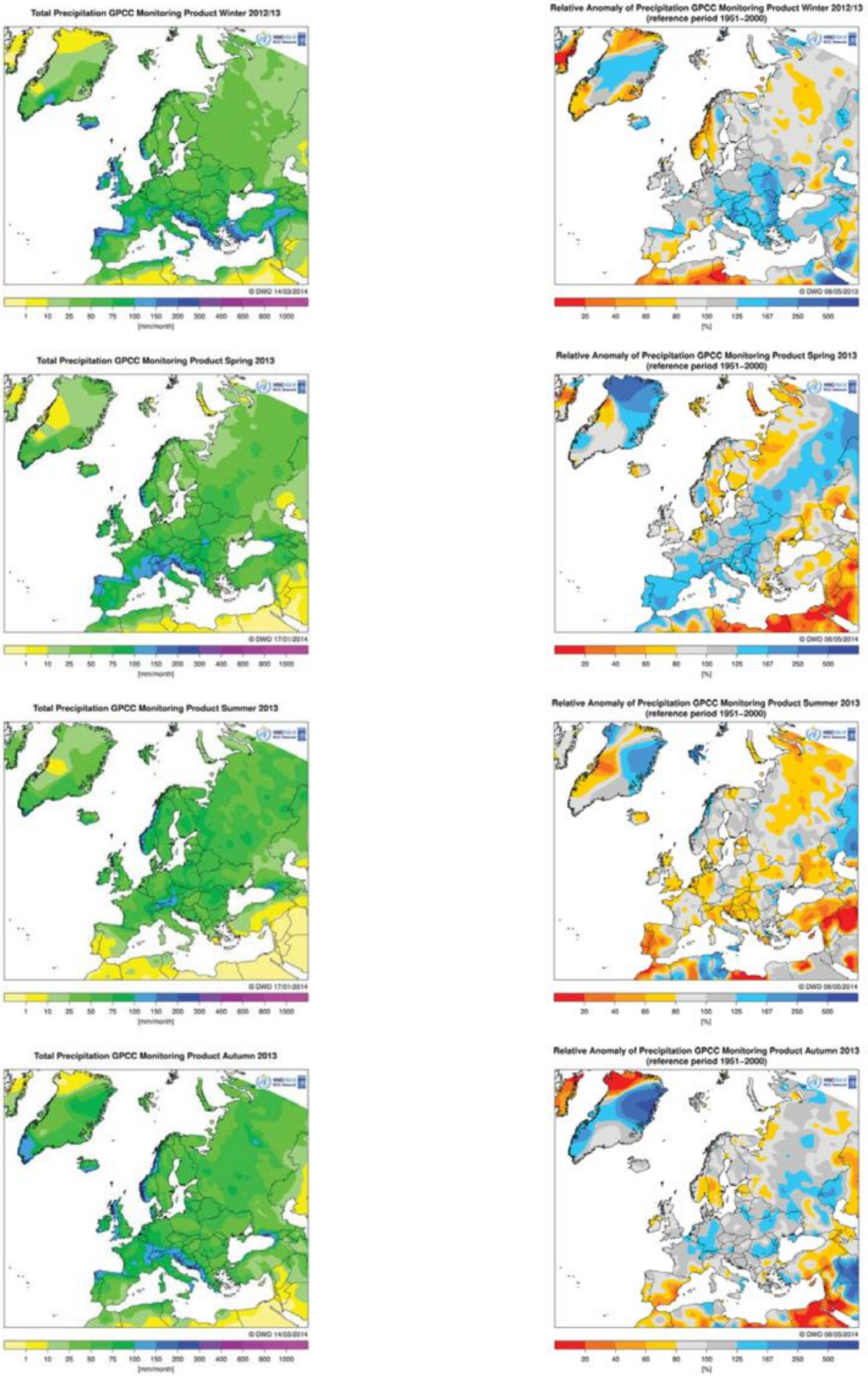


Abb. 5: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links) und Niederschlagsanomalie in % (rechts) vom langjährigen Mittel 1951–2000 für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013, Herbst 2013

Luftdruck und Zirkulation

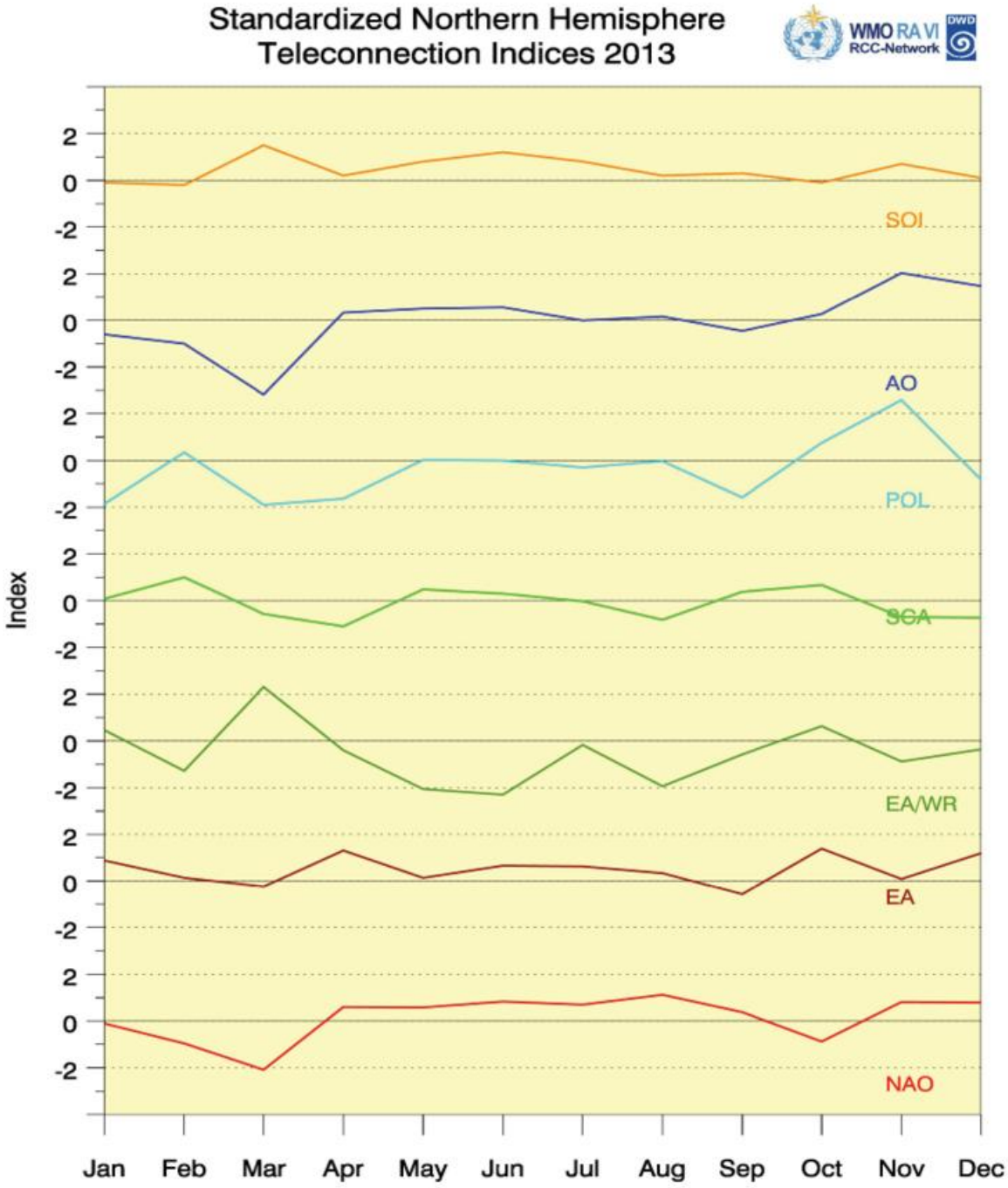


Abb. 6: Jahresgänge der standardisierten Zirkulationsindizes der Nordhemisphäre (Arctic Oscillation AO, Polar/Eurasia Pattern POL, Scandinavia Pattern SCA, East Atlantic/West Russia Pattern EA/WR, East Atlantic Pattern EA, North Atlantic Oscillation NOA) und des 'Southern Oscillation Index' (SOI) für das Jahr 2013 nach Daten des NOAA Climate Prediction Center (Erklärungen sind bei http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml und http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ zu finden).

Winter 2012/2013

Das Luftdruckmuster im **Winter 2012/2013** (Abb. 7, oben) war durch ein ausgeprägtes Islandtief mit Zentrum südlich von Grönland (südwestlich von der Normallage bei Island) und ein ausgeprägtes sibirisches Hoch mit Ausläufern nach Osteuropa dominiert. Diese Lage der Zirkulationszentren begünstigte insgesamt eine meridional ausgerichtete Luftströmung über Zentraleuropa und Skandinavien. Das Azorenhoch war etwas stärker als normal, so dass die meridionalen höchsten Luftdruckgradienten weit westlich der Britischen Inseln lagen. Im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990 war mit positiven Luftdruckanomalien über dem Nordmeer und Nordwesteuropa die sonst zyklonale Strömung deutlich schwächer. Mit dieser Luftdruckkonstellation befanden sich die NAO (Index = -0,22) in einer schwachen und die AO (Index = -1,13) in einer starken negativen Phase. In Verbindung mit der im Norden lang andauernden Hochdrucklage und dem Transport der kalten Luft von Nordosten nach Zentraleuropa und den häufig auftretenden Tiefs im Mittelmeerraum, die warme Luft nach Norden brachten, waren ausgedehnte, teilweise ungewöhnlich starke Schneefälle in weiten Teilen Europas zu beobachten.

Frühling 2013

Das Luftdruckmuster war im **Frühling 2013** (Abb. 7, Mitte oben) von einem stark ausgeprägten Hochdruckgebiet über Grönland und teilweise Nordeuropa dominiert. Die Luftdruckanomalien waren über dem Ostatlantik und über ganz Europa, ausgenommen Skandinavien und Nordrussland, negativ. Die höchsten negativen Anomalien lagen bei -4 bis -6 hPa und konzentrierten sich auf den östlichen Teil des Nordatlantiks, Azoren und Südrussland. Das Islandtief und das Azorenhoch waren geschwächt und damit war der NAO-Index negativ (-0,31) und auch der AO-Index (-0,80) negativ. Im **März 2013** zeigte der EA/WR-Index (East Atlantic/West Russia Pattern) positive Werte von 2,31 (im Mai 2013 war der EA/WR-Index mit -2,09 stark negativ). Im März 2013 herrschte ein hoher Luftdruck über Grönland (+16 hPa), Island und Skandinavien, dagegen über dem Atlantik der mittleren Breiten, über den Azoren und über Südrussland lag er mit -12 bis -16 hPa bzw. -8 bis -12 hPa weit unter dem Durchschnitt. Die NAO mit einem Index von -2,09 und die AO (-3,18) befanden sich in starken negativen Phasen. Einen auffällig hohen Wert (2,31) erreichte in diesem Monat der EA/WR-Index. Im **April 2013** war die Verteilung der Luftdruckanomalien charakterisiert durch weit verbreitete negative Werte sowohl über dem Gebiet westlich von Norwegen und Großbritannien (-4 bis -8 hPa), dem Nordmeer, Skandinavien als auch über Nordafrika, über dem westlichen Mittelmeer, dem Nahen Osten und über Osteuropa. Die positiven Werte konzentrierten sich nur auf den westlichen Nordatlantik. Ungefähr in der Mitte des Monats trat die NAO von einer negativen in eine positive Phase konsistent mit den Änderungen der Temperatur zu positiven Werten in West- und Zentraleuropa. Die negativen Anomalien im westlichen und östlichen Teil des Mittelmeerraumes korrespondierten mit einem relativ niedrigen Luftdruck (1010-1015 hPa) und damit verbundenen hohen Niederschlägen in diesen Gebieten. In der ersten **Mai**hälfte befand sich die NAO in einer positiven Phase mit einem stark ausgeprägten Islandtief und Azorenhoch. Am Monatsende trat die NAO in eine negative Phase zugunsten einer stärker ausgeprägten Meridionalzirkulation. Die AO befand sich in der ersten Maihälfte in einer positiven Phase, die einen geringen Wärmeaustausch zwischen polaren und mittleren Breiten begünstigte. In der zweiten Maihälfte zeigte die AO um das Mittel schwankende Anomalien. Sowohl das Azorenhoch als auch das Islandtief waren stark entwickelt, allerdings lag das Islandtief weiter nach Osten mit dem Zentrum über der Nordsee verschoben. Damit konnte mit der Nordwestströmung die kalte, feuchte Luft tief nach Westeuropa vordringen. In weiten Teilen Zentraleuropas herrschte zyklonale Strömung vor, die hohe Niederschläge mit sich brachte. Über Nordosteuropa dagegen breitete sich ein Hochdruckgebiet aus, auf dessen Südostflanke warme, trockene Luft weit nach Norden transportiert wurde.

Sommer 2013

Das Zirkulationsmuster im **Sommer 2013** (Abb. 7, Mitte unten) beherrschte ein intensives Azorenhoch, das mit seinen Ausläufern bis nach Osteuropa reichte. Das Islandtief, eingebettet in eine Tiefdruckrinne, die von der Ostküste Nordamerikas bis Island verlief, war stärker als normal mit Luftdruckanomalien zwischen 0 und -4 hPa. Über dem Nahen Osten lag ein Tiefdruckgebiet. Negative Anomalien hatten auch die südöstlichen Teile der WMO Region VI einschließlich der Nahe Osten, Südrussland und der östliche Mittelmeerraum zu verzeichnen. Positive Luftdruckanomalien (+2 bis +6 hPa) traten über dem Nord- und Ostseeraum sowie über Nordrussland auf. Insgesamt breiteten sich über dem Westen, Norden und Nordosten Europas sowie über den westlichen Mittelmeerraum und das Balken Gebiet positive Luftdruckanomalien bis zu +2 hPa aus. Im Sommermittel befand sich die NAO (Index= 0,65) und die AO (Index = 0,23) in einer schwachen positiven Phase.

Im **Juni 2013** lang der NAO-Index bei 0,52 und war ähnlich hoch wie im April und Mai. Dies weist auf eine etwas höhere Intensität beider Zirkulationszentren (Islandtief und Azorenhoch) hin. Der schwach positive AO-Index deutete auf einen schwachen Luftmassenaustausch zwischen polaren und mittleren Breiten hin. Im **Juli 2013** breitete sich das Azorenhoch weit nach Südwesteuropa und reichte mit seinen Ausläufern über West-, Zentraleuropa bis nach Nordosteuropa. Positive Luftdruckanomalien traten von Skandinavien und Nordrussland über Nordwest-, Zentral-, Süd- und Südosteuropa bis zum Mittelmeerraum verbreitet auf. Negative Luftdruckanomalien lagen über dem Atlantik, der Iberischen Halbinsel, über dem östlichen Teil des Mittelmeerraumes, dem Nahen Osten, der Kaukasusregion, Süd- und Zentralrussland. Das

Islandtief und das Azorenhoch waren im **August 2013** stark ausgeprägt. Das Azorenhoch dehnte sich bis nach Nordosteuropa und Westrussland aus, so dass in diesen Gebieten positive Luftdruckanomalien von 0 bis +4 hPa registriert wurden. Niedriger Luftdruck als normal (0 bis -4 hPa) herrschte über dem Nordatlantik (einschließlich Britische Insel) und dem Nordmeer, über dem östlichen Mittelmeerraum dem Nahen Osten und Südrussland vor. Über Island wurden die höchsten negativen Anomalien von -4 bis -8 hPa notiert. Der NAO-Index war mit 0,97 positiv.

Herbst 2013

Das Zirkulationsmuster im **Herbst 2013** (Abb. 7, unten) war von einem stark entwickelten Islandtief mit dem Kern westlich und östlich von Island (1000 hPa und 1005 hPa) und einem intensiven Azorenhoch mit dem Kern über den Azoren (1020-1025 hPa) geprägt. Das Islandtief war in eine von der Ostküste Nordamerikas über Nordskandinavien bis nach Nordrussland verlaufende Tiefdruckrinne eingebettet. Das Azorenhoch wurde von einem sich weit über West- und Zentraleuropa bis nach Südrussland reichenden Hochdruckgürtel begleitet. Somit war das zonale Zirkulationsmuster dominierend. Über dem äußersten Südosten der WMO Region VI lag ein Tiefdruckgebiet mit einem Minimum von 1005-1010 hPa. Im Vergleich zum langjährigen Mittel schwankten die Luftdruckanomalien im Herbst 2013 zwischen ±4 hPa. Negative Anomalien konzentrierten sich auf das Nordmeer und Russland während über dem östlichen Nordatlantik und der Westküste Europas schwache positive Anomalien notiert wurden. Der NAO- und AO-Index für Herbst mit Werten von 0,12 und 0,61 kennzeichneten eine schwache positive Phase beider Indizes.

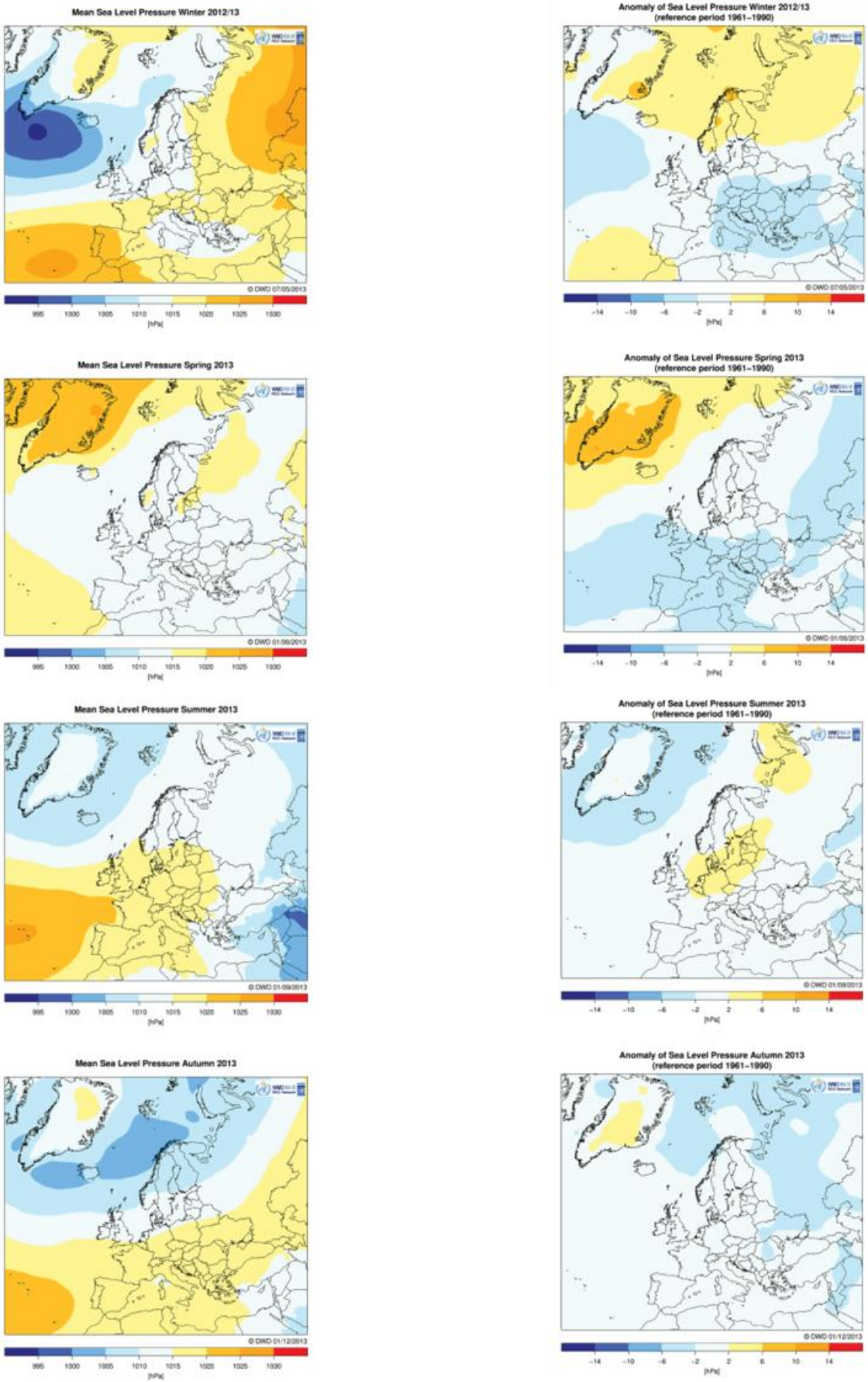


Abb. 7: Mittelwerte des Luftdrucks auf Meeresniveau in hPa (links) und deren Anomalien (rechts) vom langjärigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Sonnenscheindauer und Bewölkung

Die in Abb. 8 dargestellten Karten der jahreszeitlichen Summen der Sonnenscheindauer und ihrer relativen Abweichung zur Referenz 1961-1990 basieren auf Beobachtungsdaten von ausgewählten Stationen, die monatlich international ausgetauscht werden (CLIMAT). Hinweise zur Datenanalyse sind in http://www.dwd.de/rcc-cm zu finden. In Abb. 9 und 10 sind die jahreszeitlichen Verteilungen der Anzahl der trüben (Tagesmittel der Bewölkung 7/8 oder mehr) bzw. der heiteren (Tagesmittel der Bewölkung unter 2/8) Tage und ihrer absoluten Anomalien (Referenz 1982-2009) dargestellt. Die Datengrundlage dafür sind Daten des AVHRR Instruments auf den polarumlaufenden Satelliten (NOAA, METOP). Daher weicht aufgrund der Datenverfügbarkeit auch der Referenzzeitraum von der Normalperiode 1961-1990 ab. Der Vorteil der satellitengestützten Karten liegt u.a. in der vollständigen räumlichen Abdeckung, während die Karten auf der Basis von Beobachtungsstationen nur auf dem Land Informationen liefern.
Nachteile ergeben sich aus der Tatsache, dass die Satelliten, die Wolken unterer Stockwerke der Atmosphäre nicht erfassen können, wenn gleichzeitig höhere Wolken auftreten. Daher sind die Satellitendaten mit in situ Beobachtungen des Bedeckungsgrades oft nicht vergleichbar. Generell stellt die räumliche Verteilung der Sonnenscheindauer ein Negativbild der Verteilung von Bewölkung und Niederschlag dar.

Winter 2012/2013

Der **Winter 2012/2013** (Abb. 8, oben) war in weiten Teilen Europas relativ sonnenscheinarm. Abgesehen von lokal auftretenden positiven Anomalien zeichneten sich Teile Nordosteuropas, Südnorwegen und der südliche Teil Spaniens durch eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer aus. Im **Dezember 2012** erhielten vor allem Polen, Tschechien, die Ostalpen und Russland mehr Sonnenstunden als normal. Im **Januar 2013** herrschte in weiten Teilen Europas trübes Wetter vor. Eine Ausnahme stellten der Mittelmeerraum mit dem südlichen Teil der Iberischen Halbinsel und Südfrankreich sowie der Nahe Osten dar, wo die Sonnenscheindauer 150 % des langjährigen Mittels erreichte. Der Norden Zentraleuropas und die Südukraine verzeichneten dagegen weniger als 25 % Sonnenstunden. Der Januar 2013 gehörte in einigen Ländern zu den trübsten seit vielen Jahren: z. B. in Deutschland seit 1951, in Frankreich seit 1950 gefolgt vom Januar 2004 und 1970. Auch der **Februar 2013** zeichnete sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, fast in ganz Europa durch trübes Wetter mit wenig Sonnenschein aus. Mehr Sonnenstunden als normal meldeten die Britischen Inseln, größerer Teil der Iberischen Halbinsel, Südwestfrankreich und die Türkei sowie im Norden das Baltikum, Süd- und Nordnorwegen.

Frühling 2013

Im **Frühling 2013** (Abb. 8, Mitte oben) fällt eine Zweiteilung Europas in Hinblick auf die Anzahl der Sonnenscheinstunden auf: Der
westliche Teil mit wenig Sonne und der östliche Teil (u. a. ganz Skandinavien, Russland und Türkei) mit viel Sonnenschein. Im **März 2013** schien die Sonne länger als normal in Skandinavien, im Baltikum und Nordrussland aber auch in Norddeutschland, Dänemark, Polen und in der Ukraine. In anderen Teilen wurden entweder durchschnittliche oder unter dem Mittel liegende Werte gemeldet. Im **April 2013** verzeichneten einige Teile Europas ein trübes, wolkenreiches Wetter mit einem Bewölkungsgrad von über 6/8 (z. B. Südfrankreich, Schweiz, Nordwestitalien, Zentral- und Süddeutschland und Tschechien), das mit einem ausgedehnten Tiefdruckgebiet über dem westlichen Mittelmeerraum korrespondierte. Gebiete mit weniger als 10 trüben Tagen registrierten mehr Sonnenstunden als normal. Der **Mai 2013** präsentierte sich vor allem in West- und Zentraleuropa mit wenigen Sonnenscheinstunden; In Frankreich, Deutschland und in der Schweiz wurden weniger als 150 Sonnenscheinstunden (75 % des Mittels 1961-1990), lokal sogar weniger als 100 Stunden (unter 50 %) gemessen. Sonniger als normal war es dagegen in Nordosteuropa, teilweise in Südeuropa und im Nahen Osten. Die höchsten Werte mit mehr als 300 Sonnenscheinstunden (125 % des Mittels) wurden in Schweden und an der Nordostküste des Schwarzen Meers gemessen.

Sommer 2013

Der **Sommer 2013** (Abb. 8, Mitte unten) war fast in ganz Europa sonniger als normal. Die höchste Sonnenstundenzahl (1064 Std.) wurde aus Warschau gemeldet. Dies entsprach in etwa 150 % des Mittels von 1961-1990 und 175 % des Mittels 1971-2000. In Österreich war es der sonnigste (1. Rang zusammen mit den Jahren 1887 und 1904). Im äußersten Südosten der WMO Region VI herrschte dagegen trübes Wetter vor. Der **Juni 2013** brachte überdurchschnittlich viele Sonnenstunden (+25 %) vor allem für Osteuropa und die Arktis. Am 6. Juni beispielsweise schien die Sonne in Lappland fast volle 24 Stunden. Russland aber auch in Südspanien bekamen mehr als 350 Sonnenstunden in diesem Monat. Bewölkt und trüb war es dagegen in Nordwest- und Westeuropa. Reykjavik (Island) verzeichnete die höchste Zahl trüber Tage seit 1995. Auch für die Türkei und den Nahen Osten wurden überdurchschnittlich viele trübe Tage ermittelt. Für die Defizite in der Sonnenscheindauer in Nordost- und Westeuropa und Überschüsse in Osteuropa war ein Zirkulationsmuster verantwortlich, das von einem intensiven Islandtief und einem zwar nicht abnormal intensiven, aber weit nach Osten reichenden Azorenhoch geprägt war. Auf der Ostflanke des Islandtiefs drang feuchte Luft nach Westeuropa und Skandinavien vor und sorgte dort für instabiles Wetter. Dagegen wurden in Nordwestruss-

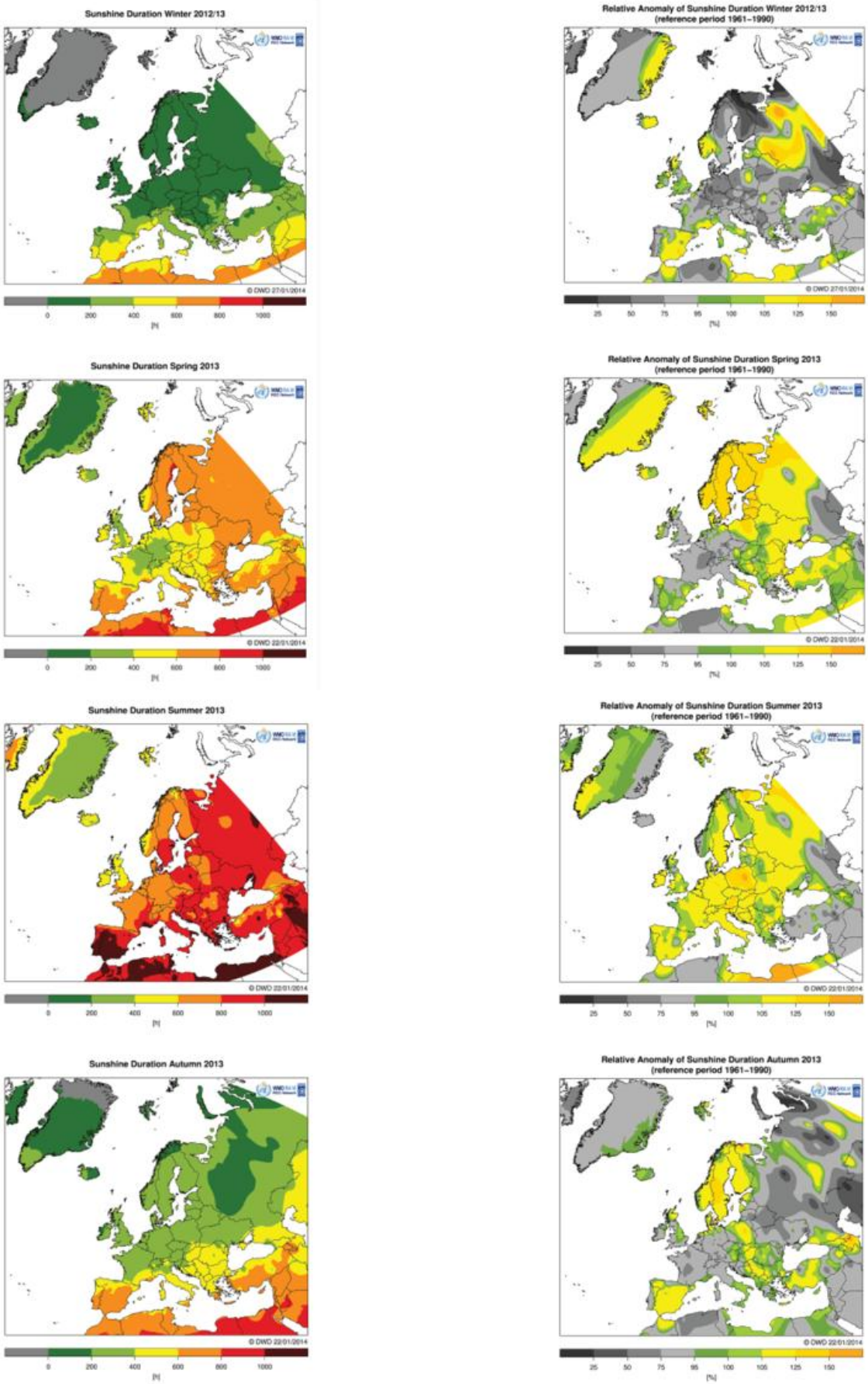


Abb. 8: Mittlere Sonnenscheindauer in h (links) und deren Abweichungen in % vom langjährigen Mittel 1961-1990 aus Stationsbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

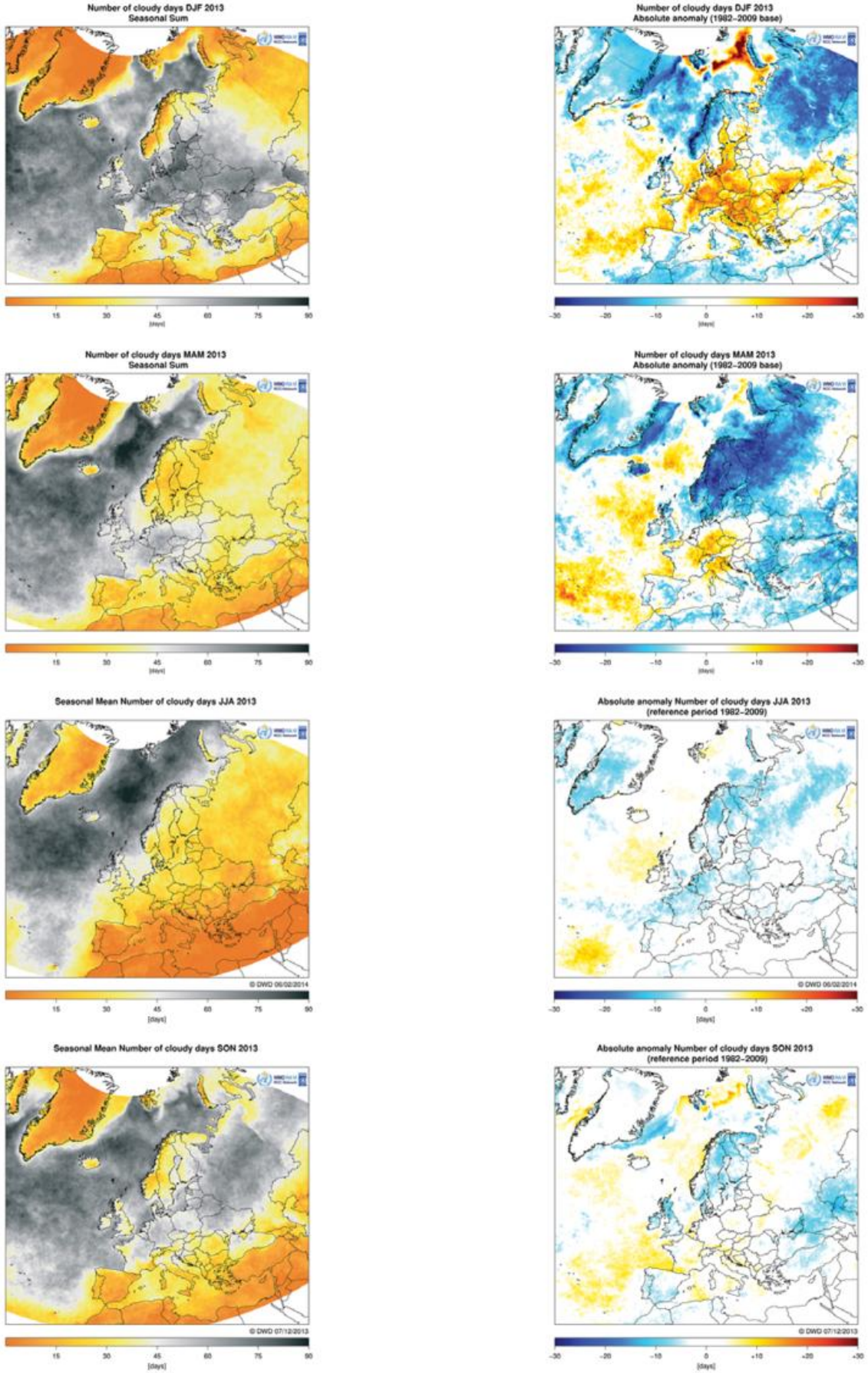


Abb. 9: Anzahl trüber Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

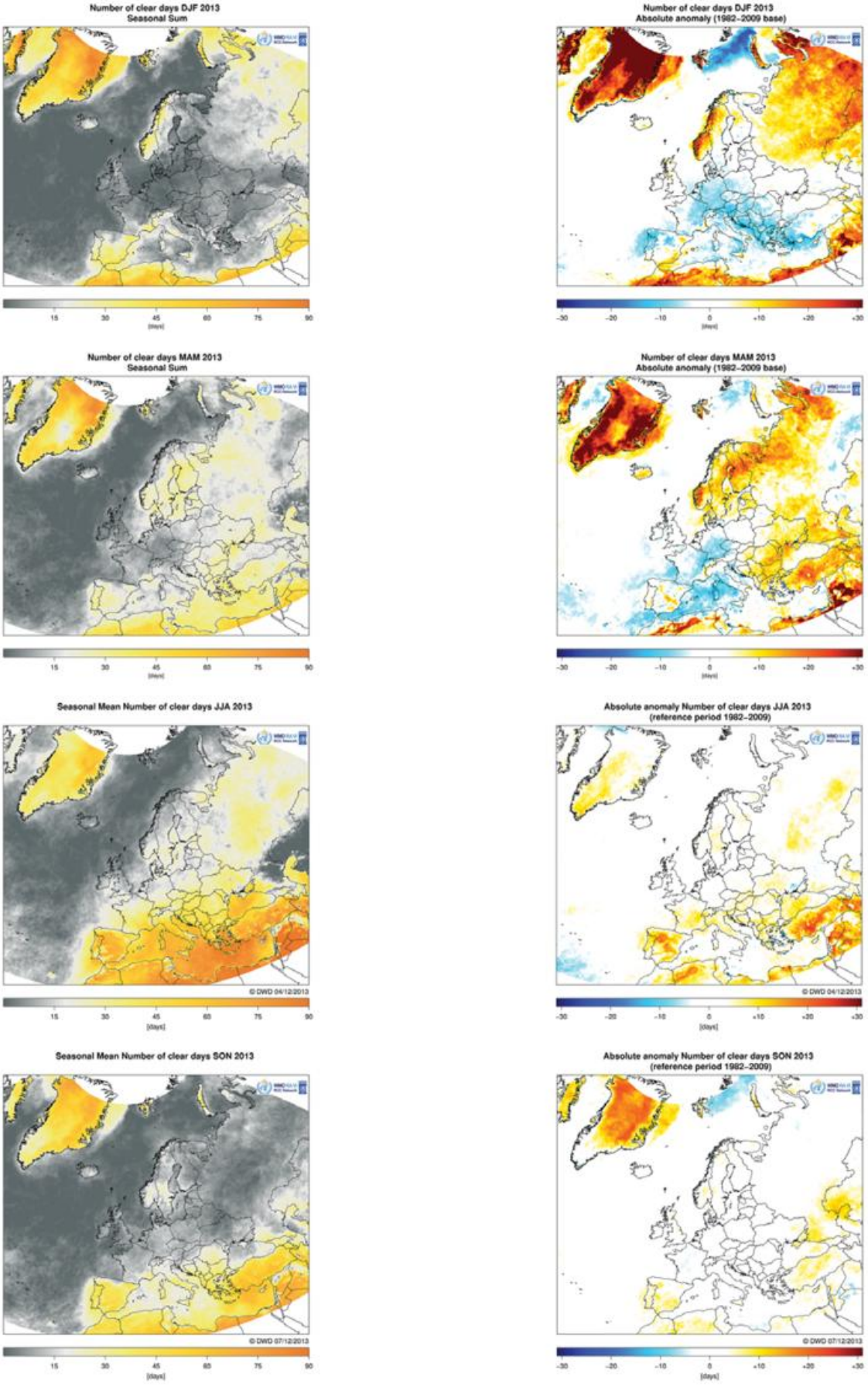


Abb. 10: Anzahl heiterer Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

land die höchsten positiven Temperaturanomalien notiert. Im Südwesten Europas herrschte unter dem Einfluss des Azorenhochs sonniges Wetter vor. Das über der Türkei und dem Nahen Osten liegende Tief sorgte dort für ein trübes aber nicht niederschlagsreicheres Wetter als normal. Der Juli 2013 wartete mit einem relativ hohen Sonnenstundenüberschuss in einigen westeuropäischen Ländern auf. In Nordfrankreich wurden +45-+63 % mehr Sonnenstunden als im Mittel der Jahre 1991-2000 beobachtet, in Deutschland war der **Juli 2013** der 2.-sonnigste seit 1951. Mit einer unterdurchschnittlichen Sonnenscheindauer zeichneten sich der östliche Teil des Mittelmeerraumes, der Nahen Osten und Westrussland aus. Der **August 2013** war in weiten Teilen Europas (z. B. Skandinavien, Polen und Nordrussland) sonniger als normal. In Polen wurde ein hoher Sonnenscheinüberschuss von bis zu 60 Stunden beobachtet. Eine Ausnahme bildeten die Britischen Inseln, der östliche Mittelmeerraum, der Nahe Osten und Teile Russlands.

Herbst 2013

Im **Herbst 2013** (Abb. 8, unten) zeichnete sich der größte Teil der WMO Region VI durch eine unterdurchschnittliche oder um den Mittelwert schwankende Sonnenscheindauer aus. In Deutschland lag der Herbst auf dem 13. Platz unter den trüben Herbstmonaten Auffällig war das sonnenreichere Band, das sich von Skandinavien über Polen bis zum Balkan und einige Teile der Türkei erstreckte und die Gebiete mit trüben Wetter in West- und Osteuropa voneinander trennte. In Südwesteuropa erhielt die Iberische Halbinsel, ausgenommen Portugal und Nordspanien, mehr Sonnenstunden als normal. Der Sonnenscheindauerüberschuss belief sich dort auf +5-+25 % und in Mittel- und Südschweden auf +5-+50 % bezüglich des Mittelwertes 1961-1990 was in etwa +20 bis +50 Stunden entsprach. In Polen und im Balkangebiet reichte dieser Überschuss bis zu 20 Stunden. Entsprechend war dort der Wolkenbedeckungsgrad abgeleitet aus Satellitendaten mit etwa 50 bis 37 % gering. Über den größten Teil Osteuropas herrschte trübes Wetter mit einer unterdurchschnittlichen Sonnenscheindauer vor.

Globalstrahlung

Der **Winter 2012/2013** (Abb. 11, oben) zeichnete sich in fast ganz Europa durch geringere Strahlung am Boden aus, mit Werten von weniger als 50 % des Normalen, wie ja schon durch die Sonnenscheindauer dokumentiert wurde. Dies spiegelt sich auch in den überdurchschnittlichen Niederschlägen und teilweise negativen Temperaturanomalien wieder.

Dieses Bild setzt sich im **Frühling 2013** (Abb. 11, Mitte oben) fort. Nur in Nordeuropa ist die solare Einstrahlung am Boden überdurchschnittlich.

In Zentral- und Westeuropa war der **Sommer 2013** (Abb. 11, Mitte unten) freundlicher als normal, verbunden mit weniger Niederschlag und höheren Temperaturen. In Nordeuropa gab es aber etwas geringe Globalstrahlungswerte.

Während des **Herbst**es **2013** (Abb. 11, unten) war vor allem Skandinavien von positiven Globalstrahlungsanomalien verwöhnt, was sich auch in höheren Temperaturen und geringeren Niederschlägen zeigte. Dagegen herrschten in Zentral und Osteuropa negative Anomalien vor.

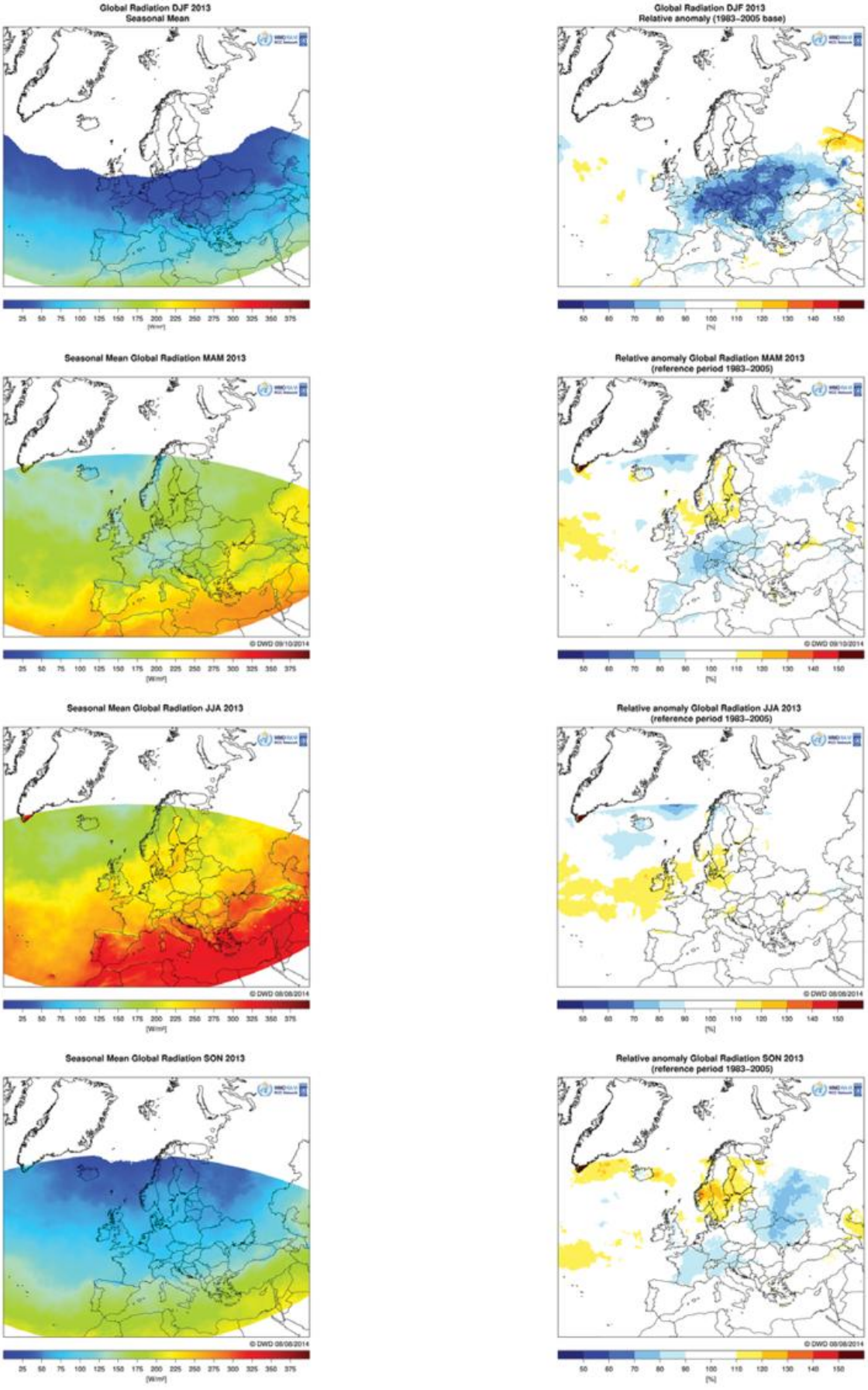


Abb. 11: Mittlere Monatssummen der Globalstrahlung in W/m² (links) und deren relative Anomalie in % vom langjährigen Mittel 1983-2005 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich auch die Jahreszeiten hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben. Aus den verfügbaren Indizes wurden für jede Jahreszeit je ein repräsentativer Index für die Temperatur und den Niederschlag ausgewählt. Diese sind in Abb. 12 dargestellt.

Winter 2013/2013

Anhand der Anomalien für die Zahl der Eistage (Maximumtemperatur < 0°C (Abb. 12, links oben)) wird der kühle Charakter des Winters 2012/2013 in Zentral- und Nordeuropa deutlich mit deutlich mehr Eistagen als normal. Der Balkan und Südosteuropa weisen weniger Eistage als gewöhnlich auf. Ein ähnliches Bild zeigen auch die Zahl der Niederschlagstage über den 95 % Perzentilwerten der jeweiligen Zeitreihe (Abb. 12, rechts oben) denn während kalter Tage gibt es schwächere Niederschläge. Nur in Italien finden sich 3 Stationen mit stärkeren Niederschlägen.

Frühling 2013

Der Frühling 2013 zeichnet sich in West- und Zentraleuropa durch eine überdurchschnittliche Anzahl kühlerer Tage aus d.h. durch eine Tagesmitteltemperatur die unter den 10 %-Perzentilwerten liegt (Abb. 12, links Mitte oben). Nur im Norden Skandinaviens und Osteuropa gibt es Gebiete mit weniger kalten Tagen. Das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage (Abb. 12, rechts Mitte oben) wird vor allem durch den Mai geprägt, da zu der Zeit der Niederschlag in Süd- und Südosteuropa häufig schon konvektiven Charakter aufweist.

Sommer 2013

Im Sommer 2013 ist die positive Anomalie der Anzahl der Tropennächte (Abb. 12, links Mitte unten) vor allem im Mittelmeerraum und am Schwarzen Meer bemerkenswert, die von überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer begleitet war. Die extremen Starkniederschläge in Zentraleuropa spiegeln die Hochwassersituation Anfang Juni wieder durch das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage. (Abb. 12, rechts Mitte unten). Auch die Rekordniederschläge vom Juni, in Norwegen und Finnland, treten deutlich hervor.

Herbst 2013

Im Herbst 2013 zeigt die Zahl der Sommertage das es bis auf Osteuropa, wärmer als Normal war. (Abb. 12, links unten). Die extremen Starkniederschläge, dargestellt durch das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage (Abb. 12, rechts unten), waren im Herbst 2013 ebenfalls sehr markant und nicht nur auf das zentrale Mittelmeer beschränkt, sondern auch am Schwarzen Meer. In den Niederlanden war es der fünfte regenreichste Oktober der letzten 100 Jahre.

ID (ice days)	Eistage: Maximumtemperatur < 0°C
TG10p	Kalte Tage oder Tage mit Tagesmitteltemperatur unterhalb der 10 % Perzentilwerte
TR	Tropennächte: Minimumtemperatur > 20°C
SU	Sommertage: Maximumtemperatur > 25°C
R95p	Zahl der Niederschlagstage oberhalb der 95 % Perzentilwerte
RX5day	Maximum der 5-tägigen Niederschlagshöhe

Tab. 1: Definitionen der in Abb. 12 verwendeten Klimaindizes

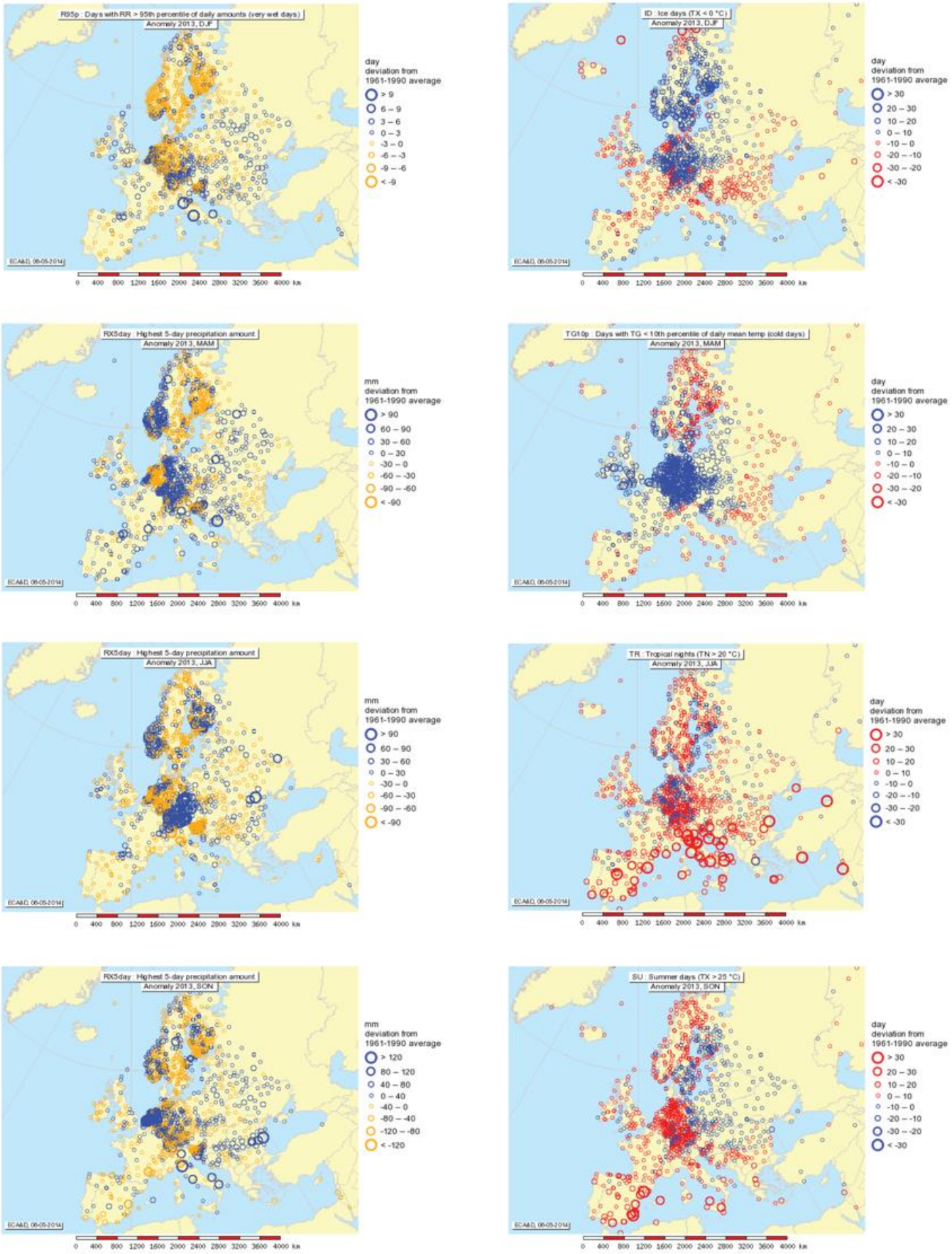


Abb. 12: Anomalien ausgewählter Klimaindizes für Temperatur (links) und Niederschlag (rechts) nach ECA&D für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Besondere Ereignisse

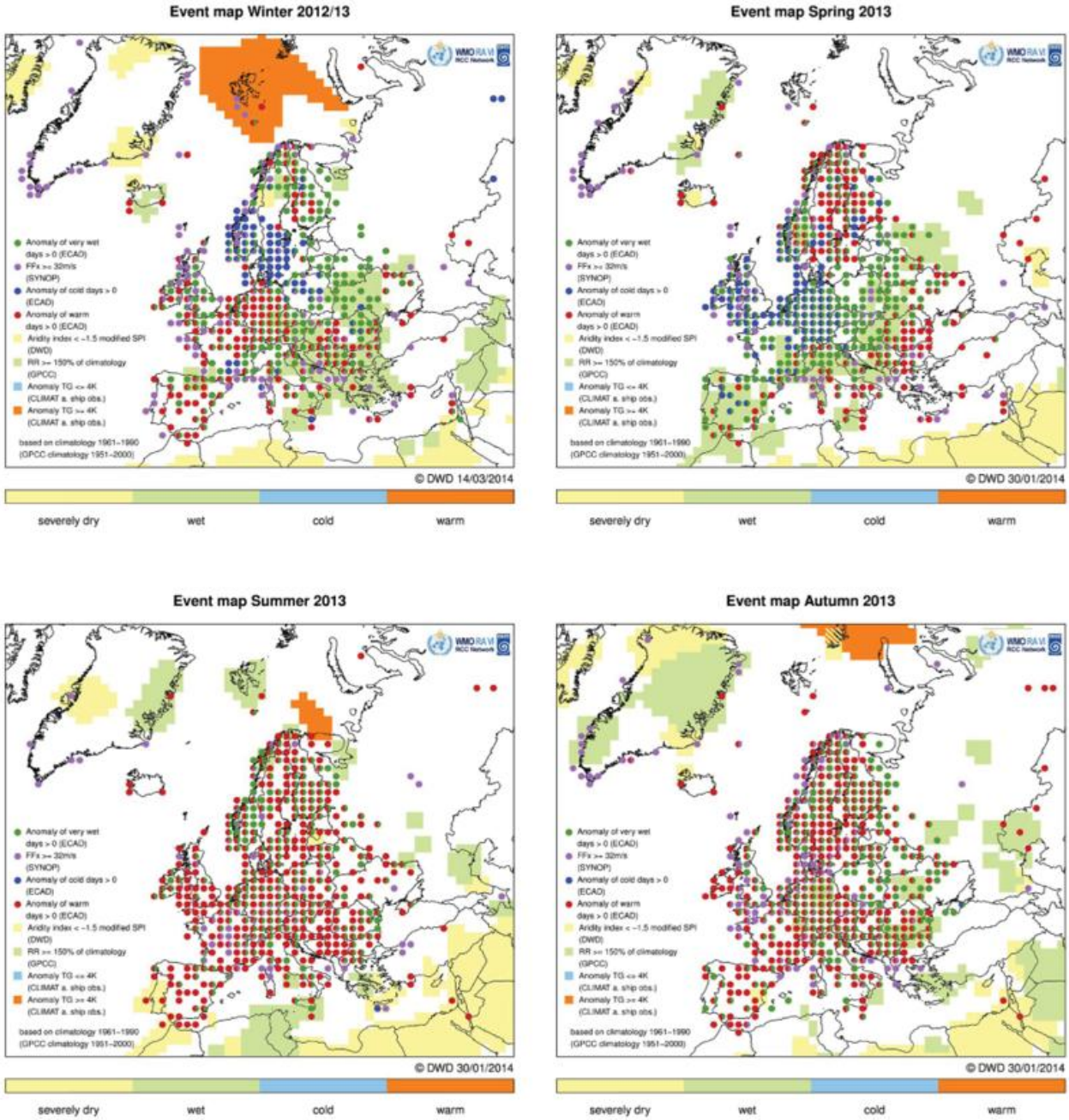


Abb. 13: Ereigniskarten für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

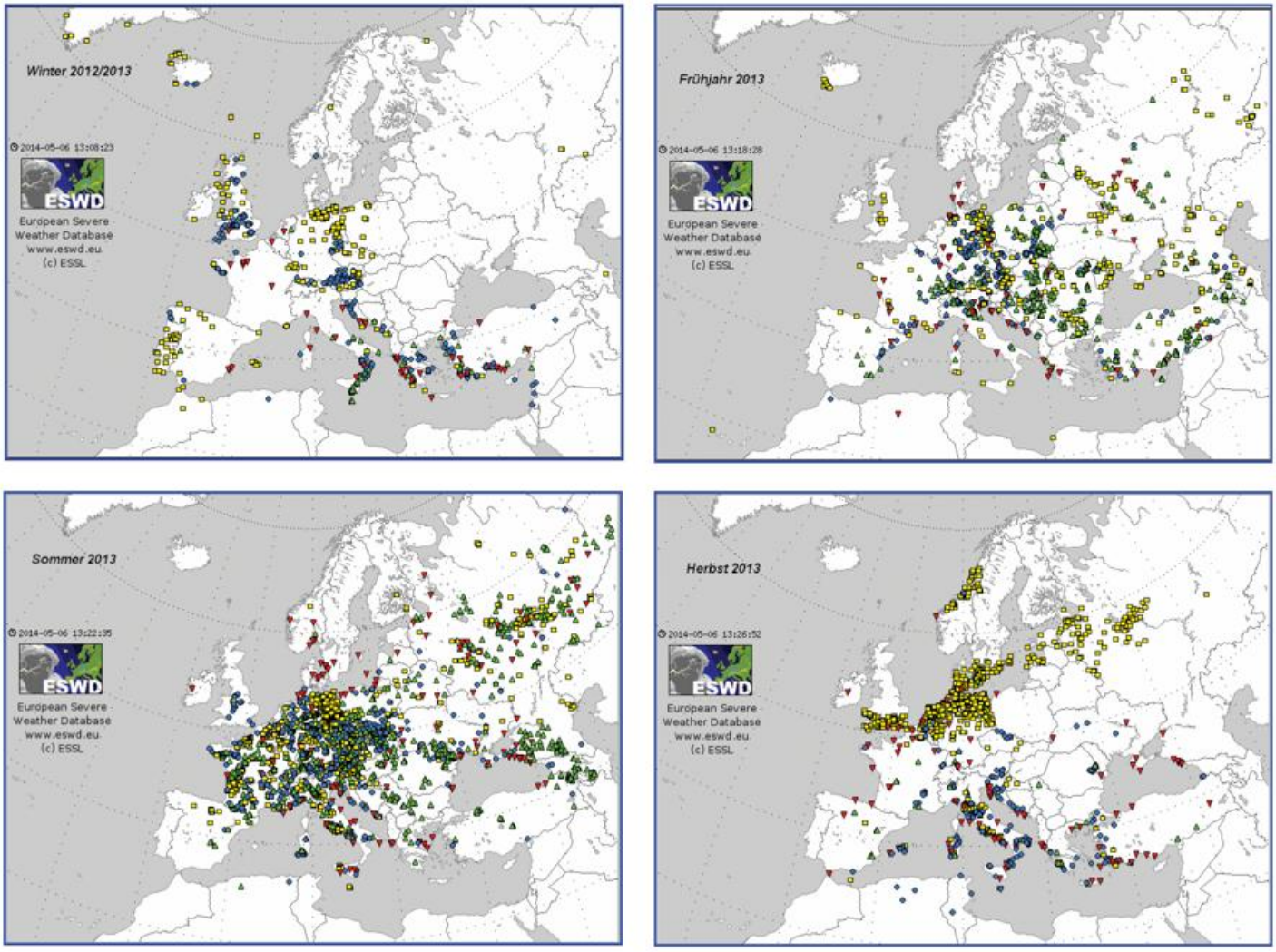


Abb. 14: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene Tornado, Sturm, Hagel und Starkregen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten 2013 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2013

Anfang 2013 wurde der Nahe Osten, vor allem Israel, Libanon, Syrien und Jordanien von Schnee, Frost und Gewittern mit starken Böen getroffen. Ein Tiefdruckgebiet aus dem Mittelmeer wanderte über Zypern und die Türkei nach Jordanien und verursachte dort fast einen Stillstand des Landes. Die Regenmengen überfluteten Straßentunnel und viele Straßen in Amman und andere Teile in der Wüste. In den Bergen, ab einer Höhenlage von 700 Metern, erreichten die Schneehöhen 15 bis 60 cm. In wenigen Tagen wurden Niederschlagsmengen von bis zu 300 mm gemessen, das entspricht über 250 % der üblichen Monatssumme für den Januar. Vom 18. bis 25. Januar 2013 zogen mehrere Frontensysteme über Großbritannien mit schweren Schneefällen, die zu erheblichen Beeinträchtigungen im Straßen- und Schienenverkehr führten.

Der Sturm GONG traf den Nordwesten der Iberischen Halbinsel am 19. Januar 2013 und brachte extrem hohe Windböen von mehr als 25 bis 39 m/s im ganzen Land und Starkniederschläge.

Februar 2013

Am 6. Februar 2013 wurden ungewöhnliche Schneehöhen für Moskau berichtet. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden im Winter 2012/2013 die 1,5-fachen der normalen Schnee-

höhe erreicht.
In Island war der Februar 2013 der 2.-wärmste Februar seit 1871, nach 1964. Durch die damit verbundene Schneeschmelze kam es im Süden zu Überschwemmungen.

März 2013

Anfang März 2013 sorgte ein umfangreiches Tiefdruckgebiet über Südwesteuropa und dem westlichen Mittelmeerraum für kräftige Regenfälle und Sturm. Der Einfluss reichte bis zu den Kanaren, wo Unwetter Erdrutsche auslösten und ein Menschenleben forderten. In Südfrankreich fielen zwischen 100 und 160 mm Niederschlag in 24 Stunden und verursachten Überschwemmungen.
Vom 10. bis 14. März 2013 traten bemerkenswerte Schneefälle in Südengland, Nordfrankreich, den Niederlanden und Deutschland auf und brachten eine Schneedecke mit Höhen von 10 bis 20 cm, lokal in Nordfrankreich mehr als 50 cm. Mehr als 10 cm Schnee lag auch auf den Kanalinseln. Dieses Ereignis verursacht weit verbreitete Verkehrsstörungen und Unfälle.
Ende März war es ungewöhnlich kalt in Mittel- und Osteuropa und im südlichen Skandinavien. Mit Minimumtemperaturen von deutlich unter 10°C wurden in Deutschland für die dritte Dekade des März viele Rekorde gebrochen. Auf Bornholm (Dänemark) wurden am 19. März 36 cm Schnee gemessen.

April 2013

Am 1. April 2013 breitete sich eine Staubwolke von Ägypten und Israel nördlich über das Mittelmeer aus und erreichte Cypern und die Türkei. Am 7. April 2013 breitete sich wieder eine Staubwolke diesmal von Libyen und Ägypten über das Mittelmeer aus und erreichte am 8. April Cypern und die Türkei, wie die Satellitenbilder der NASA zeigen.
Der Sandsturm vom 16. April in Schottland führte zu schlechter Sicht und Dünen auf den Straßen. Am selben Tag ereignete sich in Nordirland ein Schneesturm durch den mehr als 20 000 Schafen umkamen. Mindestens 10 Stationen berichteten Windböen von 25 m/s oder mehr.
Am 18. April verursachte ein Sturm in Norddeutschland schlechte Sicht aufgrund von aufgewirbeltem Sand und Staub und die Fehmarnsundbrücke wurde für bestimmte Arten von Fahrzeugen gesperrt.
Vom 19. bis 22. April 2013 führten sehr starke Niederschläge in der Schweiz, die zum Teil als Schnee fielen, zu gebrochenen Bäumen und unterbrochen Stromleitungen. Die höchsten Niederschlagssummen gab es im Tessin, im Maggiatal und dem Misox (ca. 130 mm). Diese Episode wurde von Gewittern begleitet. Eine Woche später wurden im Tessin über 100 mm in 72 Stunden (27.-30. April) gemessen.
Schmelzender Schnee und Eis verursachten in Osteuropa Hochwasser und Überschwemmungen. Im südlichen Litauen hatte der Fluss Ogre am 21. April 2013 den höchsten Wasserstand seit 240 Jahren erreicht.

Mai 2013

Eine erste große Sturmwelle in diesem Jahr zog von Frankreich, Deutschland, Schweiz, Österreich, Polen, Tschechien, Slowakei, Ungarn, Slowenien, Rumänien, Bulgarien bis nach Russland. In der ersten Maiwoche 2013 brachte er Regen mit Hagel und verursachte Schäden von mehr als einer Million Euro. In der Schweiz gab es sogar Todesfälle, als ein Auto von einem Fluss mitgerissen wurde. Die Gewitterzellen blieben entlang einer quasistationären Front, die lokal starke Regenfälle verursachte. Schaffhausen (Schweiz) erlebte den höchsten lokalen 10-minütige Niederschlag seit 1981 mit 32,8 mm (Wiederkehrperiode von 50 bis 100 Jahren). Über Südbayern bildete sich eine Superzelle am Freitag den 3. Mai 2013.
Ende Mai und Anfang Juni 2013 führte eine quasi-stationäre Vb-Wetterlage in Kombination mit einem ausgeprägten Höhentief zu lang anhaltenden und weit verbreiteten Überschwemmungen. Vor allem über dem östlichen Deutschland, Baden-Württemberg, Bayern, Tschechien, Österreich und den angrenzenden Gebieten entlang der Flusseinzugsgebieten von Elbe und Donau. Insgesamt kam es in sieben Ländern zu schweren Überflutungen. Einige neue Rekorde der Wasserstände wurden erreicht (Abb. 15).



Abb. 15: Hochwassermarken in Passau, 2013 ist die zweite von oben (Aufgenommen und zur Verfügung gestellt von Frau Helga Nitsche, 08.10.2014)

Juni 2013

Die Extremen Niederschläge im Alpenraum und im östlichen Mitteleuropa dauern auch im Juni weiter an und verursachten die größten Überschwemmungen in den Flusseinzugsgebieten von Donau und Elbe seit mindestens 1950. Die meisten Niederschläge fielen vom 29. Mai bis 3. Juni 2013, mancherorts mehr als 400 mm mit Wiederkehrzeiten von mehr als 100 Jahren. Die Böden waren so gesättigt, dass der Niederschlag oberirdisch abfloss. Die Wasserstände der Flüsse erreicht historischen Hochstände (z.B. Passau den höchsten Wasserstand seit 1501, Abb. 15). Einige Deiche brachen und die Schäden durch Überflutung von Straßen und Eisenbahnlinien, Gebäuden und landwirtschaftlichen Flächen wurde auf einige Milliarden Euro geschätzt. Der Schiffsverkehr auf großen Flüssen musste bis zu 2 Wochen unterbrochen werden. Mindestens 25 Todesopfer waren zu beklagen und mehr als 50.000 Menschen mussten ihre Häuser verlassen.
Am 19. Juni ereignete sich in der Region Côte d'Or im Nordosten Frankreichs ein Tornado der Stärke F3. Er hatte 14 km Bodenkontakt und war in einen Macroburst eingebettet. Dies war der stärkste Wirbelsturm in Frankreich seit 2008.
Die Zahl der Gewitter im Juni in Finnland lag mit 78.000 Wolke-Erde-Blitze mehr als doppelt so hoch wie der langfristigen Durchschnitt. Die meisten Blitz wurden am 27. Juni mit 28.500 Wolke-Erde-Blitze aufgezeichnet. Das letzte Mal gab es so etwas im Juni 1995.
In Bulgarien wurden 21 Tage mit Hagel gezählt, 9 Tage mehr als normal. Großer Hagel Ende Juni verursachte erhebliche Schäden in der Landwirtschaft, vor allem bei Obst und Gemüse.

Juli 2013

In Georgien kam es am 19. Juli in 2 Regionen (Westen und Norden) zu Überschwemmungen. In der Zeit vom 19. bis 30. Juli berichten 8 Stationen Niederschlagshöhen zwischen 0,4 und 33 mm/d, die sich zu 16 bis 84 mm in der Zeit aufsummierten.
Am 27. Juli trafen die wohl intensivsten Gewitter der letzten Monate die Niederlande und Deutschland. Große Hagelkörner von 5 cm und mehr, sogar bis zu 10 cm, führten an vielen Orten zu Schäden an Bäumen, Straßen, der Eisenbahn und Gebäuden.

August 2013

Vom 4. bis 6. August 2013 herrschten sehr intensive Gewitter in Frankreich, Deutschland und Österreich. Extreme Hagelkörner mit einer Größe von 4-10 cm wurden beobachtet (einer hatte einen Durchmesser von 14 cm und einem Gewicht von 360 g, in Undingen bei Reutlingen, Baden-Württemberg). Blitze verursachten Schäden und Verletzte. Starke Winde fällten Bäume, Regen überflutete Straßen, U-Bahnen und Keller. In Deutschland wurden Windböen von mehr als 25 m/s gemessen, auch an Orten mit geringer Höhe über NN, zum Beispiel: Rheinstetten 30,8 m/s, Lautertal-Oberläuter 27,7 m/s, Frankfurt (Main) 26,6 m/s, Würzburg 28,2 m/s, Bad Kissingen 27,9 m/s, Meiningen 27,8 m/s Neuruppin 27,6 m/s.
Aus der Türkei wurde am 8. August von einer Überschwemmung in Samsun am Schwarzen Meer berichtet. Die Niederschlagsmessung ergab eine tägliche Gesamtmenge von 204,6 mm.
Im August 2013 herrschten in Südeuropa hohe Temperaturen mit viel Sonnenschein und trockenem Wetter. Am 29. August wurde ein Feuer in Portugal von Satellitenbildern (MODIS Instrument auf Aqua Satellit) im Caramulogebirge dokumentiert. Der Rauch zog weit über den Nordatlantik. In diesem Feuer starb ein weiblicher Feuerwehrmann.

September 2013

Am 6. September herrschte in Großbritannien ein Unwetter mit Hagel und sintflutartigem Regen begleitet von Überschwemmungen. Ebenfalls am 6. September verursachten schwere Regenfälle Überschwemmungen und Schlammlawinen in Tirol, Österreich. Gewitter und Regen wurden ebenfalls über großen Teilen Deutschland ausgewiesen. Am 7. September wurde in Mühlheim (Donautal) in Baden-Württemberg eine 10 cm Hagelschicht beobachtet.
Aufgrund extremer Niederschläge vom 12. bis 18. September traten schwere Überschwemmungen in Rumänien, südliches Moldawien und der südlichen Ukraine auf. Beispielsweise wurden für den Bereich Odessa Niederschlagssummen von 200-300 mm berichtet. Neben beschädigten Häusern gab es auch Schäden an der Strom- und Wasserversorgung, was sich auf die Wasserqualität auswirkte. Moldawien berichtete extreme Regenintensitäten von 34 mm in einer Stunde am 13. September bei Cardir-Lunga und 50 bis 77 mm innerhalb von 12 Stunden im Bereich der Briceni Ribnitsa, Rezina, Orhei und Comrat sowie bis zu 172 mm in 12 Stunden bei Cahul.

Oktober 2013

Die extremen Niederschläge am Schwarzen Meer setzten sich auch im Oktober fort. Vom 1. bis 3. Oktober trafen sie den Westen der Türkei und die südliche Schwarzmeerküste. Niederschlagssummen von mehr als 50 mm berichteten eine Reihe von Stationen am Schwarzen Meer. Die höchste Tagessumme wurde von Hopa an der östlichen Schwarzmeerküste mit 153,5 mm am 3. Oktober gemessen.
Auch in Westeuropa fielen vom 19. bis 23. Oktober große Mengen Regen vor allem in der westlichen Mittelmeerregion, den Britischen Inseln und Südnorwegen. Während dieser 5 Tage summierten sich die Niederschläge in der südöstlichen Region Frankreichs auf 100 bis 350 mm. Spanien berichtete, dass innerhalb von 4 Tagen, vom 21. bis 24. Oktober, einige Orte in der Region Galici-

en Summen von mehr als 250 mm erhielten. Auch die Schweiz berichtete Tagessummen von mehr als 50 mm am 22. und 23. Oktober mit 104,8 mm in Magadino als Maximum. Im südlichen Großbritannien verursachte der Regen einen Erdrutsch auf der Autobahn und in Schottland Hochwasser. Ähnlich hohe Tagessummen berichteten vielen Stationen im Süden von Norwegen am 22. Oktober mit 110,7 mm in Kvamskogen und 113,1 mm in Sauda, als höchste Werte.
Am 20. Oktober 2013 wurden mehrere Tornados aus Großbritannien und Frankreich gemeldet. In Frankreich, im Bereich der Bailleul (Nordfrankreich), war es ein F2 Tornado. Der typische Bereich der Windböen für diese Klasse von Tornados ist 48,8 bis 61,1 m/s. Er hatte eine Breite von 80 m und einen Länge von 9 km. Drei weitere Tornados traten an diesem Tag in Frankreich (L'Orne, l'Eure und la Somme) mit Spitzenböen im Nordwesten des Landes von 27,8 m/s. In Großbritannien beschädigte wahrscheinlich ein kleiner Tornado in Hayling Island 100 Häuser.
Das Sturmtief "Christian" zog von den Britischen Inseln über das nördliche Frankreich, den Niederlanden und Belgien, dem nördlichen Deutschland nach Dänemark, Schweden (dort mit dem Namen 'Simone') und weiter in die baltischen Staaten. Die höchsten Windböen wurden von einem dänischen Sender mit 53,5 m/s registriert, in Großbritannien waren es 50,9 m/s, in Deutschland 47,8 m/s, den Niederlande 42,2 m/s, Frankreich 40,8 m/s, Schweden 42 m/s, Estland 33 m/s. Der niedrigste Luftdruck wurde mit 968 hPa im dänischen Aalborg beobachtet. Der Sturm forderte insgesamt 14 Todesopfer (meist durch umgestürzte Bäume) und Schäden an den Bahnen, Straßen und an Gebäuden.

November 2013

Am 16. November wurde Norwegen von einem Sturmtief getroffen, das vor allem Schäden an Häusern und Stromleitungen verursachte. Einige Häuser wurden sogar vollständig zerstört. Extreme Niederschläge gab es mit Tagessummen von 50 mm und mehr bei mindestens 10 Stationen mit einem Höchstwert von 104,9 mm in Stryn. Norwegen berichtete auch Wellenhöhen von 12,5 m für diesen Tag.
Im westlichen Mittelmeer verursachte der Zyklon 'Cleopatra' sintflutartigen Regen mit Überschwemmungen und forderte nach Medienangaben, mindestens 18 Todesopfer auf Sardinien. Der am stärksten betroffene Ort, Olbia, meldete 204 mm Niederschlag innerhalb von 3 Tagen. Zum Vergleich: die langjährige Monatssumme für November auf Sardinien ist 56 mm für Olbia und Cagliari (1961-1990). Die mittlere Jahressumme beträgt 582 mm für Olbia und 427 mm für Cagliari. So erhielt Olbia fast 4-mal die mittlere Niederschlagshöhe für November und fast ein Drittel des jährlichen Gesamtniederschlags innerhalb von 3 Tagen.

Dezember 2013

Sturmtief XAVER zog vom 4. bis 7. Dezember von Süden Islands über die Färöer nach Norwegen und Südschweden und weiter über die Ostsee nach Estland, Lettland und Litauen. Es hatte seinen niedrigsten Kerndruck am 5. Dezember um 18 Uhr UTC über Norwegen (960 hPa). Xaver war von einer Sturmflut begleitet und wegen der zu erwartenden Windgeschwindigkeiten und der Gezeiten wurde er mit dem Sturm vom Februar 1962 verglichen. Durch die frühzeitigen Warnungen und die viel höheren Deiche blieben die Auswirkungen aber weit geringer. Dennoch hatte XAVER schwere Auswirkungen zum Beispiel in Schottland und auch im Norden von Deutschland.
Sehr hohe bis extrem hohe Niederschlagssummen wurden in Israel, Jordanien und im Westen Syriens vom 10. bis 14. Dezember 2013 registriert. Die höchsten Tagessummen von über 100 mm fielen am 12. Dezember. 120 Stundensummen von über 50 mm zeigten fast 400 Stationen in Israel und an fast 300 Stationen wurden mehr als 100 mm gemessen, 100 Stationen meldeten mehr als 200 mm und die höchste 120 Stundensumme trat bei Talme Yafe (321 mm) auf. Eine Suche nach ähnlichen 4-5-tägigen Vorkommnissen in der Vergangenheit zeigte, dass seit Beginn der Aufzeichnungen in den 1940-50er Jahren, ein vergleichbares Ereignis Ende November bis Anfang Dezember 1991 vorkam.
Der Sturm DIRK war einer in einer Reihe von Stürmen im Dezember, die Großbritannien und Nordfrankreich am stärksten getroffen hatten. Es gab viele Schäden und mehrere Todesopfer. Der sehr geringe Kerndruck war bemerkenswert. Stornoway registrierte 936,8 hPa, der zu den niedrigsten auf den britischen Inseln seit 1886 zählt (ein noch niedrigerer Kerndruck von 925,4 hPa wurde in Ochtertyre am 26. Januar 1884 aufgezeichnet). Die angegebenen maximalen Windböen reichten von 35 bis 46 m/s an mehreren Stationen.

Quellen und Referenzen:

Allgemein:

Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71-99, doi:10.5194/essd-5-71-2013.

Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds., 2014: State of the Climate in 2013. Bull. Amer. Meteor. Soc., 95 (7), S1–S257.
Brugge, R. (2013): World Weather News 2013; University of Reading, UK; http://www.met.reading.ac.uk/~brugge/world2013.html

Dartmouth Flood Observatory (http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html)
European Severe Weather Database ESWD (http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi)
European Climate Assessment & Dataset ECA&D (http://www.ecad.eu/)

Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201"

Monatliche Berichte und Pressemitteilungen der Nationalen Meteorologischen und Hydrologischen Dienste in der RAVI (Links siehe in http://www.wmo.int/pages/members/region6_en.html)

Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://www.dwd.de/rcc-cm; ► Produkte ►Berichte)

Annual Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://www.dwd.de/rcc-cm; ► Produkte ►Berichte)

Monthly Event Calendars, (http://www.dwd.de/rcc-cm; ► Produkte ►Besondere Wetterereignisse/ mit weiteren Quellenhinweisen zu den Ereignissen)

Satellite Application Facility on Climate Monitoring CM SAF (http://www.cmsaf.eu)

Das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) (http://gpcc.dwd.de)

van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., Klein Tank, A. M. G. and Verver, G. (2013) Monitoring European averaged temperature based on the E-OBS gridded dataset. J. Geophys. Res., 118, 5120-5135, doi:10.1029/2012JD019006

WMO, 2014: WMO statement on the status of the global climate in 2013. WMO-No. 1130, World Meteorological Organization, 24 pp. (http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=15957)

Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

Bissolli P., H. Nitsche und A. Becker 2013: Kälte und Schneesturm im Nahen Osten (http://www.dwd.de/rcc-cm)

Deutschländer T., K. Friedrich, S. Haeseler, C. Lefebvre 2013:Orkantief XAVER über Nordeuropa vom 5. bis 7. Dezember 2013 (http://www.dwd.de/rcc-cm)

Haeseler S., C. Lefebvre 2013: Orkantief CHRISTIAN am 28. Oktober 2013 (http://www.dwd.de/rcc-cm)

Herring, S. C., M. P. Hoerling, T. C. Peterson, and P. A. Stott, Eds., 2014: Explaining Extreme Events of 2013 from a Climate Perspective. Bull. Amer. Meteor. Soc., 95 (9), S1–S96.

Stein, C., Malitz, G., et al. (Hrsg.: Deutscher Wetterdienst): Das Hochwasser an Elbe und Donau im Juni 2013. Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 2013. (Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 242)

Das Jahr 2013 im globalen Überblick

C. Lefebvre, A. Becker

Temperatur

Das Jahr 2013 ist zusammen mit dem Jahr 2007 das 6.-wärmste in der Zeitreihe der kombinierten Land-Ozean Oberflächentemperaturen des Met Office Hadley Centre und der Climate Research Unit, Universität von East Anglia (UK), die 1850 beginnt. Die Jahresmitteltemperatur liegt um +0,5 K über dem Mittel der internationalen Referenzperiode 1961 bis 1990. Dabei treten 13 der 14 wärmsten Jahre im 21. Jahrhundert auf. Andere globale Temperaturdatensätze sehen das Jahr 2013 als 4.- bzw. 7.-wärmstes. Für Australien, das mit dem bisher heißesten Sommer (Dezember bis Februar) startete und dem bisher wärmsten Frühling (September bis November) endete, war 2013 das bisher wärmste Jahr seit Beginn der Zeitreihe 1910 und für Neuseeland das 3.-wärmste seit 1909 (Abb. 1). Argentinien verzeichnete mit einer Abweichung von +0,57 K nach 2012 sein 2.-wärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn 1961. Nach dem bisher mildesten November und Dezember war 2013 in Russland das 6.-wärmste seit 1891 und das 9.-wärmste seit 1881 in Belarus, wo die Jahresmitteltemperatur um +1,6 K über dem Mittel (1961-1990) lag. Mexiko und Japan verzeichneten den heißesten Sommer (Juni bis August) seit Aufzeichnungsbeginn und Alaska den 2.-wärmsten. Auch auf der Südhalbkugel fielen diese Monate zu warm aus, womit Neuseeland seinen wärmsten und Australien seinen 3.-wärmsten Winter erlebte. Dagegen zeigte sich der März in weiten Teilen Europas ungewöhnlich winterlich mit viel Schnee, der bei frostiger Witterung bis in den April liegen blieb. Zum ersten Mal seit 1957 war der März im europäischen Teil Russlands kälter als der Februar. Im Norden lagen die Temperaturen um 8-10 K unter dem Durchschnitt. Länder in West- und Mitteleuropa meldeten den kältesten Frühling seit mindestens 25, teilweise sogar 50 Jahren, während der Frühling in Süd- und Osteuropa, wie auch in weiten Teilen Russlands aufgrund ungewöhnlicher Wärme im April und Mai einer der bisher wärmsten war.

Hitzewellen ließen die Temperaturen teilweise auf neue Rekordwerte bis um 50°C steigen. Mit 47,3°C wurde am 4. März in Vioolsdrif in Südafrika die bisher höchste Temperatur auf dem afrikanischen Kontinent gemessen. Australien verzeichnete die höchste Mitteltemperatur für den gesamten Kontinent mit 40,3°C am 7. Januar. Örtliche Rekordwerte wurden in Sydney mit 45,8°C und in Hobart auf Tasmanien mit 41,8°C gemessen. In Moomba/Südaustralien wurden mit 49,6°C und im südlichen Pakistan in Larkana mit 51°C sehr hohe Temperaturen erreicht, die hier aber schon einmal aufgetreten waren. Bei einer lang anhaltenden und weiträumigen Hitzewelle von Anfang Juli bis Ende August in Südchina wurden Tageshöchstwerte von mehr als 40°C an über 300 Stationen verzeichnet. Dabei forderte die Hitze hier 44, in Pakistan, wo in der Vormonsunzeit oft sehr große Hitze auftritt, mehr als 100 Todesopfer.

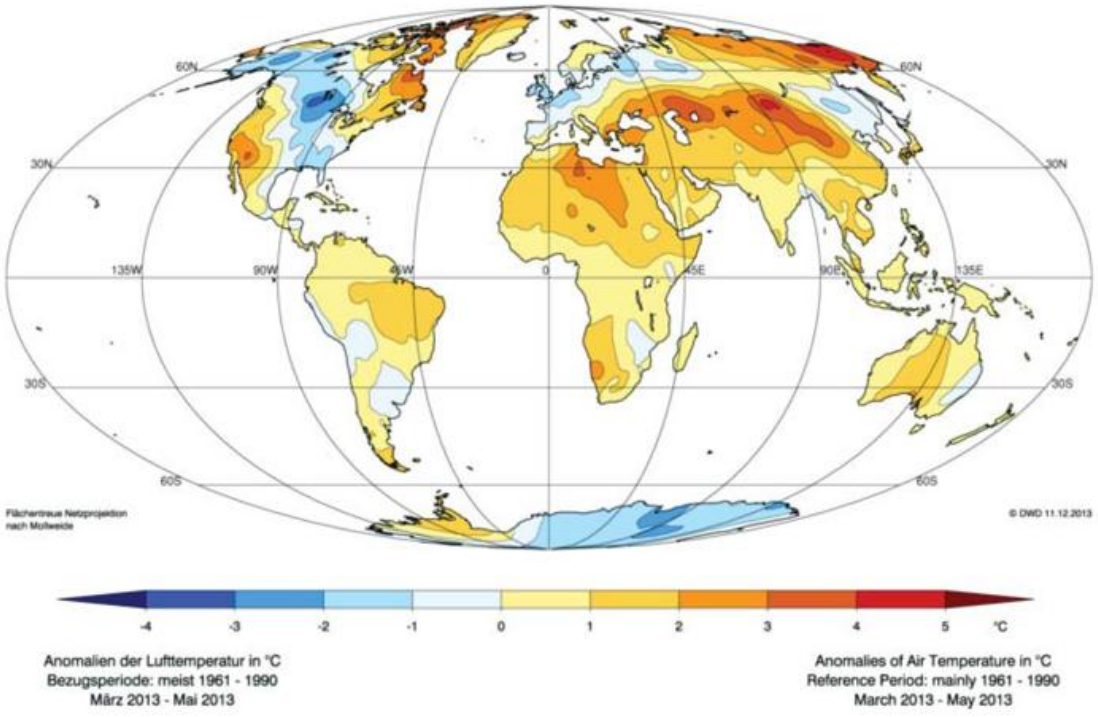


Abb. 1: Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2013 in °C

Niederschlag

Wie im Vorjahr lag nach Berechnungen des National Climate Data Centers der NOAA (USA) das Jahresmittel des Niederschlags nur geringfügig über dem Mittelwert des Referenzzeitraums 1961-1990, der bei 1.033 mm liegt. Regional gab es aber durchaus große Abweichungen zu den Mittelwerten. Überdurchschnittliche Niederschläge fielen weiträumig in der Westhälfte Europas und in den USA östlich der Rocky Mountains mit dem bisher höchsten Jahresniederschlag im zentralen Norden der USA. Auch im Südosten Kanadas, im zentralen Russland und in Teilen Zentral- und Ostindiens war 2013 das bisher niederschlagsreichste Jahr (Abb. 2). Dazu trug der asiatische Südwestmonsun bei, der in diesem Jahr ungewöhnlich rasch nach Norden vordrang und Indien, Pakistan und dem westlichen China überdurchschnittliche Niederschläge brachte. Im Grenzgebiet von Indien und Nepal, wo der Monsun 2-3 Wochen früher einsetzte als gewöhnlich, war die Haupttouristen- und Pilgerzeit von verheerenden Überflutungen betroffen. Mehrere Tausend Menschen kamen ums Leben. Auch der westafrikanische Sommermonsun in der Zeit von Juli bis September war sehr aktiv und brachte der zentralen und westlichen Sahelzone normale bis überdurchschnittliche Regenmengen. Starkniederschläge führten am 28. August in Mali zu Überflutungen des Flusses Nigers, wodurch über 100 Häuser weggeschwemmt wurden und mindestens 37 Menschen ums Leben kamen. Von Ende Mai bis Anfang Juni traten nach kräftigen Regenfällen in Mitteleuropa die Flüsse Donau und Elbe über die Ufer und setzten weite Landstriche in Deutschland, Polen, Tschechien und Österreich unter Wasser. Tropische Wirbelstürme brachten Mosambik und dem Süden Madagaskars mehr Regen als gewöhnlich, während es weiter nördlich in Somalia und im Südsudan zu trocken war.

Äußerst schwach fiel der südamerikanische Monsun aus und führte im Nordosten Brasiliens zu einer der schlimmsten Dürren der letzten 50 Jahre. Fünf Staaten erhielten von der Regierung Hilfslieferungen an Lebensmitteln. In Nordamerika erlebte Kalifornien/USA das trockenste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. Im Juni vernichteten gewaltige Busch- und Waldbrände vor allem in Colorado und Arizona mehrere tausend Hektar Wald und legten mehr als 500 Häuser in Schutt und Asche. 19 Feuerwehrleute kamen ums Leben als sie bei Prescotti/Arizona von den Flammen eingekesselt wurden. In Asien führte nur knapp die Hälfte des gewöhnlichen Niederschlags im südlichen China zu einer sommerlichen Dürre. In Südafrika litten die Staaten Angola, Namibia und Botswana unter einer der stärksten Dürren der letzten 30 Jahre. Die schlimmste Dürre seit Jahrzehnten erlebte auch Neuseeland. Und auch Teile Südaustraliens wurden von Dürren heimgesucht. Ab Juli herrschte Trockenheit in New South Wales, wo Mitte Oktober Busch- und Waldbrände ausbrachen und eine Fläche von mehr als 120.000 Hektar sowie über 200 Häuser rund um Sydney zerstörten.

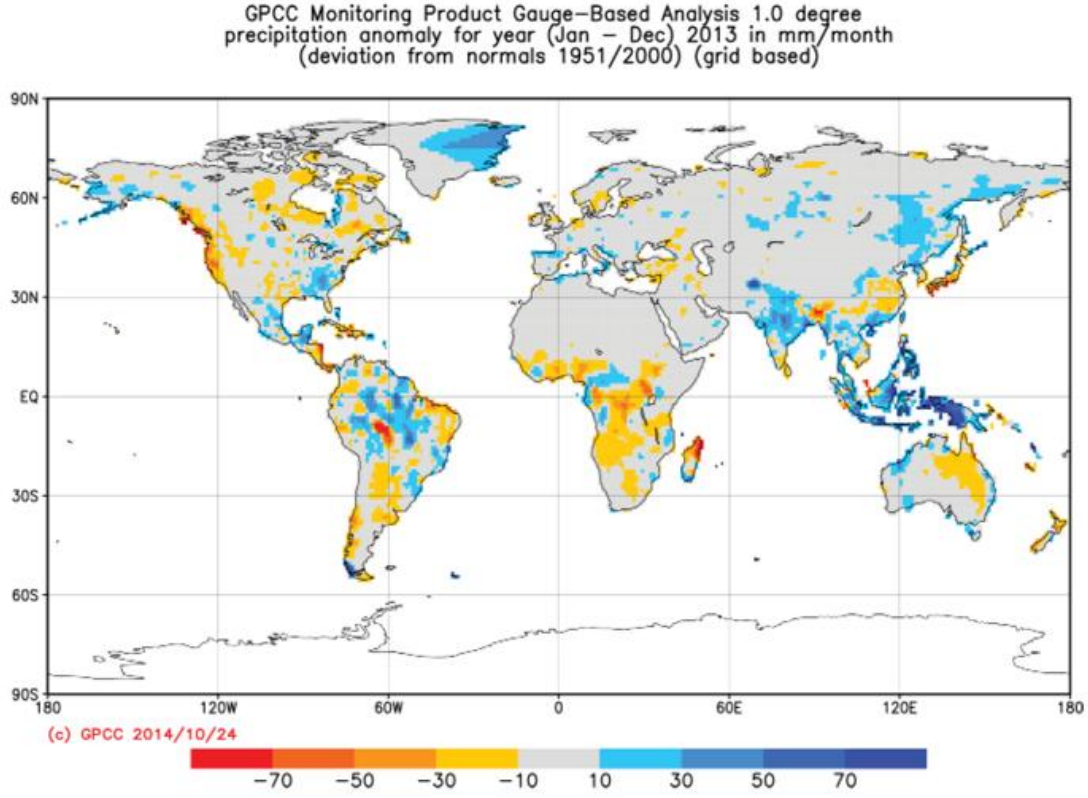


Abb. 2: Globale Verteilung der mittleren absoluten Niederschlagsanomalie des Jahres 2013 gegenüber der WZN Niederschlagsklimatologie 1951-2000

Tropische Wirbelstürme

Die Zahl der tropischen Wirbelstürme über dem Nordatlantik und dem östlichen Nordpazifik lag im Bereich der vieljährigen Mittelwerte, wobei die Zahl der Hurrikane und schweren Hurrikane unter dem Durchschnitt blieb. Zum ersten Mal seit 1958 nahmen Mexiko fast zeitgleich Mitte September zwei tropische Wirbelstürme in die Zange, INGRID vom Nordatlantik her und MANUEL vom östlichen Nordpazifik. Sie brachten sehr ergiebige Regenfälle (in Acapulco 188 mm am 15.09.), die schwere Überschwemmungen und Erdrutsche auslösten und über 190 Menschenleben forderten. Weitaus schlimmere Folgen hatte der Super-Taifun HAIYAN, der die Philippinen unter dem dortigen Namen YOLANDA zwischen dem 7. und 9. November 2013 überquerte. Er gilt als einer der stärksten Taifune, die je auf Land getroffen sind, denn kurz bevor HAIYANs Zentrum die Philippinen erreichte, betrug laut Joint Typhoon Warning Center (JTWC) die geschätzte mittlere Windgeschwindigkeit 314 km/h mit Spitzenböen bis zu 379 km/h. Extreme Verwüstungen und weiträumige Überflutungen durch die von HAIYAN verursachte Sturmflut mit Wellen um 5 m betrafen zahlreiche Ortschaften, u.a. Tacloban, die Hauptstadt der Provinz Leyte. Hunderttausende Menschen wurden obdachlos, über 6.000 starben. HAIYAN wies eine große Ähnlichkeit in Stärke, Zugbahn und in den Auswirkungen mit einem Taifun im Jahre 1912 auf. Zuletzt hatte der Tropensturm THELMA 1991 auf den Philippinen mit 5.000 bis 8.000 eine ähnlich hohe Anzahl an Todesopfern gefordert.

Meereis

Anders als im Vorjahr, erreichte das Abschmelzen des arktischen Meereises im September keinen neuen Rekordwert. Mit 5,1 Mio. km^2 lag seine Ausdehnung um 18 % unter dem Durchschnitt von 1981 bis 2010 und nahm Platz 6 in der Zeitreihe der Satellitenbeobachtungen seit 1979 ein. Demgegenüber nahm die Meereisbedeckung in der Antarktis zur Zeit der größten Ausdehnung im September zu. Sie lag mit 19,47 Mio. km^2 um 2,6 % über dem Mittel 1981 bis 2010 und erreichte, wie schon im Vorjahr, einen neuen Rekordwert.

Quellen:

NOAA National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2013, published online December 2013, retrieved on 14 February 2014 from http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/.
No. 981 Provisional Statement on Status of Climate in 2013: Continuing high temperatures globally and many climate extremes worldwide retrieved on 13 November 2013 from http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/.

Agrarmeteorologische Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes am Standort Bernburg-Strenzfeld

M. Schmidt

Einleitung

Die Kenntnis des gegenwärtigen und zu erwartenden Bodenwassergehaltes oder der Bodenfeuchte eines Standortes bringt mittelbar wirtschaftliche Vorteile. So können beregnungswürdige Kulturen mit entsprechender Beregnungstechnik zu dem Zeitpunkt mit Wasser versorgt werden, wenn Sie es aufgrund Wassermangels benötigen. Angestrebte Erträge und Qualitäten sind damit in einem nicht unerheblichen Maße kontrollierbar, was wiederum unmittelbar wirtschaftliche Vorteile nach sich zieht.
Für den Ackerbau an einem Ort oder in einer Region geben langjährige Mittelwerte der Lufttemperatur, des Niederschlages und der Sonnenscheindauer als Managementwerkzeug Orientierung. Mit diesem Wissen um Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer ist es aber noch nicht getan, wenn es darum geht kritische Phasen im Produktionsprozess der Kulturpflanzen ausfindig zu machen. Von Interesse sind viel mehr die Bodenwasserhaushaltsgrößen Bodenfeuchte, Sickerung sowie Verdunstung. Erst die Kenntnis dieser Größen lassen Rückschlüsse auf notwendig werdende Beregnungsmaßnahmen zu oder geben Aufschluss über die zu gebenden Düngermengen.
Für den Ackerbau- und Forschungsstandort Bernburg-Strenzfeld (BERNBURG 2014) sowie für das Internationale Pflanzenbauzentrum der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG 2014) ist es daher vorteilhaft für zukünftige pflanzenbauliche Untersuchungen langjährige Mittelwerte zur Bodenfeuchte, Sickerung, Klimatischer Wasserbilanz und Verdunstung zu besitzen, um mit diesen Mittelwerten planen zu können.
Der vorliegende Artikel gibt einen methodischen Einblick in die Erstellung langjähriger Mittelwerte für Bodenwasserhaushaltsgrößen, die es in dieser Form für diesen Standort noch nicht gibt. Langjährige Mittelwerte wurden für die Referenzperiode 1961-1990 und für die klimatologischen Standardnormalwerte 1981-2010 gebildet und mit einander verglichen. Ausgewählte Ergebnisse werden dargestellt.

Methodik

Die Berechnung des Bodenwasserhaushaltes für den Standort Bernburg-Strenzfeld ab 1961 erfolgte durch das Bodenwasserhaushaltsmodell METVER von MÜLLER (1987). Dieses erprobte und robuste DWD-interne Modell hat den Vorteil, dass lediglich drei Messgrößen des zu betrachtenden Standortes auf der meteorologischen Seite als Tageswerte vorhanden sein müssen, um Aussagen zur potentiellen und realen Verdunstung, zur Versickerung und zur Bodenfeuchte zu erhalten. Ferner kann das Modell mit Klimaprojektionen betrieben werden, die Bodenwasserhaushaltsszenarien für die Zukunft liefern. Kultur-, naturraum- und bodenspezifische Kenngrößen wurden zudem in METVER eingepflegt, um fruchtart- und standortgenaue Aussagen für die Region Bernburg zu erhalten.

Die Berechnungen erfolgten für die wirtschaftlich relevanten Kulturen Winterweizen und Winterraps sowie für Mais und Zuckerrüben. Zusätzlich wurde der Bodenwasserhaushalt unter Gras ermittelt, da nur Gras als fruchtartunabhängige (Dauer)Kultur per Definition Aussagen zur potentiellen Verdunstung und damit auch zur klimatischen Wasserbilanz zulässt.

Für jede Kultur wurden Tageswerte der Verdunstung, Versickerung und Bodenfeuchte von 1961 bis 2010 berechnet. Im Anschluss erfolgte die Bildung von langjährigen klimatischen Mittelwerten auf Basis der Tageswerte für die Perioden 1961-1990 und 1981-2010. Damit sollte erreicht werden, dass neben der Referenzperiode als Alternative auch die klimatologischen Standardnormalwerte für zukünftige Untersuchungen am Standort zur Verfügung stehen. Ferner können die jeweiligen Mittel verglichen und dadurch Trends oder Tendenzen ausgearbeitet werden. Die Mittelwertbildung erfolgte für die einzelnen Monate, für das Jahr und für ausgewählte mittlere phänologische Phasen der einzelnen Kulturen. Damit die einzelnen Tage in den 30-jährigen Reihen nicht gänzlich in den Mittelwerten untergehen, wurden Klassen gebildet, die jeden Tag in einen bestimmten Bereich (bspw. Tage mit hoher, mittlerer oder geringer potentieller Verdunstung) einordnen.

Ausgewählte Ergebnisse

Die potentielle Verdunstung (PET) gibt die maximal mögliche atmosphärische Verdunstung eines Tages an. Hierfür musste der Bodenwasserhaushalt für Gras berechnet werden, da die PET weitestgehend fruchtfolge- und vegetationsunabhängig per Definition sein muss. Die Berechnungen ergaben eine mittlere Jahressumme der PET im Zeitraum 1961-1990 von rund 600 mm; im Zeitraum 1981-2010 stieg die mittlere Verdunstungssumme um gute 50 mm auf rund 650 mm an. Die größten Zunahmen der Verdunstungssumme gab es aufgrund der gestiegenen Mitteltemperaturen in den Monaten April bis August (BÖTTCHER 2012a). Bei der Klassifizierung der Tage nach geringer (< 1 mm pro Tag), mittlerer (1 bis
5 mm pro Tag) und hoher (über 5 mm pro Tag) PET ergab sich folgende Verteilung:

PET	absolute Zahl der Tage					
	< 1,0 mm		1,0 mm <= PET <= 5,0 mm		> 5,0 mm	
	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010
Januar	930	926	0	4	0	0
Februar	734	693	113	154	0	0
März	470	407	460	523	0	0
April	135	72	765	828	0	0
Mai	15	0	885	864	30	66
Juni	0	0	812	760	88	140
Juli	0	0	822	754	108	176
August	28	0	876	875	26	55
September	89	59	811	841	0	0
Oktober	486	450	444	480	0	0
November	858	836	42	64	0	0
Dezember	930	930	0	0	0	0
Jahr	4675	4373	6030	6147	252	437

Tab. 1: Absolute Zahl der Tage im 30-jährigen Zeitraum (insgesamt 10957 Tage) mit geringer, mittlerer und hoher PET in den einzelnen Mittelwerts-Perioden

In nahezu allen Monaten hat die PET in der klimatologischen Standardnormalperiode gegenüber der Referenzperiode zugenommen. Während die Anzahl der Tage mit geringer potentieller Verdunstung abnahm, stieg die Zahl der Tage mit einer Verdunstung zwischen 1 und 5 mm sowie über 5 mm im Jahr hingegen an (siehe Tab. 1).

Die klimatische Wasserbilanz (KWB) konnte als Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Verdunstung für jeden Tag ab 1961 berechnet werden. Abb. 1 zeigt die mittleren Summen der KWB in den einzelnen Monaten der verschiedenen Untersuchungszeiträume. Bei der klimatischen Wasserbilanz hat sich die mittlere Jahressumme um fast 24 mm im Zeitraum 1981-2010 gegenüber der Referenzperiode verringert, obwohl der mittlere Jahresniederschlag nach Auswertungen von BÖTTCHER (2012b) im selben Zeitraum angestiegen ist. Damit wird eines deutlich: dem Boden kam trotz gestiegener Niederschlagshöhen in jüngster Vergangenheit weniger Wasser zugute. Ursache dafür kann nur die erwärmungsbedingt gestiegene potentielle Verdunstung im Zeitraum 1981-2010 gewesen sein. Besonders nachteilig für die Vegetation der Kulturpflanzen war dabei, dass in der wichtigen Wachstumszeit zwischen April und September die KWB in ihrer mittleren Summe negativ war. Das bedeutete im Mittel mehr Trockenstress für die Pflanzen, da die gestiegene unproduktive Verdunstung (PET) zusätzlich knappes Wasser aus dem System Boden – Pflanze in der Hauptvegetationszeit herausnahm.

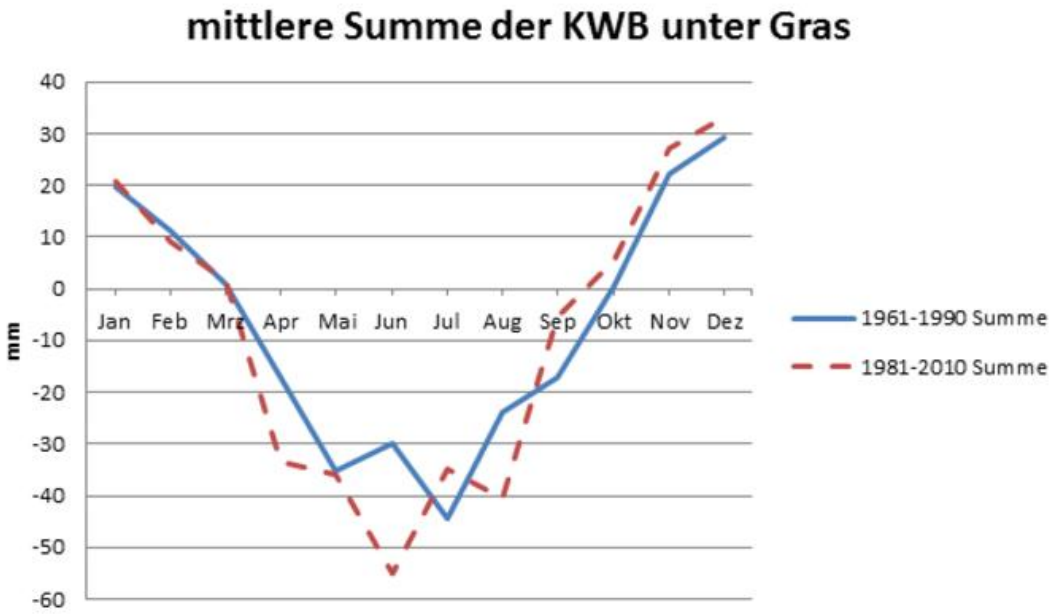


Abb. 1: Mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz in den einzelnen Betrachtungszeiträumen

Im Herbst und Winter zeigt sich dagegen ein anderes Bild: durch die gestiegenen mittleren Niederschläge von September bis März nahm die mittlere Summe der KWB 1981-2010 höhere Werte an als im Referenzzeitraum 1961-1990. Das entstandene Defizit aus den Monaten April bis August konnte dadurch jedoch nicht kompensiert werden!

Die reale Verdunstung (AET) gibt im Gegensatz zur PET die tatsächliche Verdunstung eines Kulturbestandes wider. Meist ist die AET kleiner oder maximal gleich der PET.

Die Auswertung der AET erfolgte nach phänologischen Phasen der Kulturpflanzen und nicht nach Monaten. Abb. 2 zeigt beispielsweise die mittlere AET eines Tages in den einzelnen phänologischen Phasen des Mais. In der Vegetationsruhe (eingebettet in die Phase Gelbreife bis Bestellung) sind die AET und damit auch der Wasserverbrauch mit durchschnittlich 0,5 bis 1,0 mm pro Tag am geringsten. Während des Rispenschiebens und der Blüte sind die Verdunstung und damit auch der Wasserverbrauch mit rund 3 mm pro Tag am höchsten. Ähnliche Werte zeigten sich auch bei den anderen betrachteten Kulturen.

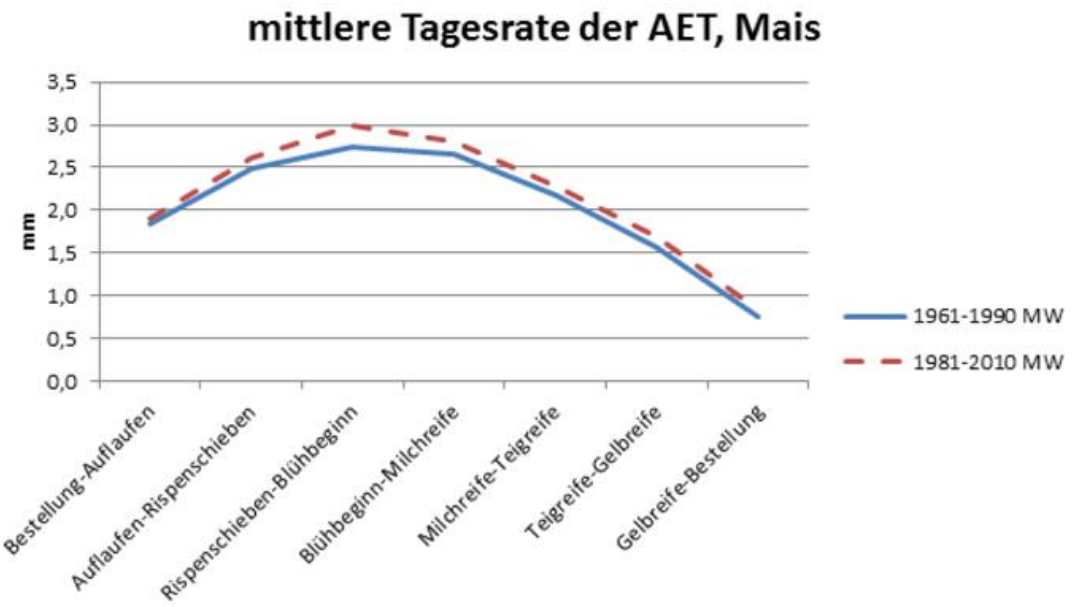


Abb. 2: Mittlere Tagesrate der AET in den einzelnen phänologischen Phasen des Mais in den unterschiedlichen Betrachtungszeiträumen (MW = langjähriger Mittelwert)

Die mittlere Jahressumme der realen Verdunstung lag bei allen Kulturen zwischen 500 und 550 mm pro Jahr. Bei der Auszählung der Tage mit geringer (< 1,0 mm), mittlerer (1,0 mm bis 5,0 mm) und hoher (> 5,0 mm) realer Verdunstung konnte festgestellt werden, dass insgesamt die Anzahl der Tage mit geringer AET gegenüber den Tagen mit mittlerer und hoher AET in jüngster Vergangenheit abgenommen hat! Die reale Verdunstung nahm also im Mittel und in der Summe zu.

Die Berechnung des Sickerwassers in Richtung Grundwasser zeigte, dass es im Mittel der Jahre zwischen 60 und 80 mm Sickerwasser je nach Kulturart in Bernburg-Strenzfeld gab. Am Beispiel der Zuckerrüben in Tab. 2 kann man sehen, dass sich die Tage mit Sickerwasserbildung im Wesentlichen auf die Vegetationsruhe (Ernte – Bestellung) im Mittel beschränken. In dieser Zeit ist die Verdunstung und der Wasserverbrauch der Kulturen niedrig bis kaum gegeben und die Bodenfeuchte hoch. Erst wenn die Bodenhorizonte mit Wasser gesättigt sind (Bodenfeuchten bei/um 100 %nFK) kommt es zu Versickerungen in tiefere Bodenschichten und in Richtung Grundwasser. Der Anteil der Tage mit solch einer Sickerwasserbildung lag bei den verschiedenen Kulturen durchschnittlich bei 5 bis 6 % der Gesamttagesanzahl eines Jahres. Somit kann davon ausgegangen werden, dass im Mittel an ca. 20 Tagen im Jahr Sickerwasserströme in Richtung Grundwasser auftreten, die mobile Nährstoffe wie beispielsweise Nitrat ins Grundwasser verfrachten können. Ein Grund für die leichte Zunahme der Tage mit Sickerwasser und der Sickerwassersumme selbst im Zeitraum 1981-2010 gegenüber der Referenzperiode von 1961-1990 könnte in den höheren mittleren Niederschlagssummen im Herbst und Winter an Standort Bernburg-Strenzfeld liegen (BÖTTCHER 2012b).

Sickerwasser	absolute Zahl der Tage			
	kein Sickerwasser		> 0,0 mm	
	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010
Bestellung-Auflaufen	582	583	18	17
Auflaufen-Bestand geschlossen	1306	1300	14	20
Bestand geschlossen-Ernte	3459	3466	21	14
Ernte-Bestellung	5038	4968	519	589
Jahr	10385	10317	572	640

Tab. 2: Anzahl der Tage mit und ohne Sickerwasser in den einzelnen Betrachtungszeiträumen bei Zuckerrüben

Die Bodenfeuchte wurde in %nFK (nutzbare Feldkapazität) berechnet und gibt das pflanzenverfügbare Wasser zwischen der Bodenoberfläche und der Ausschöpfungsschicht des Wurzelraumes der Kulturpflanzen wider.

Wie am Beispiel des Winterweizens in Abb. 3 zu sehen ist, werden die höchsten Bodenfeuchten durchschnittlich in der Vegetationsruhe, die geringsten Bodenfeuchten im Mittel der Jahre im Juli und August erreicht.

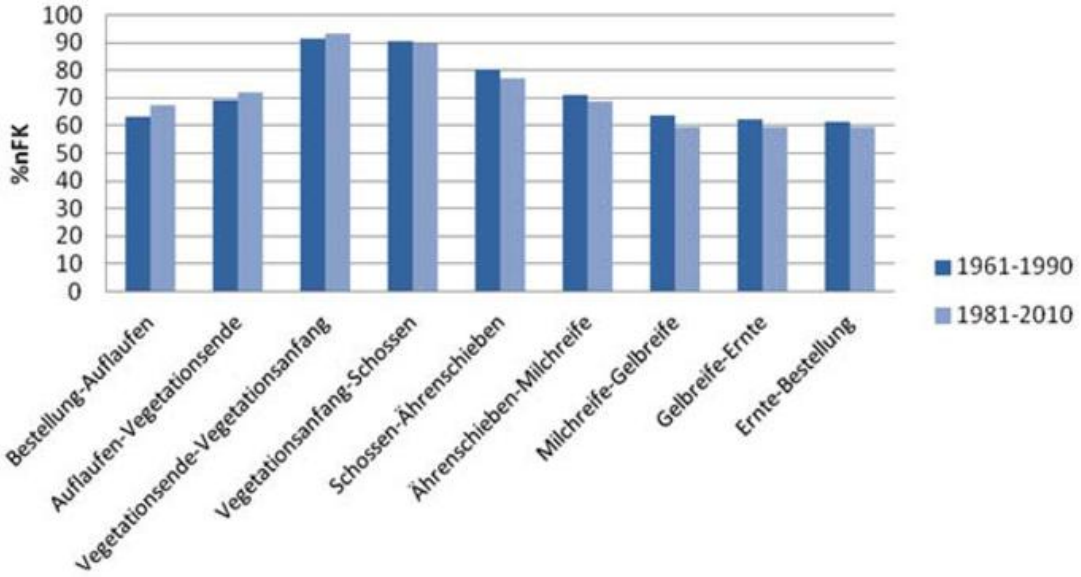


Abb. 3: Mittlere Bodenfeuchte in den einzelnen phänologischen Phasen des Winterweizens

Durch die gestiegenen mittleren Niederschläge im Herbst und Winter konnte bei allen untersuchten Kulturen im Zeitraum 1981-2010 eine höhere mittlere Bodenfeuchte berechnet werden als noch im Zeitraum 1961-1990. Entgegen diesem Trend hat sich aber vor allem in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode die Bodenfeuchte im Mittel verringert. Die höhere Verdunstung infolge der gestiegenen Mitteltemperaturen und der teilweise im Mittel geringere Niederschlag in dieser Zeit dürfte dafür verantwortlich gewesen sein.

Die Auszählung der Tage mit sehr geringer (< 30 %nFK), geringer (30 bis 50 %nFK), mittlerer (> 50 bis 80 %nFK) und hoher (> 80 %nFK) Bodenfeuchte ergab, dass an circa 8 bis 11 % der Tage im Jahr eine Bodenfeuchte von unter 50 %nFK am Standort im Mittel zu erwarten ist (je nach Kulturart). Dieser Erwartungswert verdeutlicht eines: an vier bis sechs Wochen im Jahr treten theoretisch beregnungsbedürftige Bodenfeuchten von unter 50 %nFK auf!

Abb. 4 zeigt beispielsweise, dass geringe Bodenfeuchten im Produktionsprozess des Winterweizens hauptsächlich zwischen dem Beginn der Milchreife und dem Vegetationsende erwartet werden müssen. Wirtschaftlich sensibel sind besonders die Phasen Michreife bis Gelbreife sowie Bestellung bis Auflaufen, weil hier zum einen Ertrag gebildet wird und zum anderen ein gleichmäßiger Aufgang einen guten Bestand etabliert. BÖTTCHER (2012c) stellte fest, dass diese beiden Phasen durchschnittlich 30 Tage in der Naturraumgruppe nordöstliches Harzvorland andauerten. Da nach Abb. 4 an rund einem Drittel der Tage jene geringe Bodenfeuchte in diesen Phasen zu erwarten sind, stünde damit dem Winterweizen im Mittel der Jahre an gut 10 Tagen im Jahr (ein Drittel von durchschnittlich 30 Tagen) nicht genügend Wasser zur Verfügung. Und das besonders dann nicht, wenn die Kultur das Wasser dringendst benötigen würde. Lohnt sich dafür eine Beregnung?

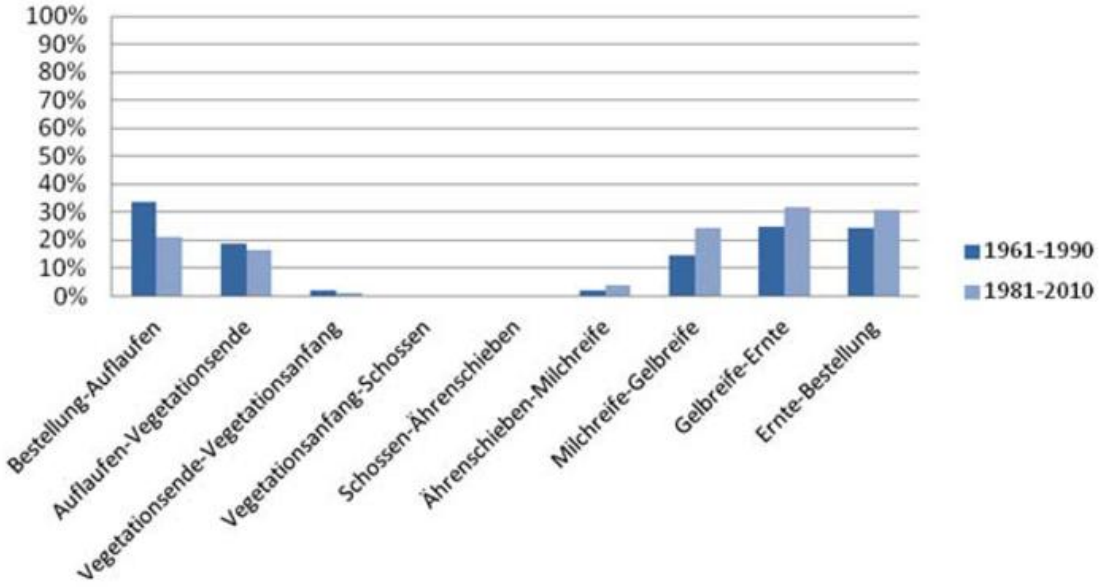


Abb. 4: Relative Anzahl der Tage mit einer Bodenfeuchte zwischen 30 und 50 %nFK in der jeweiligen phänologischen Entwicklungsphase des Winterweizens

Zusammenfassung

Die Auswertung der täglichen Verdunstungswerte ab 1961 haben gezeigt, dass besonders in der Zeit von April bis August die potentielle wie auch die reale Verdunstung über alle Kulturen hinweg am höchsten ist. Im Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1981-2010 konnte ein Anstieg der mittleren täglichen Verdunstungsrate sowie der mittleren Verdunstungssumme festgestellt werden. In der Vegetationsperiode kam es durch den Anstieg der Verdunstung zu einer Verknappung des vorhandenen Wassers.

An durchschnittlich dreiviertel der Tage im Jahr war die klimatische Wasserbilanz am Standort Bernburg-Strenzfeld negativ. Werden die Tage in Klassen mit negativer, positiver und besonders hoher positiver KWB (beispielsweise nach starkem Niederschlag) eingeteilt, so kam beim Vergleich der beiden Zeiträume heraus, dass die Anzahl der Tage mit negativer und besonders hoher positiver KWB in jüngster Vergangenheit zugenommen hat. Infolgedessen kann daraus abgeleitet werden, dass Extreme am Standort zugenommen haben: entweder es war trocken oder es hat (zu) viel Niederschlag an einem Tag gegeben. Mit allen Konsequenzen hinsichtlich Wind- und Wassererosion!

Am Jahresmittel der Bodenfeuchte hat sich in jüngster Zeit wenig geändert. Allerdings gab es innerannuelle Verschiebungen der Minima und Maxima. Bei allen Kulturen nahm die Anzahl der Tage mit mittleren und hohen Bodenfeuchten in der klimatologischen Standardnormalperiode im Vergleich zur Klimareferenzperiode ab. Dagegen hat die Anzahl der Tage mit geringeren Bodenfeuchten zugenommen!

Durch gestiegene mittlere Bodenfeuchten und durch höhere Sickerwassersummen im Herbst und Winter nahm in letzter Zeit die Gefahr von Nährstoffverfrachtungen in tiefere Bodenschichten sowie die Gefahr von Wassererosion am Standort Bernburg-Strenzfeld zu.

Die Sommerungen Mais und Zuckerrübe wiesen im 50-jährigen Betrachtungszeitraum im Mittel geringere Verdunstungen und höhere Bodenfeuchten als die Winterungen auf.

Literatur

BERNBURG 2014: Hochschulstadt Bernburg (Saale), http://www.bernburg.de/index.php?id=104270000315 (25.07.2014)

BÖTTCHER, F., 2012a: Die agrarmeteorologische Beschreibung des Standortes Bernburg-Strenzfeld als Managementwerkzeug für optimierten Pflanzenbau, Masterarbeit HS Anhalt, 44

BÖTTCHER, F., 2012b: Die agrarmeteorologische Beschreibung des Standortes Bernburg-Strenzfeld als Managementwerkzeug für optimierten Pflanzenbau, Masterarbeit HS Anhalt, 51-53

BÖTTCHER, F., 2012c: Die agrarmeteorologische Beschreibung des Standortes Bernburg-Strenzfeld als Managementwerkzeug für optimierten Pflanzenbau, Masterarbeit HS Anhalt, 76

DLG, 2014: Das internationale DLG-Pflanzenbauzentrum, http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/IPZ_Flyer.pdf (25.07.2014)

MÜLLER, J., 1987: Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete in ausgewählten Vegetationsabschnitten und deren statistische, modellmäßige und kulturbezogene Bewertung. Dissertation A, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

SCHMIDT, M., 2014: Agrarmeteorologische Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes am Standort Bernburg-Strenzfeld, in: Kongressband 2013 des Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, VDLUFA-Schriftreihe 69, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 351-358

Ein global anwendbarer Dürreindex des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN)

M. Ziese, U. Schneider, A. Meyer-Christoffer, P. Finger, A. Heller, P. Stender, J.N. Breidenbach, A. Becker

Hintergrund

Das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) wird vom Deutschen Wetterdienst (DWD) auf Initiative der World Meteorological Organization (WMO) betrieben. Seine Aufgabe ist die weltweite Sammlung von in-situ Niederschlagsmessungen und das Bereitstellen qualitativ hochwertiger gerasterter Analysen aus diesen Daten. Damit trägt das WZN unter anderem zu GEWEX (Global Energy and Water Exchanges Project) und GCOS (Global Climate Observation System) bei. Weltweit verwenden eine Vielzahl an Nutzern die Analysen des WZN, unter anderem wurden sie auch im 5. Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC) verwendet.

Die Produkte des WZN werden für verschiedene Anwendungen genutzt. Die ‚Full Data Reanalysis' wird hauptsächlich für Untersuchungen zum Wasserhaushalt verwendet. Das ‚Monitoring Product' wird zum Aneichen von Satellitenmessungen an Beobachtungsdaten über Land genutzt. Das ‚First Guess Product', welches in der Regel schon drei bis fünf Tage nach dem Ende des Monats verfügbar ist, wird für Überwachungsaufgaben wie das Dürremonitoring verwendet. Hier gibt es weltweit viele Anwendungen, die auf mehr oder weniger große Regionen beschränkt sind. Beispielsweise berechnet das ‚Regional Centre for Climate Monitoring' (RCC, ebenfalls betrieben vom DWD) den ‚Standardized Precipitation Index' (SPI) (McKee, Doesken, & Kleist, 1993) für die WMO-Region VI (Europa und Naher Osten). Das ‚Dürremanagementzentrum für das südöstliche Europa' (DMCSEE, http://www.dmcsee.org/en) rastert die Analyse für seine Region auf ein feineres Raster um. Da die existierenden Dürreindices nur mit hohem Aufwand eine globale Abdeckung erlauben, sind sie für globale Überwachungsaufgaben nicht gut geeignet. Das Problem ist entweder, dass der Dürreindex nur unter bestimmten Annahmen global gültig ist oder aber solche Werte als Eingangsgrößen braucht, die nur mit großem zeitlichen Verzug zur Verfügung stehen.

Entwicklung eines kombinierten Dürreindex

Im WZN bestand die Idee, ein Produkt zum globalen Dürremonitoring zu entwickeln. Neben der Auswahl eines geeigneten Dürreindexes stand auch die Entscheidung an, ob der Index auf Basis von Rasterwerten oder Stationswerten berechnet wird. Beim Vergleich verschiedener Dürreindices stellte sich heraus, dass einige auf Grund der komplexen Eingangsdaten nicht geeignet waren. Dazu gehört auch der ‚Palmer Drought Severity Index' (PDSI) (Palmer, 1965). Andere Dürreindices haben in ihrer mathematischen Formulierung Probleme in bestimmten Situationen, was deren globale Anwendung erschwert. Beim ‚Reconnaissance Drought Index' (RDI) (Tsakiris & Vangelis, 2005) wird das Verhältnis von Niederschlag zur potentiellen Evapotranspiration (PET) berechnet. Bei sehr kleinen Werten der PET führt dies zu sehr großen Werten, im Falle von PET=0 ist er gar nicht mehr definiert.

Die besten Ergebnisse lieferten der ‚Standardized Precipitation Index' (SPI) und der ‚Standardized Precipitation Evapotranspiration Index' (SPEI) (Vicente-Serrano, Begueria, & Lopez-Moreno, 2009). Sowohl der SPI als auch der SPEI sind ohne Annahmen nicht global anwendbar. Bei beiden Indices muss eine Verteilungsfunktion verwendet werden, im Fall des SPI für die Verteilung der Niederschlagswerte. In verschiedenen Studien hat sich gezeigt, dass die Gammaverteilung hierfür am besten geeignet ist. In sehr trockenen Gebieten verschwindet das Maximum der Gammafunktion und diese geht in eine monoton fallende Funktion über. In diesem Fall kann der SPI nicht berechnet werden. Demzufolge ist der SPI nur in Gebieten mit ausreichend hohen Niederschlagsmengen anwendbar (siehe Abb. 1[1]). Ein Problem des SPI ist, dass er in relativ trockenen Gegenden wie dem Mittelmeerraum auch unter normalen Bedingungen immer zu feucht indiziert. Daher wurde bereits vom RCC des DWD ein korrigierter SPI, der SPI-DWD, entwickelt (Pietzsch & Bissolli, 2011).

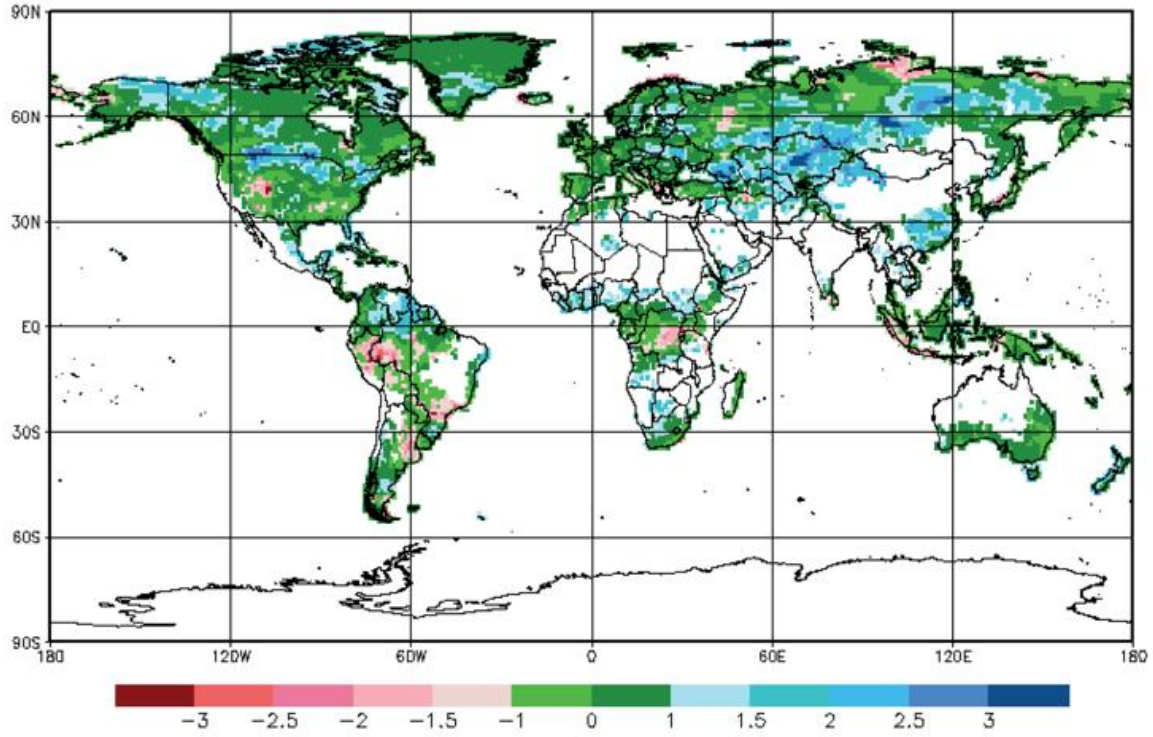


Abb. 1: SPI-DWD für Juni 2002 mit einer Akkumulationszeit von einem Monat. Gebiete mit einer Niederschlagsmenge, die nur leicht vom Mittelwert 1961 bis 1990 abweicht sind grün, trockenere Gebiete sind rot und feuchtere Gebiete blau gezeichnet. Weiß sind Gebiete, in denen der SPI-DWD nicht berechnet werden kann (zu trocken oder keine Landoberfläche).

Hingegen wird beim SPEI die Verteilungsfunktion der Differenz zwischen Niederschlag und PET bestimmt. Im Gegensatz zum RDI sind nun keine mathematischen Undefiniertheiten mehr möglich. Jedoch gestaltet sich die Berechnung der PET für Anwendungen in Echtzeit oder mit nur geringem Zeitverzug als schwierig. Die Parametrisierung der PET ist für solche Anwendungen möglich nach Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), da sie auf der Monatsmitteltemperatur und einfach zu berechnenden astronomischen Größen wie der Sonnenhöhe beruht. Globale Messungen der PET, die eine einfache Weiterverarbeitung ermöglichen, existieren nicht (es gibt eine Analyse der PET, aber nur in Kartenform, die zugrunde liegenden Daten sind mit automatisierten Verfahren nicht zu erschließen). Wenn die Monatsmitteltemperatur nahe oder unter null Grad Celsius ist, ergibt die Parametrisierung von Thornthwaite keine sinnvollen Ergebnisse für die PET. Stattdessen werden meist kleine Werte für die PET angenommen (zum Beispiel 1 mm/Monat). Daher kann der SPEI ohne derartige Annahmen nur in warmen und tropischen Regionen berechnet werden (Abb. 2).

[1] Bei der Interpretation der Abbildungen in diesem Artikel ist zu beachten, dass Dürreindices ein Maß für die Niederschlagsanomalie und nicht für die Trockenheit sind. Daher werden Wüsten auf ‚normal' (grün) indiziert, wenn es nicht geregnet hat.

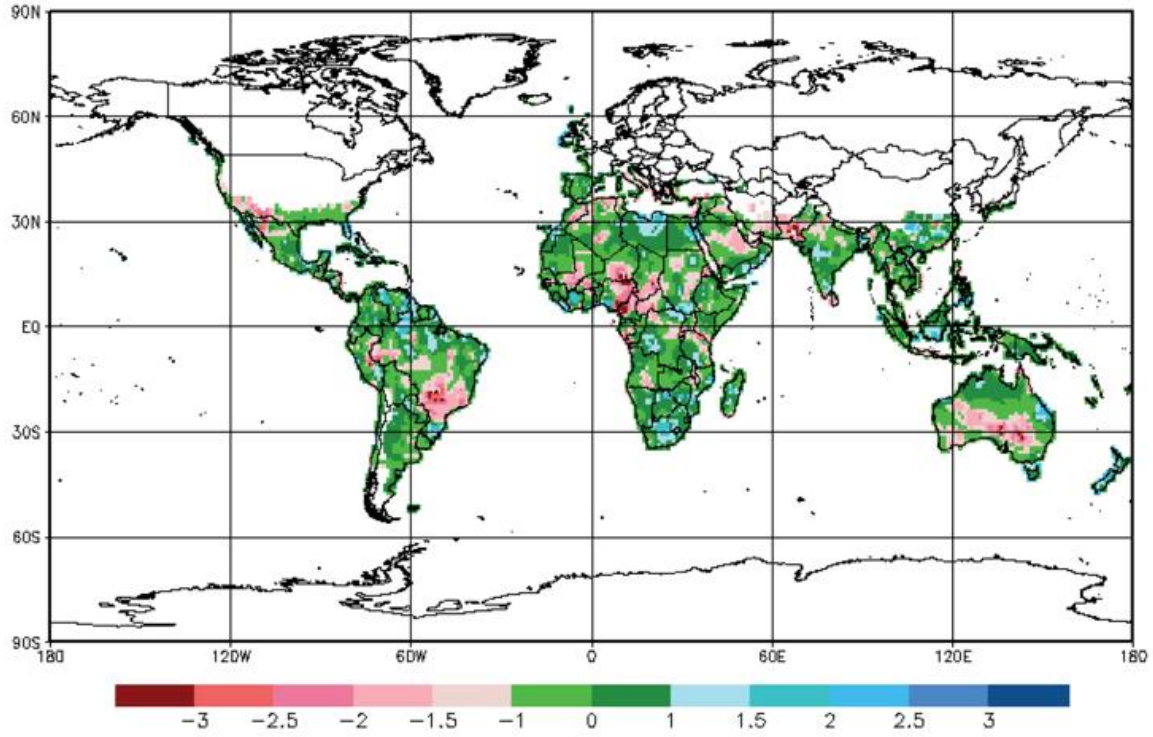


Abb. 2: SPEI für Juni 2002 und einer Akkumulationszeit von einem Monat wie Abb. 1. Die Farben entsprechen denen in Abb. 1.

Beim Vergleich der Ergebnisse für den SPI-DWD und SPEI zeigt sich, dass beide Indices in den überlappenden Bereichen vergleichbare Ergebnisse liefern. Daher kam die Idee beide Indices zu kombinieren, um somit eine fast globale Abdeckung zu erreichen (Abb.3). Einzig die kalten Wüstenregionen können so noch nicht erfasst werden. Die Kombination von SPI-DWD und SPEI erfolgt derart, dass in den Gegenden, in denen beide Indices berechnet werden können, der Mittelwert verwendet wird. Kann nur einer der beiden Indices berechnet werden, so wird dieser verwendet. Die oben erwähnten Regionen, in denen weder der SPI-DWD noch der SPEI bestimmt werden können, werden wie auch die Meeresflächen mit einer eindeutigen Fehlkennung in den abgegebenen Rasterfeldern maskiert.

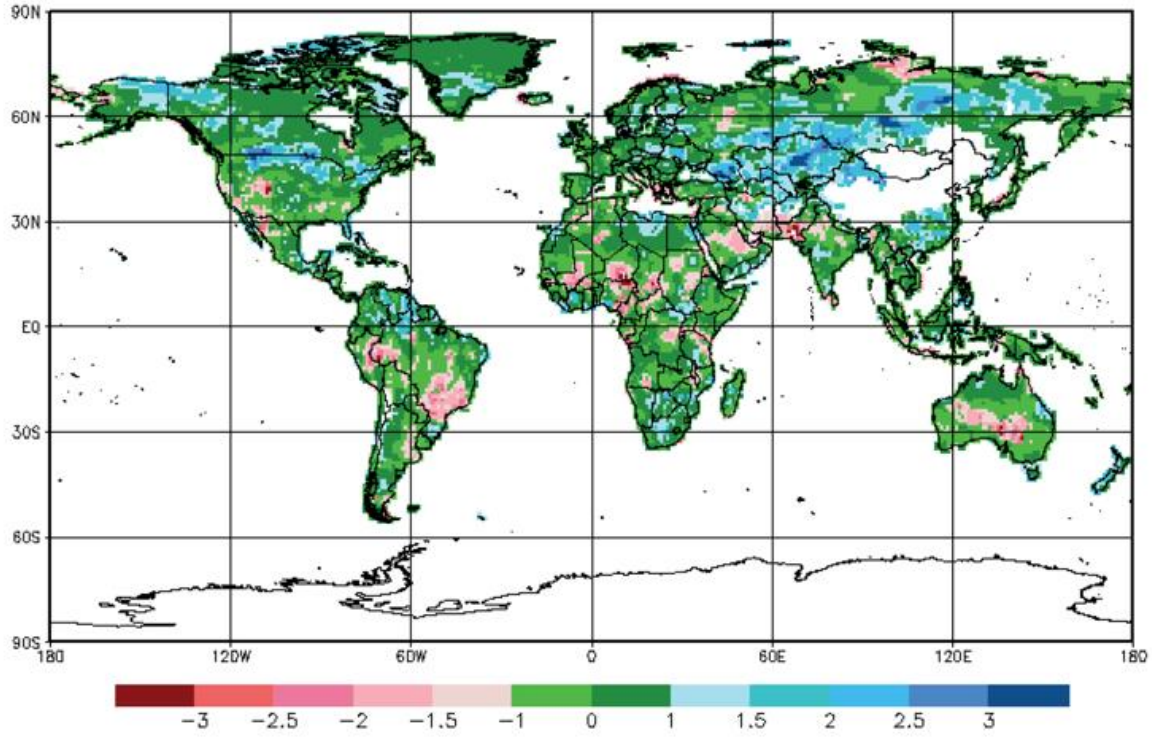


Abb. 3: GPCC_DI für Juni 2002 mit einem Monat Akkumulationszeit. Die Farben entsprechen denen in den vorhergehenden Abbildungen.

Berechnung des GPCC-DI

Je nach Anwendung sind verschiedene Akkumulationszeiträume des Niederschlags interessant. Für Anwendungen in der Landwirtschaft sind eher kurze Akkumulationszeiten bis zu wenigen Monaten relevant, hydrologische Anwendungen benötigen hingegen längere Akkumulationszeiträume. Sowohl der SPI-DWD als auch der SPEI können für verschiedene Akkumulationszeiträume berechnet werden. Der GPCC-DI wird für Akkumulationszeiträume von 1, 3, 6 und 9 Monaten sowie 1, 2 und 4 Jahren berechnet.

Um den SPI-DWD und den SPEI berechnen zu können, werden Daten zur monatlichen Niederschlagsmenge und der Monatsmitteltemperatur benötigt. Für den Niederschlag wird das ‚First Guess Product' (doi: 10.5676/DWD_GPCC/FG_M_100) des WZN und für die Monatsmitteltemperatur der Datensatz des NOAA NCEP CPC (http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP/.CPC/.GHCN_CAMS/.gridded/.dataset_documentation.html) verwendet. Beides sind gerasterte Analysen. Bei der Entwicklung wurde überlegt, ob der Dürreindex auf Stationsbasis berechnet werden soll und dann interpoliert wird oder ob er aus gerasterten Datensätzen berechnet wird. Die Entscheidung fiel für die letztere Variante, da die beiden verwendeten Datensätze mit viel Aufwand erstellt werden und flächendeckend über Land vorliegen, es hingegen durch das Schließen und Neueröffnen von Stationen und Datenausfällen keine gleichbleibende Basis an Stationsdaten gibt. Zur Berechnung der Parameter der Verteilungsfunktionen der Dürreindices wurde für den Niederschlag die ‚Full Data Reanalysis' in der Version 6 und in ein Grad Auflösung verwendet (doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V6_100). Für die Temperatur zur Berechnung der PET wurde der oben genannte Datensatz genutzt. Die zugrunde liegende Referenzperiode ist 1961 bis 1990.

Da die in den GPCC-DI eingehenden Datensätze nicht notwendigerweise homogen sind, ist der GPCC-DI nur für Überwachungszwecke geeignet, nicht aber für klimatologische Untersuchungen wie Trendanalysen.

Vergleich mit anderen Dürreindices

Unter Verwendung der Full Data Reanalyse Version 6 (doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V6_100) wurde eine Vergleichsuntersuchung mit anderen Dürreindices für das Jahr 2003 durchgeführt. 2003 ist geprägt von einem Niederschlagsdefizit in Mitteleuropa von Februar bis Oktober und einer Hitzewelle in der ersten Hälfte des August. Die für die Vergleiche verwendeten Dürreindices sind der SPI vom „European Drought Observatory“ (http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000, letzter Zugriff am 10. Juni 2014, im Weiteren bezeichnet als SPI-EDO) und der SPEI von der „Global SPEI database (http://sac.csic.es/spei/database.html, letzter Zugriff am 10. Juni 2014). Die SPEI-Daten wurden in der Version 2.2 verwendet (heruntergeladen am 16. April 2014), die SPI-EDO-Daten von Alfred de Jager zur Verfügung gestellt (persönliche Mitteilung). Abb. 4 zeigt einen Vergleich der drei Dürreindices für Januar 2003. Im Gegensatz zu den meisten anderen Monaten des Jahres 2003 war der Januar mit Ausnahme Südskandinaviens, der westlichen britischen Inseln, die Mittelmeerküste westlich von Italien und dem Baltikum bis nach Weißrussland niederschlagsreicher als im Durchschnitt der Jahre 1951 bis 2000. Der SPEI hat in Schweden keine Dürre identifiziert und im Vergleich zum GPCC-DI und dem SPI-EDO in geringerem Ausmaß in Russland und Weißrussland. Weiterhin hat der SPEI im nördlichen und östlichen Europe weniger trockenere Bedingungen identifiziert als SPI-EDO und GPCC-DI. In Skandinavien identifizierten SPEI auf der einen Seite und GPCC-DI und SPI-EDO auf der anderen Seite konträre Bedingungen.

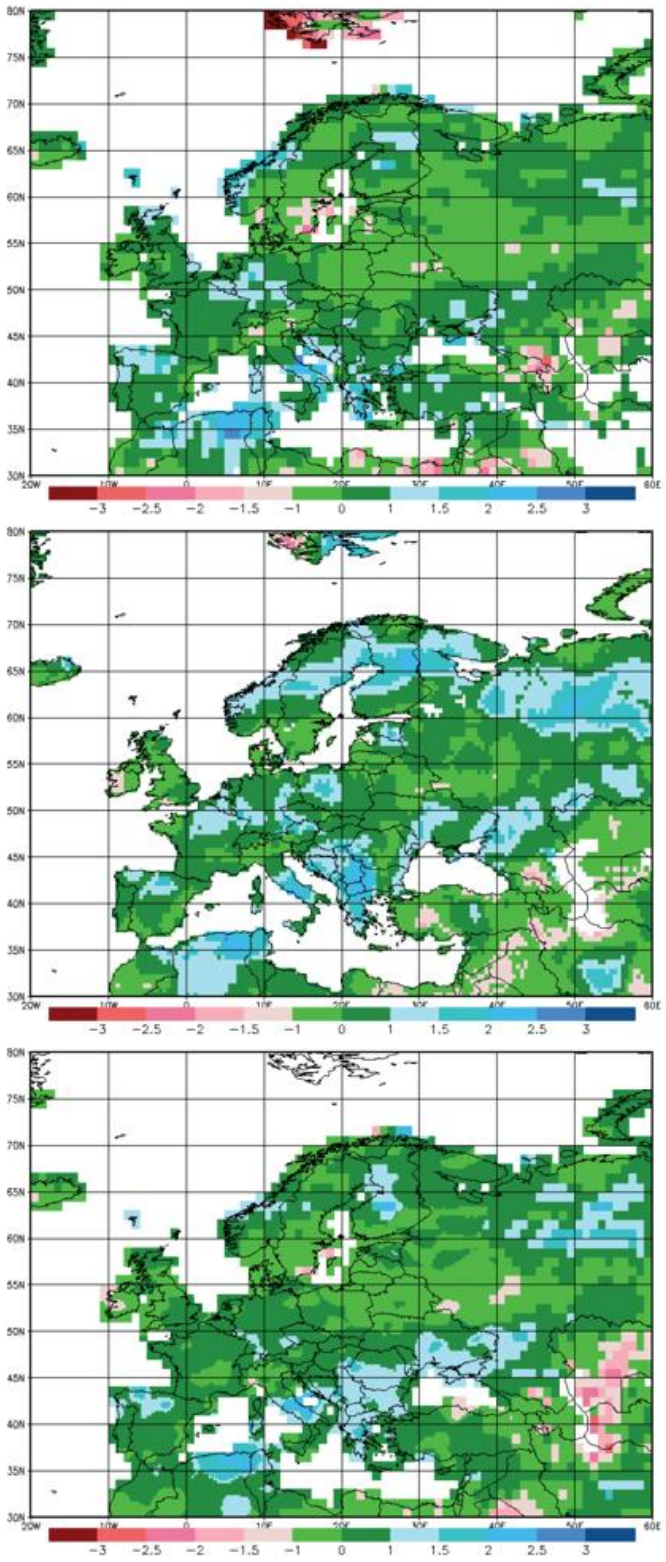


Abb. 4: Vergleich von GPCC-DI (oben), SPEI (Mitte) und SPI-EDO (unten) für Januar 2003 mit einem Akkumulationszeitraum von einem Monat. Die Farbskala ist die selbe wie in Abb. 1.

Im Gegensatz zum Januar 2003 ist der Februar 2003 durch Niederschlagsdefizite relativ zu 1951 bis 2000 in fast ganz Europa mit Ausnahme von Spanien, Griechenland, der Türkei und der Nordküste Skandinaviens geprägt. In Abb. 5 ist zu erkennen, dass alle drei Dürreindices mit kleinen Unterschieden in den gleichen Regionen weniger Niederschlag als üblich identifizieren. Allerdings unterscheiden sie sich in der Stärke des Wasserdefizits. Gegensätzliche Einschätzungen, wie im Vormonat in Teilen Skandinaviens, treten nicht auf.

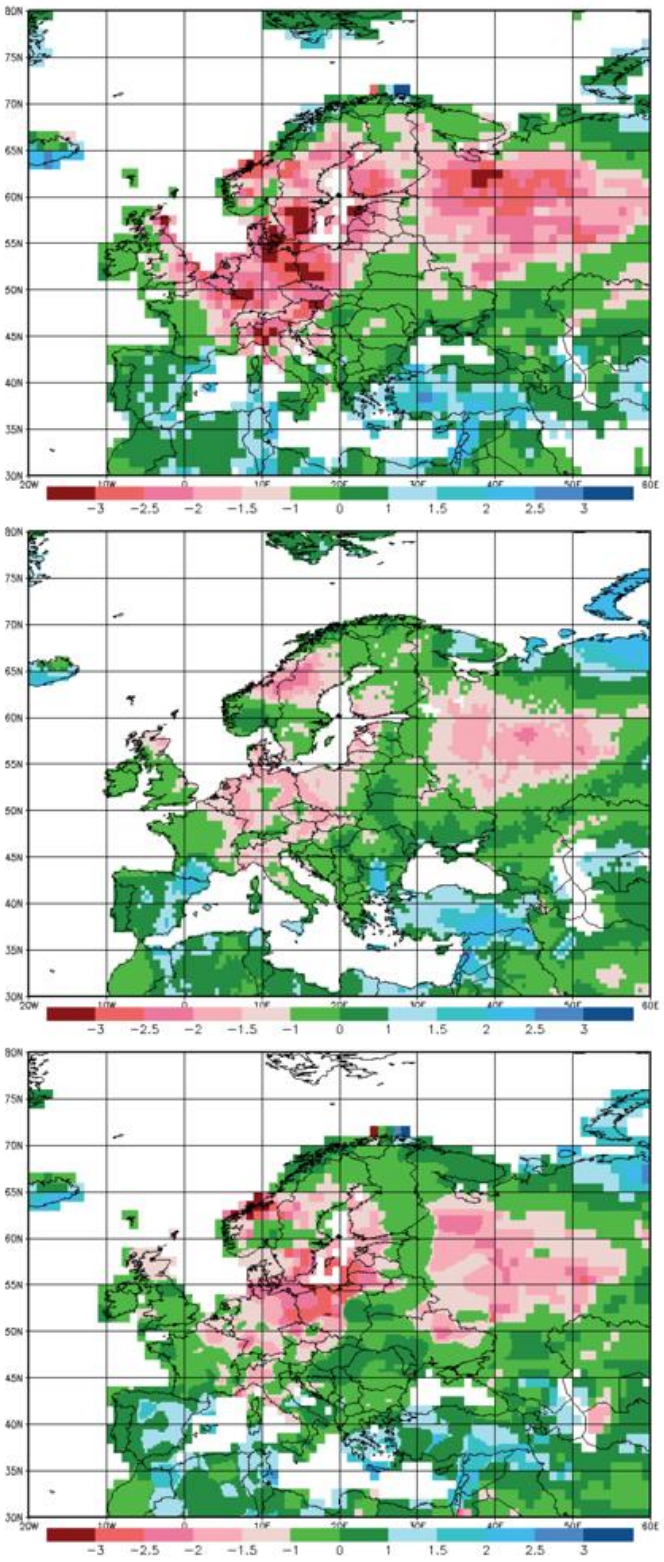


Abb. 5: GPCC-DI (oben), SPEI (Mitte) und SPI-EDO (unten) für Februar 2003 mit einem Monat Akkumulationszeit. Die Farbskala ist wie in der vorherigen Abbildung.

Der August 2003 war in seiner ersten Hälfte durch eine Hitzewelle in Mitteleuropa geprägt. Unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen wurden in einem Streifen quer über Europa von den britischen Inseln, Frankreich und Südskandinavien zur Ukraine, Rumänien, Bulgarien und der Türkei beobachtet. Abb. 6 zeigt, dass der GPCC-DI und der SPI-EDO im Prinzip in den gleichen Regionen Wasserdefizite identifizieren, wobei es in der regionalen Ausprägung Unterschiede gibt. Gegensätzlich wird von beiden Indices die Situation auf der iberischen Halbinsel eingeschätzt. Gegenüber dem GPCC-DI und dem SPI-EDO identifiziert der SPEI in einem viel größeren Bereich Dürrebedingungen. Auf der iberischen Halbinsel stimmen im Prinzip GPCC-DI und SPEI überein.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die drei verglichenen Dürreindices vergleichbare Ergebnisse in dieser Fallstudie liefern, auch wenn es im Detail Unterschiede gibt. Im Januar und Februar 2003 tendieren der GPCC-DI und der SPI-EDO eher zu Dürren als der SPEI. Auf der anderen Seite detektierte der SPEI im August 2003 in einem viel größeren Gebiet Dürrebedingungen als GPCC-DI und SPI-EDO. Dies kann durch den stärkeren Einfluss der PET (und damit der Temperatur) im SPEI als im GPCC-DI und SPI-EDO (der die PET und damit die Temperatur gar nicht berücksichtigt) begründet sein. Dadurch, dass die verglichenen Dürreindices auf verschiedenen Datensätzen beruhen und unterschiedliche Referenzzeiträume haben, sind kleinere Unterschiede bei der Detektion zu erwarten.

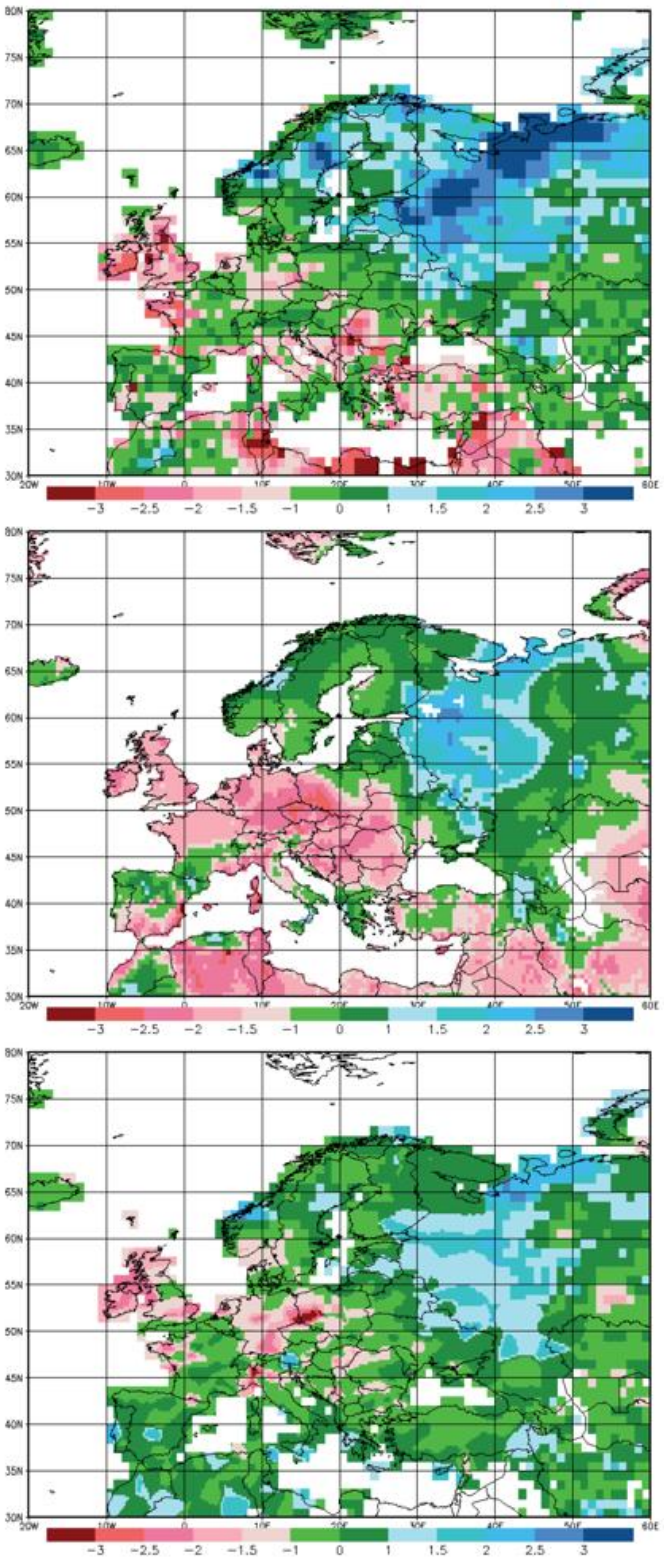


Abb. 6: GPCC-DI (oben), SPEI (Mitte) und SPI-EDO (unten) mit einem Monat Akkumulationszeit für August 2003, die Farbskala entspricht der vorherigen Abbildungen.

Zugang zu GPCC-DI

Die Abgabe der Daten erfolgt im netCDF-Format, alle Akkumulationszeiträume werden in einer Datei zusammengefasst. netCDF ist ein weit verbreitetes Format für Rasterdaten und es gibt entsprechend viel freie Software zur Bearbeitung und Visualisierung der Daten. Die Temperaturanalysen stehen erst ab dem 8. Tag des Folgemonats zur Verfügung, die Niederschlagsanalyse des WZN ist bereits am 5. Tag des Folgemonats verfügbar. Der GPCC-DI wird in der Regel am 10. Tag des Folgemonats berechnet und auch im Internet angeboten (ftp://ftp.dwd.de/pub/data/gpcc/html/gpcc_di_doi_download.html). Wie alle anderen Produkte des WZN hat auch der GPCC-DI eine digitale Identifizierung bekommen (doi: 10.5676/DWD_GPCC/DI_M_100) und ist bei Anwendungen somit einfach zu zitieren. Eine Beschreibung des Datensatzes ist in Earth System Science Data Discussion erschienen (Ziese, et al., 2014). Diese Zeitung bietet einen freien Zugang zu den Artikeln.

Literatur

McKee, T., Doesken, N., & Kleist, J. (1993).
The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Eighth Conference on Applied Climatology.

Palmer, W. C. (1965).
Meteorological Drought. Research paper no.45.

Pietzsch, S., & Bissolli, P. (2011).
A modified drought index for WMO RA VI. Advances in Science and Research, 6, 275--279.

Thornthwaite, C. (1948).
An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review, 1, 55-94.

Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2005).
Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. European Water, 9/10, 3-11.

Vicente-Serrano, S. M., Begueria, S., & Lopez-Moreno, J. I. (2009).
A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. Journal of Climate, 23, 1696-1718.

Ziese, M., Schneider, U., Meyer-Christoffer, A., Schamm, K., Vido, J., Finger, P., et al. (2014).
GPCC Drought Index – a new, combined, and gridded global drought index. Earth System Science Data Discussions, 7, 243-270.

Der Pollenflug in naher und ferner Zukunft in Deutschland

C. Endler

Tränende und brennende Augen, laufende Nase, häufiges Niesen, juckende Haut – Symptome, die auf eine Pollenallergie hindeuten können. Unbehandelt können solch allergische Reaktionen zu chronischen Beschwerden führen. Einschränkungen in der Lebensqualität, Verringerung der Leistungsfähigkeit und steigende medizinische Kosten sind die Folgen. Die Zahl der von Allergien Betroffenen ist in den letzten Jahren gestiegen. In Deutschland entwickeln ca. 20 bis 30 % der Bevölkerung im Laufe ihres Lebens eine Allergie. Zu den häufigsten Auslösern zählen neben Tierhaaren und Hausstaubmilben-Exkremente Schimmelpilzsporen und Pollen.

Weltweit gibt es 250.000 Pollen produzierende Pflanzenarten. Von denen ist etwa ein Zehntel allergologisch bedeutsam. In Deutschland zählen Hasel, Erle, Esche, Birke, Gräser, Roggen, Beifuß und Ambrosia zu den Hauptallergenen. Von ihnen weisen Birken- und Gräserpollen die höchste Sensibilisierungsrate von ca. 38 %, d.h. bei ca. 38 % der getesteten Patienten reagiert das Immunsystem auf diese per se harmlosen Allergene abwehrend.

Wann die Pollen fliegen, hängt im Wesentlichen von der Vegetationsentwicklung und von der Witterung ab. So setzt die Hasel- und Erlenblüte im Frühjahr ein, bei sehr milder Witterung sogar schon Ende Dezember. Eschen- und Birkenpollen fliegen vorwiegend im April und Mai. Gräser und Kräuter blühen verstärkt im Sommer und Herbst. Die seit 2006 vermehrt in Deutschland aufgetretene hoch allergene Ambrosia kommt erst spät im Jahr zwischen August und Oktober zur Blüte.

Im Zuge des Klimawandels ist neben einer Zunahme des Pollengehalts in der Luft auch ein früherer Start der Pollensaison und ein längerer Pollenflug zu erwarten, was zu einer stärkeren und längeren Belastung der Betroffenen führen und darüber hinaus Neuerkrankungen und Sensibilisierungen hervorrufen kann.

Seit 1997, mit Ausnahme von 2010, lag die mittlere Lufttemperatur über dem langjährigen Mittel (1961-1990, Deutschland: 8,1°C). Höhere Temperaturen wurden bevorzugt in den Winter- und Sommermonaten beobachtet, einhergehend mit einem sich verfrühenden Start der Pollensaison. Zukünftig wird eine Zunahme der Lufttemperatur von bis +4 K erwartet. In diesem Kontext stellt sich die Frage, welche Auswirkungen ein wärmeres Klima auf die Pollensaison hat, insbesondere auf den Birken- und Gräserpollenflug.

Da der Verlauf der Pollensaison eng mit dem Blühverhalten der Pflanzen verbunden ist, können für die Berechnung von Blühbeginn und Blühende phänologische Modelle eingesetzt werden, wie sie in der Phänologie aber auch in der Agrarmeteorologie Verwendung finden. Das Blühverhalten ist im Wesentlichen abhängig von der Wärmesumme, die über die Temperatur gesteuert wird, von der Feuchte und der Tageslänge.

Die einfachsten phänologischen Modelle summieren tägliche Lufttemperaturen ab einen gewählten Starttag auf, bis eine kritische Temperatursumme erreicht ist, ab der eine bestimmte phänologische Phase eintritt (hier Blühbeginn und Blühende).

Im Temperatursummenmodell werden alle Tage mit einer maximalen Lufttemperatur größer 9°C für Birke und größer 5°C für Gräser aufsummiert. Der Starttag ist für die Birke der 1. Februar, für die Gräser der 1. März. Die kritische Temperatursumme für Birke ist erreicht, wenn die tägliche Pollenkonzentration ≥ 20 Pollen pro m³ ist. Bei den Gräsern ist sie erreicht, wenn 1 % der jährlichen Gesamtpollenmenge erreicht wurde.

Um den zukünftigen Blühbeginn und das Blühende zu berechnen, wurde die tägliche Maximumtemperatur aus 19 verschiedenen regionalen Klimamodellen (ENSEMBLES Projekt) verwendet. Alle herangezogenen Modelle basieren auf dem Emissionsszenario A1B und weisen eine horizontale Auflösung von 25 km auf. Berechnungen wurden für den Kontrollzeitraum 1971-2000 und die beiden Projektionszeiträume 2021-2050 und 2071-2100 durchgeführt.

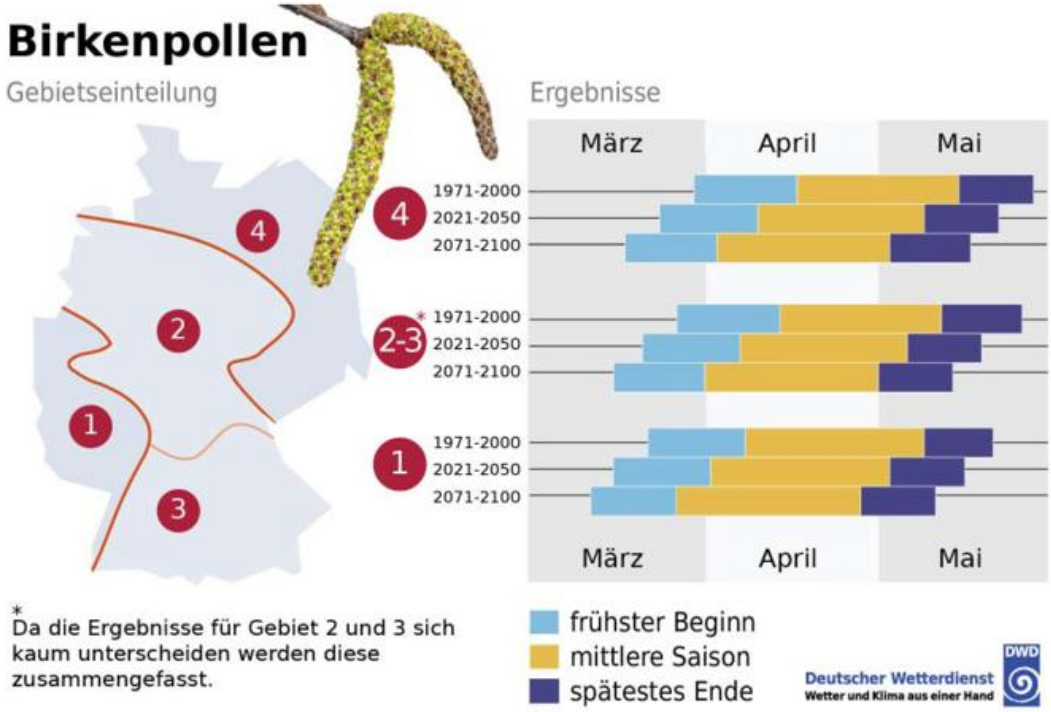
Ergebnisse zeigen, dass der Blühbeginn der Birke im Vergleich zu den Gräsern eine größere Variabilität aufweist. Im Zeitraum 1971 bis 2000 beginnt die Birkenblüte im Südwesten und Westdeutschland im Mittel 6 Tage früher (8. April) im Vergleich zum Gebietsmittel (14. April). Im Nordosten hingegen setzt die Birkenblüte 3 Tage später ein (17. April). Der früheste Eintritt der Birkenblüte kann im Mittel bis zu 2,5 Wochen früher erfolgen. Die mittlere Birkenpollensaison dauert 4 Wochen an, im Süden ist sie im Durchschnitt 2 Tage länger, im Norden
2 Tage kürzer. Somit tritt das Blühende im Gebietsmittel im Durchschnitt am 12. Mai ein, im Südwesten und Westen Deutschlands 3 Tage früher, im Nordosten und in den Küstengebieten 3 Tage später. Das späteste Saisonende ist der 26. Mai.

Bis 2050 wird sich im Mittel im gesamten Untersuchungsgebiet die Birkenpollensaison um 6 Tage nach vorne verlagern, im Nordosten sowie in den Küstengebieten um 7 Tage. Bis 2100 verfrüht sich die Saison im Mittel um weitere 8 Tage, im Nordosten und in den Küstengebieten um 7 Tage. Eine Verlängerung der Saison um 3 Tage ist möglich.

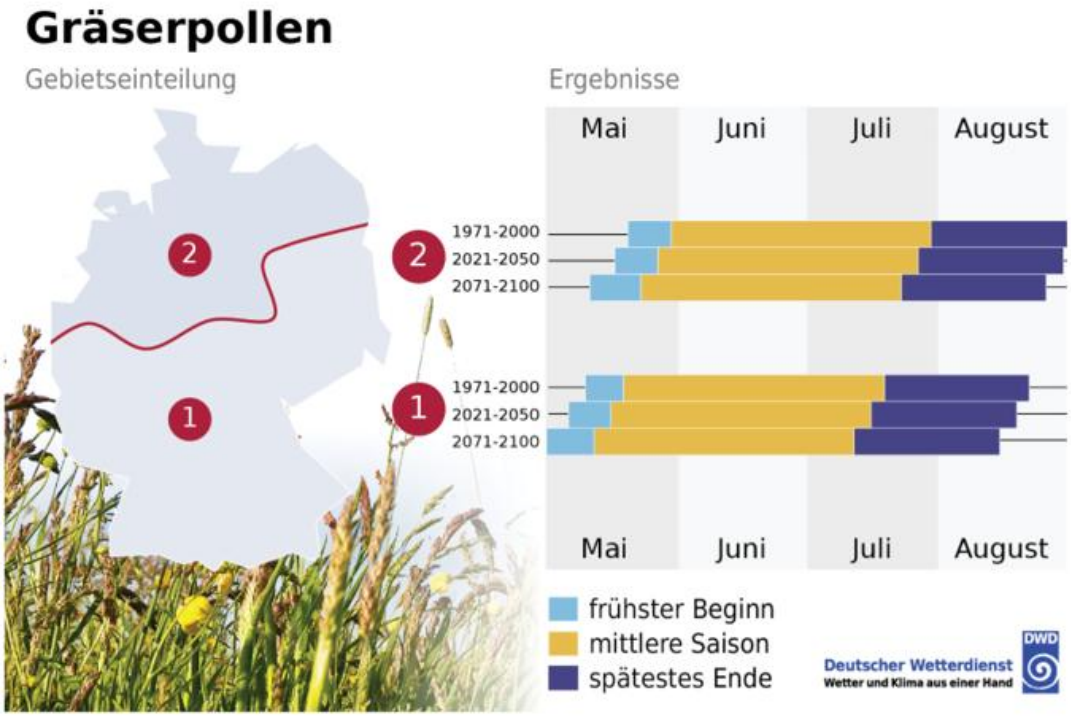
Die Gräserblüte setzt im Mittel (1971-2000) am 25. Mai ± 10 Tage ein, im Süden und Nordosten Deutschlands 5 Tage früher, im Nordwesten und in den Küstengebieten 5 Tage später. Beobachtungen von 1997 bis 2012 weisen eine mittlere Dauer von 61 ± 17 Tage auf, minimal von 36 und maximal von 95 Tagen. Da das Ende der Gräserpollensaison über die Temperatursummenmethode nicht hinreichend identifiziert werden konnte, wird für

die Zukunft ebenfalls eine mittlere Dauer von 61 Tagen, maximal von 95 Tagen angenommen. Damit endet die Gräserblüte im Mittel am 25. Juli.
Bis 2050 wird sich die Gräserpollensaison im Mittel um 4 Tage verfrühen, bis 2100 um weitere 4 Tage. Die Dauer der Gräserblüte könnte sich allerdings verkürzen, da heiße und trockene Witterungsabschnitte die Gräserblüte eher beeinträchtigen.

Darüber, inwieweit sich zukünftig die Intensität der Pollensaison verändern wird, können bisher keine Aussagen gemacht werden. Außerdem ist noch unklar, inwieweit neue Pflanzen mit allergenem Potenzial einwandern.



* Da die Ergebnisse für Gebiet 2 und 3 sich kaum unterscheiden werden diese zusammengefasst.



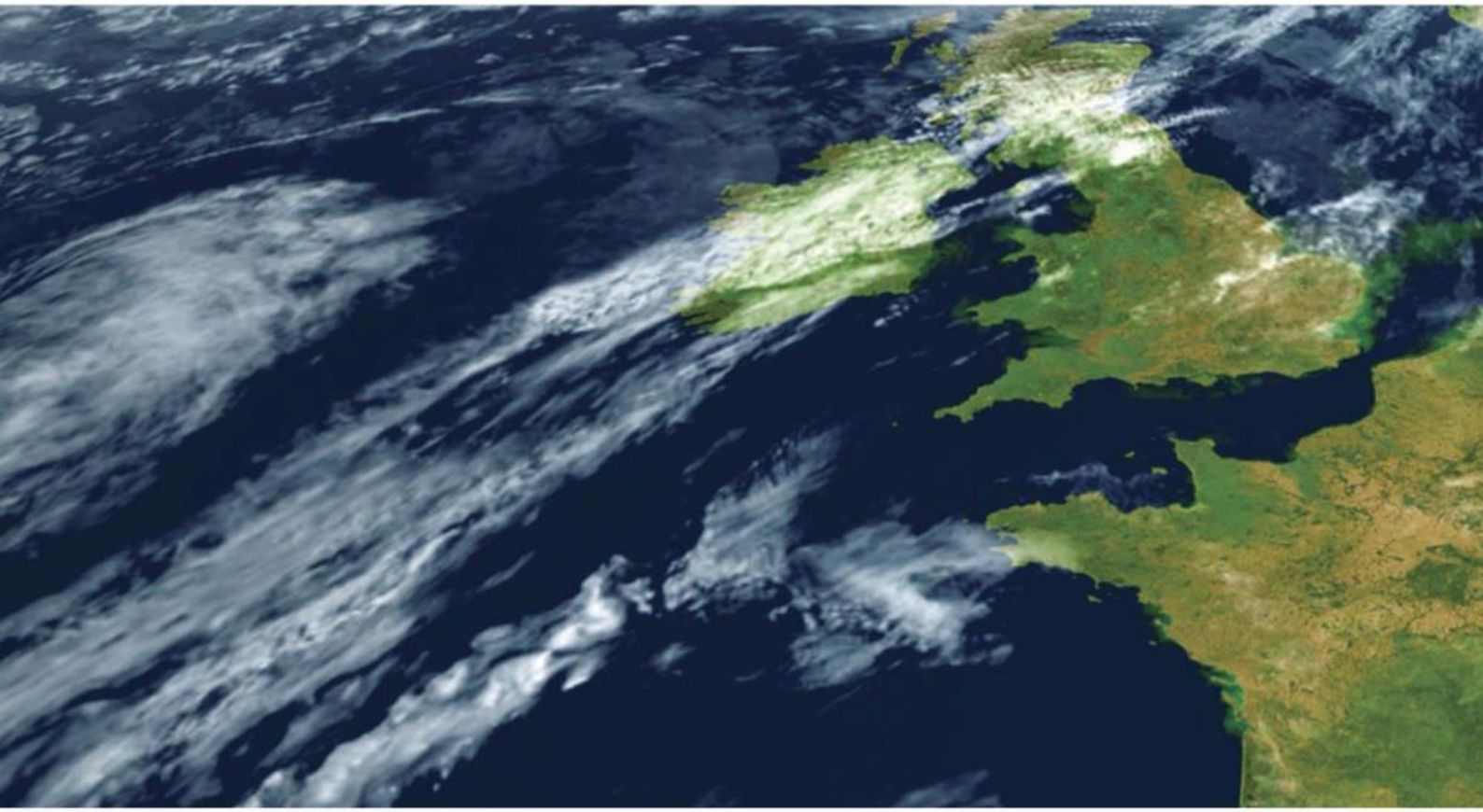
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AET	reale Verdunstung
AO	Arctic Oscillation
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
CPC	Climate Prediction Center
DI	Dürreindex
DMCSEE	Dürremanagementzentrum für das südöstliche Europa
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECA&D	European Climate Assessment & Dataset
EDO	European Drought Observatory
EM	European-Modell
ETP	Potential Evapotranspiration
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GCOS	Global Climate Observation System
GEWEX	Global Energy and Water Exchanges Project
GME	Globalmodell
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KSB	Klimastatusbericht
KWB	klimatische Wasserbilanz
MetOp	Meteorological Operational Satellite
METVER	Bodenwasserhaushaltsmodell
MPI-M	Max-Planck-Institut für Meteorologie
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PDSI	Palmer Drought Severity Index
PET	potentielle Verdunstung/ potentielle Evapotransoiration
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
RDI	Reconnaissance Drought Index
SPEI	Standardized Precipitation Evapotranspiration Index
SPI	Standardized Precipitation Index
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
UTC	Universal Time Coordinated
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie

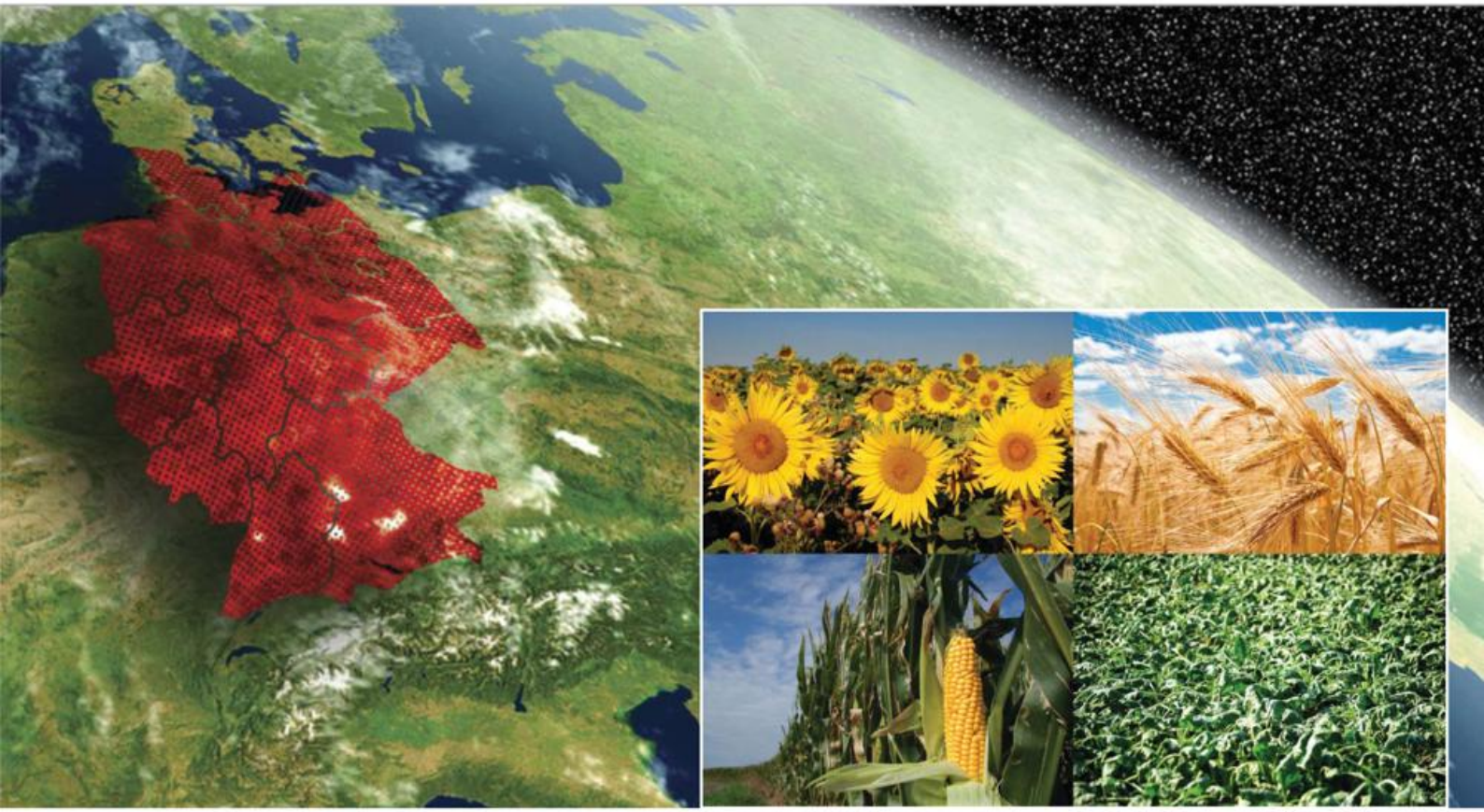
Autorenverzeichnis

Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dw.de
Breidenbach, Jan Nicolas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Jan-Nicolas.Breidenbach@dwd.de
Booß, Andreas	Regierungspäsidium Darmstadt, Dez. Weinbau Wallufer Str. 19 65343 Eltville am Rhein	Andreas.Booss@rpda.hessen.de
Claude, Hans	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Hans.Claude@dwd.de
Deutschländer, Thomas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Thomas.Deutschlaender@dwd.de
Endler, Christina	Deutscher Wetterdienst Stefan-Meier-Straße 4 79104 Freiburg	Christina.Endler@dwd.de
Finger, Peter	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Peter.Finger@dwd.de
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Heller, Astrid	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Astrid.Heller@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Franz-Josef.Loepmeier@dwd.de
Mächel, Hermann	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hermann.Maechel@dwd.de
Meyer-Christoffer, Anja	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Anja.Meyer-Christoffer@dwd.de

Nitsche, Helga	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Helga.Nitsche@dwd.de
Riecke, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 78 20359 Hamburg	Wolfgang.Riecke@dwd.de
Schmidt, Martin	Deutscher Wetterdienst Kärnerstr. 68 04288 Leipzig	Martin.Schmidt@dwd.de
Schmitt, Hans-Helmut	Deutscher Wetterdienst Kreuzweg 25 65366 Geisenheim	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Schneider, Udo	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Udo.Schneider@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Stender, Peter	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Peter.Stender@dwd.de
Wegener, Mareen	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Mareen.Wegener@dwd.de
Ziese, Markus	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str.135 63067 Offenbach	Markus.Ziese@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Klimastatusbericht 2014

- **Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitoring**
- **Erste Ansätze einer Phänologischen Klimatologie als Optimierungswerkzeug im Pflanzenbau**

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Karsten Friedrich
e-mail: karsten.friedrich@dwd.de

Juliane Breyer
e-mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Urheberrecht

Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst“ gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrücklich Genehmigung ist untersagt.

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

im Jahr 2014 wurde für Deutschland die bisher höchste Gebietsmitteltemperatur beobachtet. Diese erreichte 10,3°C und liegt damit +2,1 K über dem vieljährigen Mittelwert des internationalen klimatologischen Referenzzeitraums 1961-1990. Damit lag das Gebietsmittel für Deutschland das erste Mal im zweistelligen Bereich. Die bisher wärmsten Jahre in Deutschland wurden 2000 und 2007 mit einer Mitteltemperatur von jeweils von 9,9°C beobachtet. Bemerkenswert ist die Temperaturdifferenz von +0,4 K zwischen den bisher wärmsten Jahren und dem Jahr 2014. Ausgehend von dem bisherigen Maximum von 9,9°C fielen in diese Temperaturdifferenz bisher 11 Jahre. Das erste und das letzte Jahresdrittel trugen besonders zu dem milden Jahr bei. Februar, März und April erreichten Temperaturanomalien von über +3 K.

Weitere Ergebnisse des Klimamonitorings, der Agrarmeteorologie, der Ozonbeobachtungen sowie ein Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten".

Neben dem Standardteil wird in diesem Klimastatusbericht ein Sonderthema beleuchtet. Dies beschäftigt sich mit einer phänologischen Klimatologie als Optimierungswerkzeug im Pflanzenbau.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen des vorliegenden Berichts.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Die Witterung in Deutschland 2014 5

Extremwertkarte 17

Das Strahlungsjahr 2014 18

Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2014 19

Objektive Wetterlagenklassen 2014 23

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2014 30

Rückblick auf das Weinjahr 2014 43

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre 45

Ozon in der Stratosphäre 51

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa 2014 54

Das Jahr 2014 im globalen Überblick 80

Erste Ansätze einer Phänologischen Klimatologie als Optimierungswerkzeug im Pflanzenbau 85

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 92

Autorenverzeichnis 93

Die Witterung in Deutschland 2014

T. Deutschländer, K. Friedrich, F. Imbery, W. Riecke

Mit einer Mitteltemperatur von 10,3°C war das **Jahr 2014** das bisher wärmste in Deutschland beobachtete Jahr (Abb. 2). Erstmals erreichte die Jahresmitteltemperatur einen zweistelligen Wert. In den bisher wärmsten Jahren 2000 und 2007 wurden 9,9°C gemessen. Damit ergibt sich gegenüber der international gültigen Klimareferenzperiode 1961-1990 eine Abweichung von +2,1 K. Außer dem Monat August waren, in Bezug auf die Klimareferenzperiode 1961-1990, alle Monate wärmer als normal. Schon das erste Jahresdrittel war ungewöhnlich mild. Der Winter 2013/2014 ist deutschlandweit fast komplett ausgefallen. Das zweite Jahresdrittel war dagegen nicht so auffällig. Der Sommer war nur etwas wärmer als normal und zeichnete sich durch einen sehr warmen Juli aus, dem ein kühler Monat August folgte. Das dritte Jahresdrittel war wiederum sehr mild. Der Winter 2014/2015 zeigte sich erst in den letzten Tagen des Jahres.

Bemerkenswert ist die Temperaturdifferenz von +0,4 K zwischen den bisher wärmsten Jahren und dem Jahr 2014. Ausgehend von dem bisherigen Maximum von 9,9°C fielen in diese Temperaturdifferenz bisher 11 Jahre. Sechs dieser Werte entstammen den Jahren seit 2000. Ein ähnlicher Sprung wurde nur 1934 erreicht (Mitteltemperatur 9,5°C), als die bis dahin maximale Mitteltemperatur von 9°C aus dem Jahr 1921 in der noch kurzen Datenreihe um +0,5 K überschritten wurde.

Die Temperaturabweichung ist recht gleichmäßig über die gesamte Fläche Deutschlands verteilt. Somit war es auch für alle Bundesländer das bisher wärmste Jahr.

Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr als Ganzes gesehen etwas zu trocken. Mit 727,1 mm erreichte es 92,2 % des vieljährigen Mittelwertes und war damit im Vergleich zur Bezugsperiode um -61,8 mm zu trocken. Als 95.-nassestes oder 40.-trockenstes Jahr seit 1881 und als 82.-nassestes oder 33.-trockenstes seit 1901 ordnet es sich in die trockeneren Jahre der Klimazeitreihen ein.

Bei der Betrachtung der Einzelmonate sind erhebliche Unterschiede erkennbar. 7 Monate waren trockener und entsprechend 5 Monate nasser als normal. Im Juli wurden die meisten Niederschläge beobachtet. Mit 126,6 mm wurde das Niederschlagssoll um +63,1 % übertroffen (Bezugszeitraum Klimareferenzperiode 1961-1990). Der trockenste Monat war der März mit lediglich 18,6 mm und einem Niederschlagsdefizit von -67,1 %. Außer dem Mai waren alle Monate in der ersten Jahreshälfte zu trocken. In der zweiten Jahreshälfte war es nur im September und November trockener als normal.

Insgesamt brachte das Jahr 2014 im Deutschlandmittel 1620,9 Sonnenstunden und somit etwas mehr Sonnenschein als im vieljährigen Vergleich. Der Überschuss betrug +92,5 Stunden oder +6,1 % gegenüber der internationalen Referenzperiode. Damit ordnet sich das Jahr als 25.-sonnenscheinreichstes Jahr seit 1951 im oberen Bereich des mittleren Drittels der für diesen Parameter vorliegenden Klimazeitreihe ein.

Entsprechend dem Niederschlag war die erste Jahreshälfte sonnenscheinreicher und die zweite Jahreshälfte sonnenscheinärmer. Der höchste Sonnenscheinüberschuss wurde mit +64,1 % im März beobachtet (Bezugszeitraum Klimareferenzperiode 1961-1990). Der Dezember erreichte nicht einmal 60 % des Sonnenscheinsolls.

Das Thermopluviogramm (Abb. 1) zeigt Abweichungen der

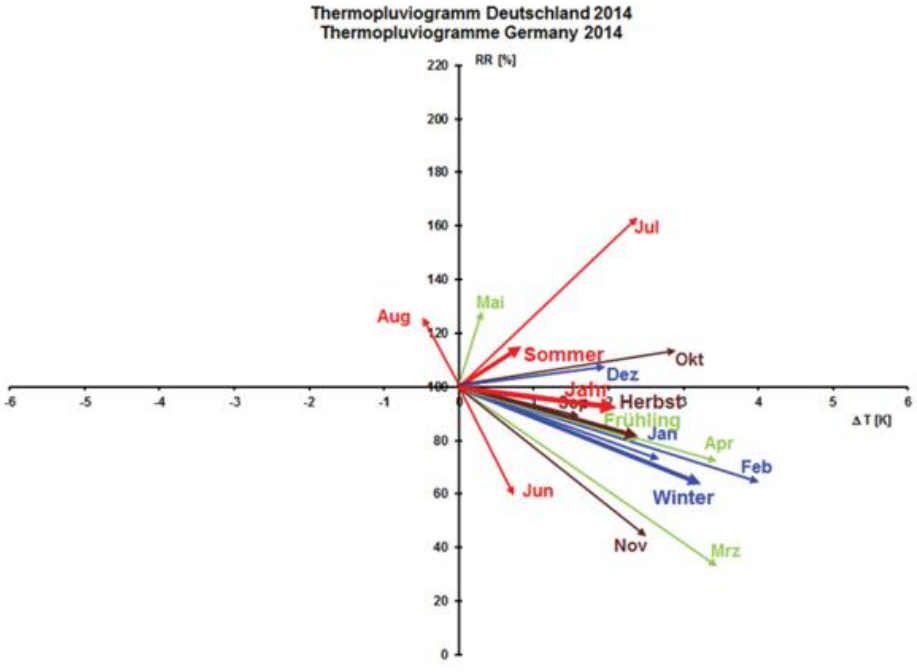


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2014 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2014 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Flächenmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Flächenmittel vom klimatologischen Flächenwert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen Flächenmitteles der Niederschlagshöhe im Verhältnis zum vieljährigen Flächenmittel in Prozent [%].

Für den Winter werden der Dezember des zurückliegenden Jahres und die Monate Januar und Februar des gezeigten Jahres betrachtet. In der Abb. 1 wird deutlich, wie warm der Winter, das Frühjahr und der Herbst 2014 waren. Nur der August war kälter als normal.

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Bis zur Monatsmitte setzte sich die bereits praktisch den gesamten Dezember dominierende, milde Witterung mit zumeist westlicher bis südwestlicher Strömung fort, so dass die erste Hälfte des **Januars 2014** um mehr als +4 K zu warm ausfiel. Ab der Monatsmitte baute sich jedoch zunehmend hoher Luftdruck über Skandinavien auf, wodurch sukzessive bodennahe Kaltluft von Osten her zumindest in den Nordosten einsickern konnte. Bis in die südwestlichen Teile Deutschlands gelangte die Kaltluft aufgrund der starken südwestlichen Gegenströmung jedoch nie. Dadurch zeigte sich Deutschland im Hinblick auf die Monatsmitteltemperatur am Ende zweigeteilt: Während der Monat in der Nordosthälfte weitestgehend normale Temperaturen brachte, war er im Südwesten um bis zu +4 K zu mild. Gleichzeitig war es recht trocken.
Bereits zum Monatsanfang des **Februars** setzten sich die milden Luftmassen von Westen wieder in ganz Deutschland durch und vertrieben die in der zweiten Januarhälfte in den Nordosten eingeflossene Kaltluft vollständig. Bis zum Monatsende blieb es dann bei der bereits im gesamten Winter vorherrschenden Witterung mit zumeist westlicher bis südwestlicher Strömung, so dass auch der Februar 2014 deutlich zu mild ausfiel. Zudem war es erneut zu trocken und es schien überdurchschnittlich viel die Sonne. Nur zu Beginn des Monats gab es einen etwas feuchteren Witterungsabschnitt.
Mit Ausnahme einer kurzen Phase in der zweiten Januarhälfte, in der sich zumindest in der Nordosthälfte Deutschlands einmal für etwa zehn Tage Kaltluft festsetzen konnte, verlief der **Winter 2013/2014** (Abb. 3) durchweg mild. Verantwortlich für diese ungewöhnlich beständige Witterung war die extrem persistente Lage des Jetstreams infolge eines sich ständig regenerierenden Höhentrogs über dem Atlantik. An dessen Vorderseite schlugen die Tiefdruckgebiete wiederholt eine nördliche bis nordöstliche Zugbahn über dem Ostatlantik ein. Einige Tiefs zogen auch ins Mittelmeergebiet, wodurch ihre Wetterwirksamkeit in Mitteleuropa ebenfalls nur gering blieb. Während es dadurch in Deutschland zusätzlich zu den überdurchschnittlichen Temperaturen auch relativ trocken und ziemlich sonnig war, wurde in weiten Teilen Großbritanniens der nasseste Winter seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahre 1910 verzeichnet.

Nach dem nahezu durchweg milden Winter 2013/2014 lagen die Temperaturen in Deutschland auch im **März 2014** zumeist deutlich über den für die Jahreszeit üblichen Werten. Das Witterungsgeschehen wurde dabei vorwiegend von Hochdruckgebieten bestimmt, wobei auch in diesem Monat westliche Anströmrichtungen dominierten. Insgesamt war der März 2014 dadurch nicht nur deutlich zu warm, sondern auch erheblich zu trocken und sehr sonnenscheinreich. Er war der 3.-wärmste und 5.-trockenste Märzmonat seit 1881 und 3.-sonnenscheinreiste seit 1951.
Wie schon in den ersten drei Monaten des Jahres, war es auch im **April 2014** zumeist deutlich zu warm für diesen Zeitraum. Auch war der Monat erneut zu trocken und zu sonnenscheinreich, wobei jedoch sowohl das Niederschlagsdefizit als auch der Sonnenscheinüberschuss insbesondere im Vergleich zu den beiden unmittelbaren Vormonaten relativ gering ausfielen. Besonders in der letzten Monatsdekade kam es in den eingeflossenen, recht feuchten Luftmassen zu teils heftigen Schauern und Gewittern, die teilweise auch Unwettercharakter hatten.
Im Gegensatz zu den Vormonaten war der **Mai 2014** zu nass und brachte zu wenig Sonnenschein. Dabei fielen aber sowohl der Niederschlagsüberschuss als auch das Sonnenscheindefizit deutlich moderater als im vergangen Jahr aus. Auch die Niederschlagsverteilung war – anders als im Mai 2013, als es in nahezu ganz Deutschland überdurchschnittlich viel Niederschlag zu verzeichnen gab – recht unterschiedlich. Deutlich positive Abweichungen traten in der gesamten Mitte und im Nordwesten Deutschlands auf, während es im Südwesten sowie im äußersten Nordosten verbreitet zu trocken bleib. Die Temperaturen bewegten sich zumeist im Normalbereich oder leicht darunter, lediglich in der 3. Maiwoche wurden zeitweise auch sommerliche Werte erreicht.
Trotz des zu nassen und recht sonnenscheinarmen Mais war das **Frühjahr 2014** insgesamt zu trocken und auch zu sonnig (Abb. 4). Besonders markant fiel die Abweichung jedoch bei den Temperaturen aus, in denen sich der erhebliche Wärmeüberschuss aus den Monaten März und April entgegen den weitestgehend normalen Werten im Mai am deutlichsten widerspiegelt. Nahezu im gesamten Zeitraum lagen die Werte im normalen, meist sogar im überdurchschnittlichen Bereich, lediglich im Mai gab es auch etwas längere kühle Phasen, wobei die Abweichungen von den jahreszeitlich üblichen Werten meist jedoch moderat blieben.

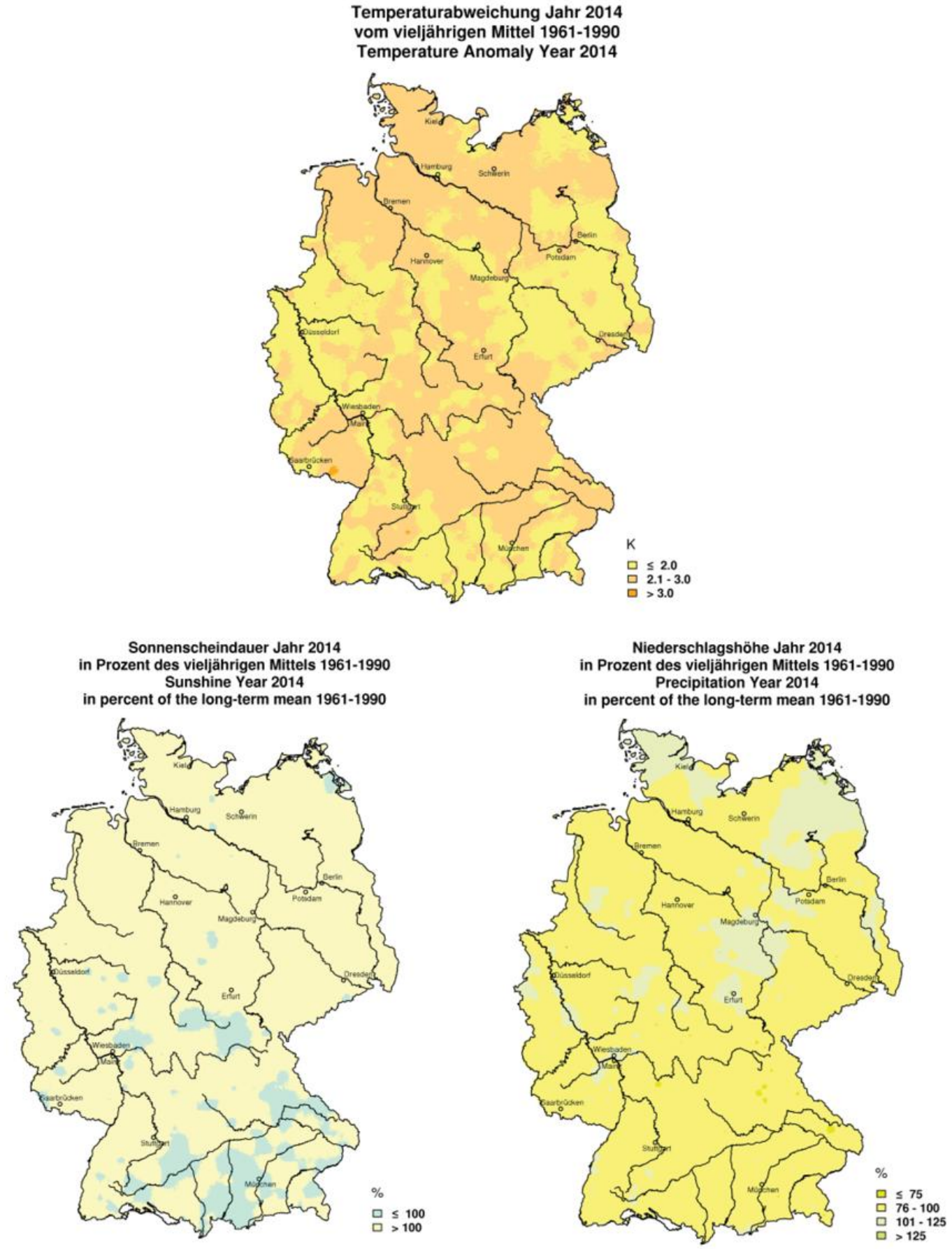
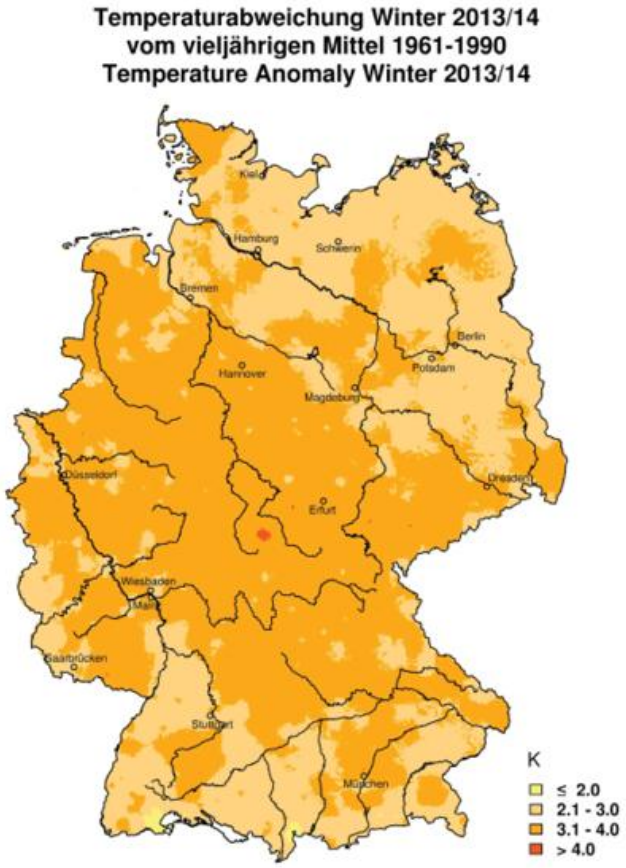
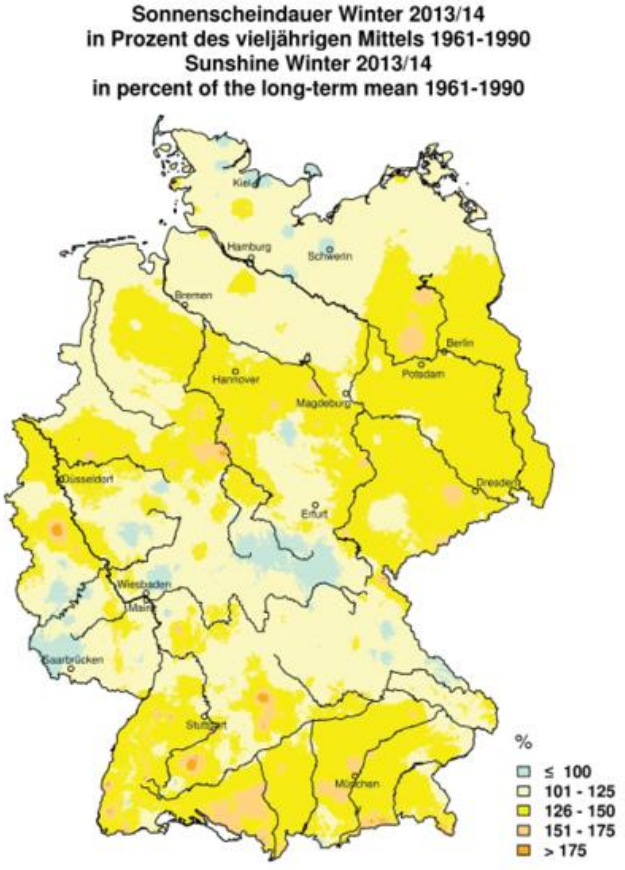


Abb. 2: Jahresabweichung 2014 vom vieljährigen Mittel 1961-1990





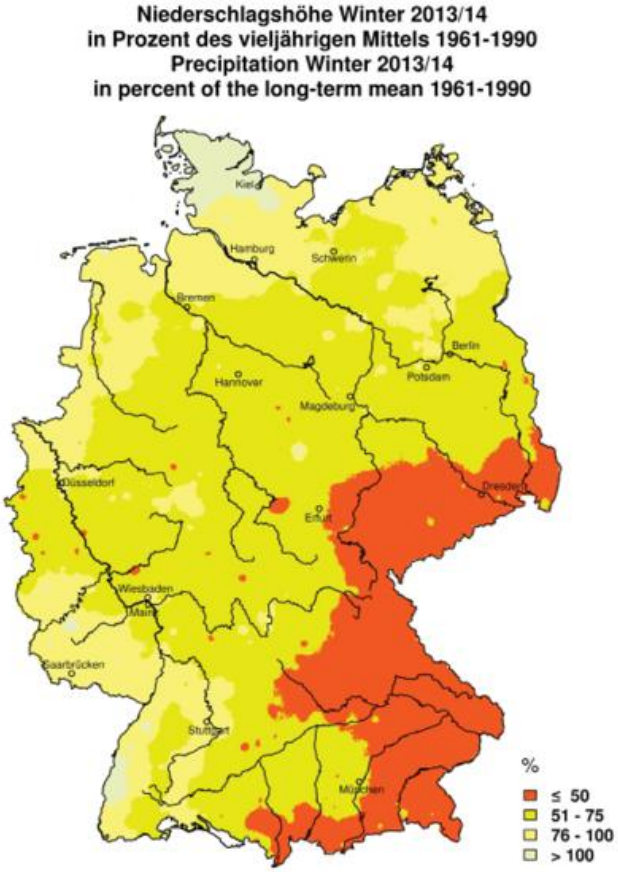
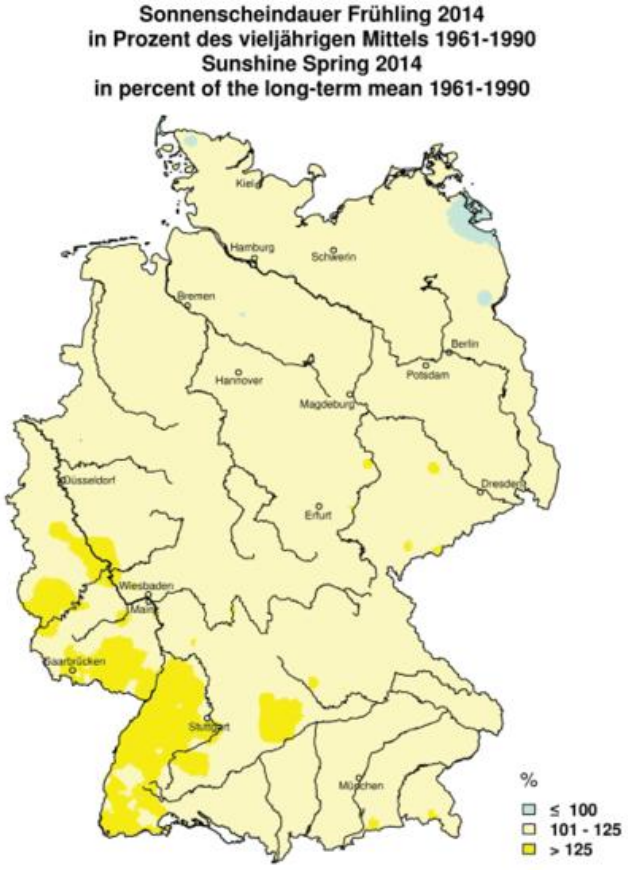


Abb. 3: Abweichung der Jahreszeit Winter des vieljährigen Mittel 1961-1990





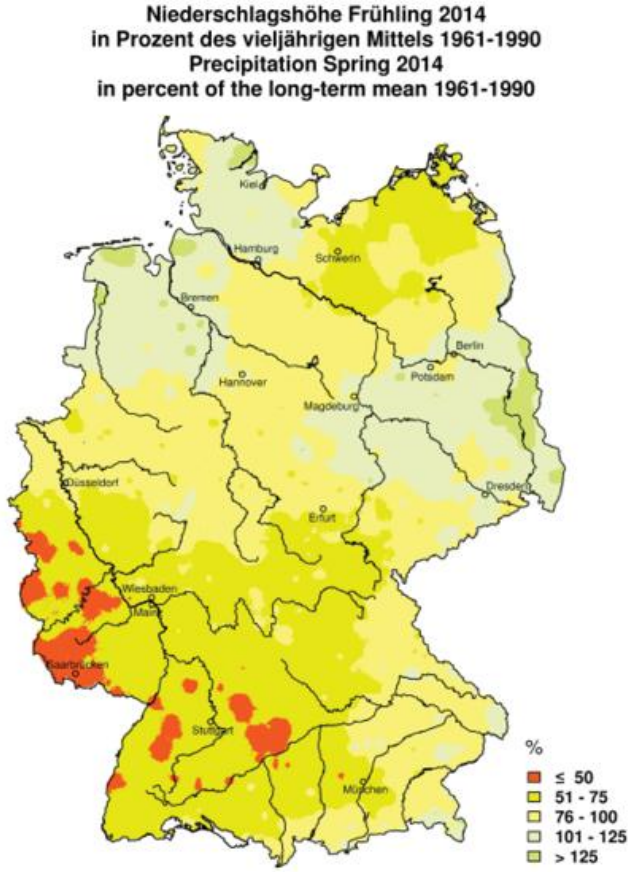


Abb. 4: Abweichung der Jahreszeit Frühling des vieljährigen Mittel 1961-1990

Mit Ausnahme einer kurzen, aber sehr intensiven Hitzeepisode um das Pfingstwochenende lagen die Temperaturen im **Juni 2014** in Deutschland zumeist im mäßig warmen Bereich und damit etwa im Bereich der Normalwerte. Insgesamt fiel der Monat somit etwas zu warm aus. Gleichzeitig war es trotz der teils schweren Unwetter zum Ende der Hitzeperiode sowie recht ergiebiger Flächenniederschläge zum Ende des Monats erneut zu trocken und gleichzeitig auch wieder zu sonnig. Mit Ausnahme des Monats Mai war es damit im gesamten ersten Halbjahr 2014 fast durchweg zu warm, zu trocken und zu sonnenscheinreich.

Im Monat **Juli 2014** wurden nur wenige Tage mit unterdurchschnittlichen Temperaturen beobachtet. Im Norden Deutschlands lagen die Durchschnittstemperaturen überall über dem vieljährigen Mittel. Deutschlandweit wurden die höchsten Temperaturen um das 3. Juliwochenende beobachtet. Insgesamt fiel der Monat deutlich zu warm aus. Gleichzeitig war der Monat deutlich zu nass. Meistens handelte es sich um konvektive Niederschläge, die häufig in Verbindung mit schweren Unwettern gefolgt von lokalen Überflutungen, auftraten. Trotz der enormen Regenmengen konnte das Niederschlagsdefizit des laufenden Jahres nicht ausgeglichen werden. Insgesamt war der Juli etwas sonnenscheinreicher als normal.

Der **August 2014** zeigte sich als relativ kühler und wechselhafter Sommermonat. Zu Beginn des Monats wurden im Norden noch Temperaturen über dem vieljährigen Mittelwert gemessen, bevor auch dort wie bereits in den meisten Landesteilen die Temperaturen die vieljährigen Mittelwerte nur erreichten oder deutlich unterschritten. Zum Monatsende lagen die Temperaturen meist wieder im Bereich der vieljährigen Mittelwerte. Meist fiel der Monat zu nass aus, teilweise wurde das Niederschlagssoll um das 1,5-fache überschritten. In nur wenigen Regionen wurden die übliche Anzahl der Sonnenstunden erreicht.

Einem etwas zu warmen, deutlich zu trockenen und sonnenscheinreichen Monat Juni folgte ein deutlich zu warmer und sehr feuchter Monat Juli. Der August war dagegen zu kalt, recht wechselhaft und sehr trüb. Somit war der **Sommer 2014** insgesamt bezüglich der Temperatur etwas zu warm (Abb. 5). Es ergaben sich über die Sommermonate ein deutlicher Niederschlagüberschuss, der meist konvektive Ursachen hatte, und ein leichter Überschuss bezüglich der Sonnenscheindauer.

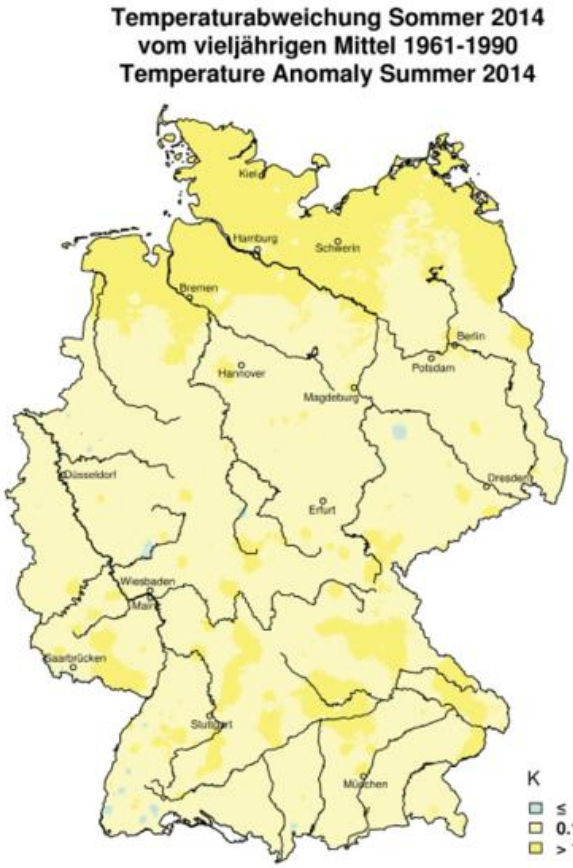
Der **September 2014** zeigte sich als sehr milder Herbstmonat. Fast deutschlandweit gab es nur wenige Phasen, in denen im Monatsverlauf die täglichen Durchschnittstemperaturen unterschritten wurden. Dabei waren die beobachteten Temperaturanomalien im Norden am höchsten. Die Anzahl der Sonnenstunden blieb aber etwas unter dem Mittelwert. Das Niederschlagssoll wurde an vielen Stationen nicht erreicht. Regional gab es aber auch deutliche Überschreitung der vieljährigen Mittelwerte.

Der **Oktober 2014** war ein ausgesprochen warmer Herbstmonat. In den ersten drei Wochen gab es deutschlandweit kaum Phasen, in denen die täglichen Durchschnittstemperaturen unterschritten wurden. Lediglich in der letzten Oktoberwoche sank zeitweise mit dem Durchzug des Ex-Hurrikans Gonzalo die Tagesmitteltemperatur unter die mittleren Tagestemperaturen. Dabei war der Oktober relativ trüb, die Anzahl der Sonnenstunden blieb unter dem vieljährigen Mittel. Die Niederschlagssumme entsprach den vieljährigen Mittelwerten, allerdings mit deutlichen regionalen Über- und Unterschreitungen.

Wie schon der Oktober war der **November 2014** ein ausgesprochen warmer Monat. Im November 2014 befand sich Mitteleuropa meist auf der Vorderseite kräftiger Tiefdruckgebiete über dem Nordatlantik. Dadurch erreichte mit südlichen Winden häufig relativ warme Luft Deutschland. Unter diesem großräumigen Einfluss fielen in Deutschland regional sehr unterschiedlich hohe Niederschlagsmengen, diese beschränkten sich zu großen Teilen auf den Süden und Westen. Hier gab es in den Niederungen auch häufig Nebelbildung und damit sehr wenige Sonnenstunden. Ansonsten wies die Sonnenscheindauer positive Abweichungen zu den vieljährigen Mitteln auf.

Alle drei Herbstmonate waren wärmer als die jeweiligen vieljährigen Mittelwerte. Deutschlandweit gab es nur wenige Phasen, in denen im Verlauf des **Herbstes 2014** die täglichen Durchschnittstemperaturen unterschritten wurden (Abb. 6). Lediglich in der letzten Oktoberwoche sank zeitweise mit dem Durchzug des Ex-Hurrikans Gonzalo die Tagesmitteltemperatur unter die mittleren Tagestemperaturen. Im November 2014 befand sich Mitteleuropa meist auf der Vorderseite kräftiger Tiefdruckgebiete über dem Nordatlantik. Dadurch erreichte mit südlichen Winden häufig relativ warme Luft Deutschland. Dabei blieben die Niederschläge unter den üblichen Werten, während die Sonnenscheindauer den vieljährigen Strahlungswerten entsprach, allerdings mit hoher zeitlicher Variabilität.

Der **Dezember 2014** war der vierte Monat in Folge, der deutlich zu warm ausfiel. Einem besonders im Nordosten kalten Monatsbeginn folgte ein rascher Temperaturanstieg. Ab der Monatsmitte lagen die mittleren Tagestemperaturen deutlich über dem vieljährigen Mittel. Erst an den Weihnachtsfeiertagen fielen die Temperaturen wieder und brachten fast deutschlandweit zumindest eine geringe Schneedecke. Deutschlandweit wurde im Dezember 2014 geringfügig mehr Niederschlag beobachtet als normal, wobei die Niederschlagsanomalie einen starken Nord-Süd Gradient aufweist, mit besonders hohen Anomalien in den an die Ostseeküste angrenzenden Regionen. Die Anzahl der Sonnenstunden im Dezember lag deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Sie erreichte besonders im nördlichen Bayern sowie großen Teilen von Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg nicht mehr als 50 %. Nur im Nordwesten wurde das Sonnenscheinsoll großflächig erreicht oder überschritten.





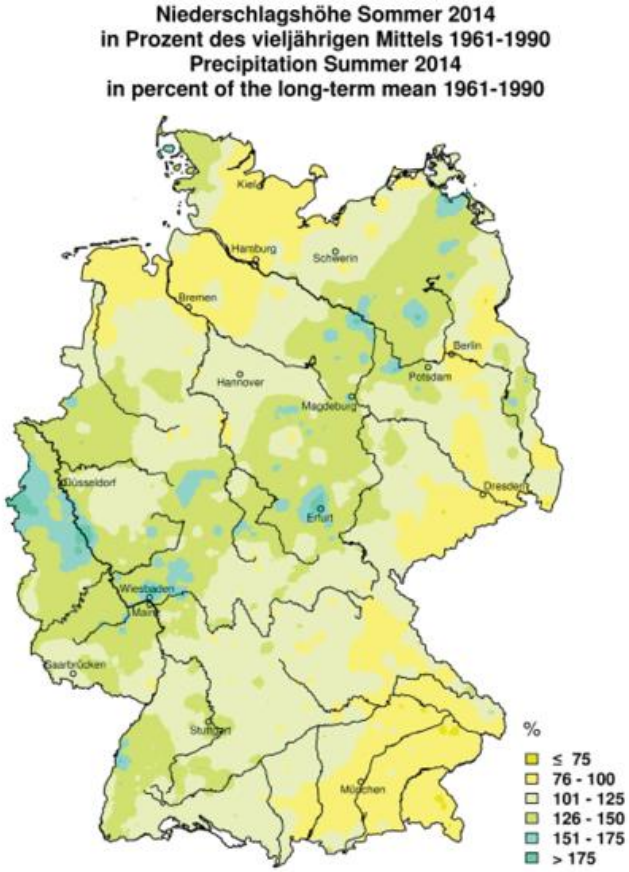


Abb. 5: Abweichung der Jahreszeit Sommer des vieljährigen Mittel 1961-1990

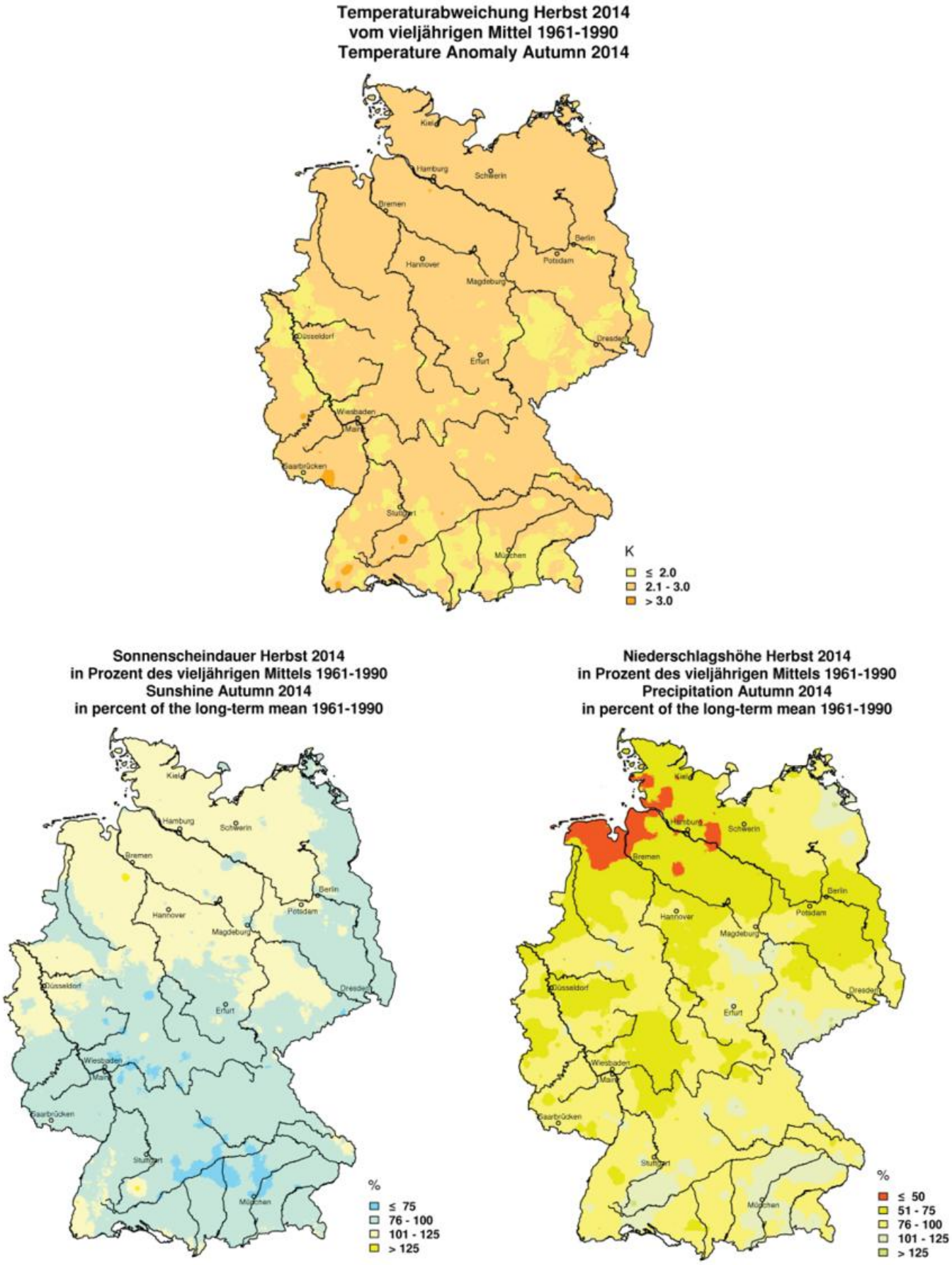


Abb. 6: Abweichung der Jahreszeit Herbst des vieljährigen Mittel 1961-1990

In den Tab. 1-4 sind die Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, sowie die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niederschlagshöhe, der Sonnenscheindauer für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten, sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung vom Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich einige Charakteristika des Jahres wieder. Die Anzahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0°C) und der Eistage (Temperaturmaximum unter 0°C) ist deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Der fast komplett ausgefallende Winter zeichnet sich hier ab. In den nordöstlichen Bundesländern wurden noch die meisten Eistage beobachtet. Dieser Landesteil geriet in der zweiten Januarhälfte unter Kaltlufteinfluss. Insgesamt wurden aber nur 60–70 % der sonst üblichen Eistage beobachtet. Der ausgefallene Winter ist auch an der geringen Anzahl von Schneedeckentagen zu erkennen. Hier wurden weniger als 1/3 der sonst üblichen Anzahl von Schneedeckentagen registriert. Die meist kurzen, recht heißen Witterungsphasen führten zu überdurchschnittlich vielen Sommertagen (Temperaturmaximum mindestens 25°C) und heißen Tagen (Temperaturmaximum mindestens 30°C). Unwetter mit Hagel, die den heißen Witterungsphasen folgten, führten zu einer recht hohen Anzahl von Tagen mit Hagel.

Die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 10 mm lag meist um oder unter dem vieljährigen Mittelwert. Die Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 20 mm war in Sachsen-Anhalt und Thüringen deutlich über dem vieljährigen Mittel. Bei den Tagen mit mindestens 30 mm kommen neben Sachsen-Anhalt und Thüringen noch Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern dazu.

	Eistage (Maximum unter 0 °C)		Frosttage (Minimum unter 0 °C)		Sommertage (Maximum mind. 25 °C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30 °C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit Hagel (Mai-September)		Tage mit einer Schneedecke	
Land	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90	2014 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	13,6	66,7	43,3	61,5	33,8	159,3	3,9	128,5	14,3	78,1	3,1	98,7	1,0	154,1	0,0	0,0	7,5	24,4
Bremen	10,6	58,7	37,6	54,5	34,1	166,5	2,0	71,2	15,6	94,0	2,3	78,5	0,8	114,6	0,1	17,4	4,9	18,2
Berlin	18,0	74,3	40,7	50,3	47,7	132,6	14,3	203,2	8,3	70,6	1,3	54,1	0,2	32,3	0,0	1,0	15,4	41,2
Schleswig-Holstein	11,9	56,5	39,2	51,6	29,1	193,2	1,1	70,0	21,2	103,1	5,3	145,4	1,4	184,6	0,6	108,5	8,2	24,6
Niedersachsen	10,7	52,2	43,5	57,9	32,7	146,6	3,7	113,7	16,3	90,5	3,4	100,8	1,1	143,0	0,5	65,9	8,8	27,5
Nordrhein-Westfalen	3,4	19,6	36,0	51,1	29,8	118,9	3,8	94,3	22,4	94,0	5,2	101,6	1,6	128,6	1,7	214,3	6,3	20,4
Rheinland-Pfalz	3,5	16,2	40,5	48,0	31,3	108,1	6,0	119,8	21,8	98,2	4,8	100,5	1,1	85,5	0,9	115,4	10,1	27,1
Saarland	2,1	11,0	36,9	45,9	34,2	114,6	5,9	123,0	25,1	87,3	5,3	76,7	1,4	68,2	0,0	0,7	8,4	28,1
Baden-Württemberg	5,8	21,6	64,4	63,5	34,9	112,4	6,8	143,6	26,5	88,2	7,3	89,4	2,4	86,7	3,2	288,1	15,2	25,9
Hessen	5,6	22,0	56,0	62,4	33,0	119,1	5,5	123,9	21,6	101,0	5,2	113,5	1,6	123,9	2,3	305,5	9,1	20,8
Bayern	8,6	25,1	78,3	68,8	34,2	116,1	6,6	168,7	23,6	83,7	6,5	84,7	2,5	100,0	1,2	109,6	20,6	29,1
Mecklenburg-Vorpommern	17,3	65,8	47,7	58,0	30,9	156,6	3,2	122,3	13,0	102,3	2,9	125,9	1,0	178,3	1,3	185,4	15,0	37,3
Brandenburg	17,6	68,0	55,7	64,0	45,4	131,3	12,6	194,8	10,3	88,3	2,4	103,4	0,9	147,5	0,7	89,2	14,7	37,6
Sachsen-Anhalt	14,5	58,3	57,2	67,7	38,6	121,1	9,5	165,4	12,7	106,8	4,5	180,7	1,4	199,6	2,1	317,6	14,4	38,1
Sachsen	14,5	45,8	67,1	71,0	36,8	117,8	8,8	159,8	14,8	85,6	4,7	119,8	1,7	141,4	2,3	255,6	19,7	35,7
Thüringen	12,2	35,8	66,5	65,3	30,0	117,1	5,7	148,5	17,4	96,8	5,7	151,5	2,3	209,9	2,3	289,5	18,5	32,1
Deutschland	9,9	37,7	56,4	62,3	34,2	124,9	6,1	145,4	19,3	91,2	5,0	101,6	1,7	117,1	1,5	174,6	13,9	29,4

Tab. 1: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatologischen Besonderheiten und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90	2014	Abw. von 1961-90
Hamburg	1,8	1,3	5,3	4,1	7,3	3,4	10,9	3,4	12,8	0,4	16,0	0,3	20,5	3,5	16,5	-0,3	16,0	2,3	12,9	3,1	7,1	1,9	3,5	1,5	10,3	2,3	17,6	1,1	12,0	2,4	4,1	2,9	10,9	2,1
Bremen	2,6	1,7	5,5	4,1	7,3	3,4	11,4	3,8	12,8	0,4	15,8	0,3	20,3	3,5	16,5	-0,2	16,1	2,4	13,0	3,2	7,4	2,2	3,7	1,5	10,5	2,5	17,5	1,1	12,2	2,6	4,4	2,9	11,0	2,1
Berlin	0,6	1,0	5,1	4,5	7,8	3,8	11,9	3,5	13,6	0,0	17,2	0,1	21,5	3,2	17,6	-0,2	16,2	2,1	12,5	2,9	6,9	2,2	2,8	1,6	11,1	2,4	18,8	1,0	11,9	2,4	3,4	2,9	11,1	2,0
Schleswig-Holstein	1,8	1,5	4,9	4,2	6,5	3,4	9,8	3,2	12,4	0,9	15,4	0,4	19,9	3,6	16,2	0,0	15,6	2,4	12,7	3,2	7,2	2,2	3,5	1,7	9,6	2,5	17,2	1,4	11,8	2,6	3,9	3,0	10,5	2,2
Niedersachsen	2,5	1,9	5,4	4,3	7,2	3,3	11,2	3,7	12,7	0,4	15,6	0,2	19,9	3,2	16,1	-0,4	15,6	2,1	12,7	3,1	7,2	2,3	3,5	1,6	10,4	2,5	17,2	1,0	11,8	2,5	4,3	3,1	10,8	2,2
Nordrhein-Westfalen	4,3	3,2	5,6	3,8	7,9	3,4	11,6	3,7	12,5	0,1	15,7	0,3	19,2	2,3	15,8	-0,8	15,1	1,5	12,6	2,8	7,6	2,5	3,6	1,3	10,7	2,4	16,9	0,6	11,8	2,3	5,0	3,3	11,0	2,0
Rheinland-Pfalz	3,8	3,6	4,5	3,4	7,6	3,4	11,6	3,8	12,6	0,4	16,6	1,3	19,0	1,9	15,7	-0,9	14,9	1,4	12,0	2,8	6,7	2,6	2,9	1,6	10,6	2,5	17,1	0,8	11,2	2,3	4,0	3,1	10,7	2,1
Saarland	4,0	3,5	4,7	3,1	7,8	3,2	11,7	3,5	12,8	0,3	17,5	1,9	19,2	1,7	15,7	-1,2	15,3	1,6	12,3	2,9	7,0	2,6	3,1	1,6	10,8	2,4	17,5	0,8	11,6	2,4	4,2	3,0	10,9	2,0
Baden-Württemberg	2,8	3,5	3,8	3,3	6,7	3,1	10,5	3,1	12,2	0,3	16,9	1,8	18,1	1,0	15,7	-0,7	14,4	1,1	11,7	3,0	6,2	2,7	2,7	2,4	9,8	2,2	16,9	0,7	10,8	2,3	3,0	3,0	10,1	2,0
Hessen	3,0	3,4	4,3	3,7	7,1	3,3	11,2	3,7	12,3	0,2	15,8	0,6	19,1	2,2	15,5	-0,9	14,7	1,5	11,6	2,7	6,3	2,5	2,6	1,8	10,2	2,4	16,8	0,6	10,9	2,3	3,7	3,4	10,3	2,1
Bayern	1,6	3,5	3,0	3,6	6,3	3,4	10,0	3,0	11,9	0,2	16,3	1,4	18,3	1,7	15,5	-0,5	14,0	1,2	10,9	2,8	5,4	2,6	2,1	2,7	9,4	2,2	16,7	0,9	10,1	2,2	2,0	3,0	9,6	2,1
Mecklenburg-Vorpommern	0,2	0,8	4,4	4,4	6,5	3,7	9,9	3,2	12,5	0,6	15,6	0,2	20,1	3,3	16,6	0,0	15,4	2,1	12,1	2,8	6,8	2,3	2,6	1,5	9,7	2,6	17,4	1,1	11,4	2,4	3,1	2,9	10,2	2,0
Brandenburg	0,5	1,3	4,6	4,5	7,1	3,6	11,2	3,4	13,2	0,1	16,5	0,0	20,9	3,0	16,9	-0,5	15,7	1,9	12,1	2,8	6,6	2,2	2,6	1,7	10,5	2,4	18,1	0,8	11,5	2,3	3,0	2,9	10,7	2,0
Sachsen-Anhalt	1,3	1,6	4,9	4,5	7,2	3,5	11,4	3,6	12,9	0,1	16,2	0,1	20,3	2,7	16,6	-0,6	15,6	1,9	12,3	2,9	6,7	2,2	2,8	1,6	10,5	2,4	17,7	0,8	11,5	2,3	3,5	3,1	10,7	2,0
Sachsen	1,1	2,3	4,0	4,3	6,9	3,7	10,6	3,3	12,2	-0,1	16,0	0,4	19,6	2,4	16,3	-0,5	14,9	1,5	11,6	2,6	6,2	2,4	2,2	1,9	9,9	2,3	17,3	0,8	10,9	2,2	2,8	3,2	10,1	2,0
Thüringen	1,6	2,9	3,9	4,3	6,5	3,7	10,6	3,8	11,9	0,2	15,4	0,5	18,9	2,5	15,5	-0,5	14,4	1,6	11,3	2,9	5,7	2,4	1,9	1,9	9,6	2,5	16,6	0,8	10,5	2,3	2,9	3,5	9,8	2,2
Deutschland	2,1	2,6	4,3	3,9	6,9	3,4	10,8	3,4	12,4	0,3	16,1	0,7	19,3	2,4	16,0	-0,5	14,9	1,6	11,9	2,9	6,5	2,5	2,7	1,9	10,0	2,3	17,1	0,8	11,1	2,3	3,3	3,1	10,3	2,1

Tab. 2: Gebietsmittel der Temperatur in °C und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in K

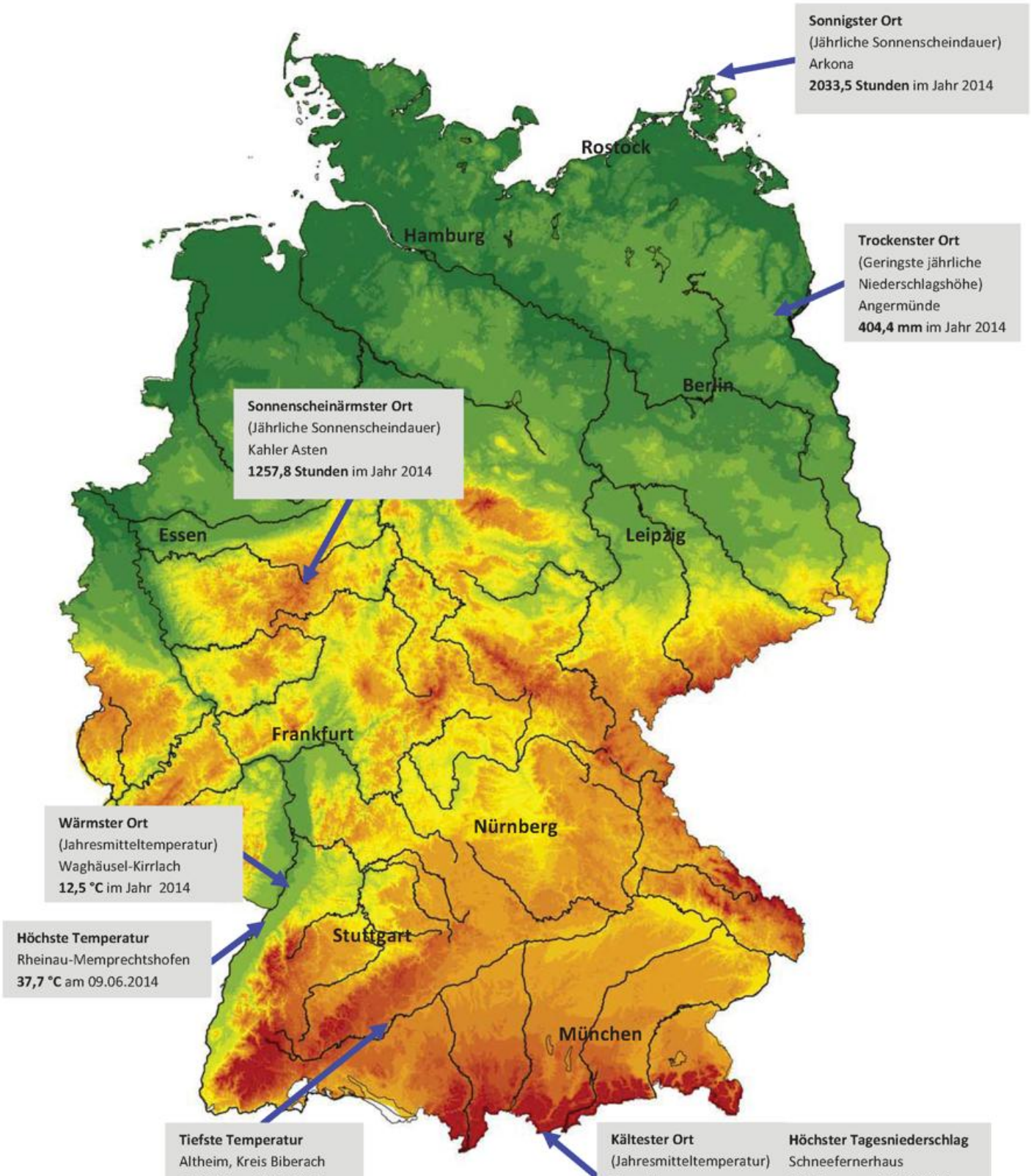
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90
Hamburg	48,6	79,2	37,0	88,7	22,0	40,0	57,2	115,2	86,7	148,6	53,5	76,2	81,5	105,7	58,4	82,7	30,6	44,9	51,1	85,3	23,2	34,5	130,6	185,7	165,8	101,7	193,4	88,7	104,8	53,7	152,0	87,2	680,2	90,7
Bremen	40,5	68,2	34,7	86,5	27,2	53,5	51,8	108,1	101,6	169,8	56,1	76,7	89,8	119,5	58,2	82,3	22,9	37,3	52,1	89,3	21,1	32,1	89,2	139,5	180,6	113,9	204,1	93,2	96,1	51,8	126,8	77,0	645,3	88,8
Berlin	33,0	77,9	10,9	31,0	20,6	56,0	27,7	68,7	87,1	160,1	51,9	74,3	79,2	148,7	37,4	63,4	34,2	75,0	37,5	107,3	6,5	13,6	51,2	96,0	135,4	103,0	168,4	92,4	78,2	60,9	83,6	64,0	477,0	83,3
Schleswig-Holstein	64,4	100,2	43,5	104,6	24,8	47,1	61,1	124,6	79,2	148,2	48,4	70,2	69,0	86,2	109,7	150,0	47,8	63,4	64,0	87,4	24,8	29,8	168,8	230,4	165,1	106,4	227,1	102,2	136,6	59,0	179,6	99,8	805,3	102,2
Niedersachsen	43,5	70,2	32,1	72,6	19,0	34,7	50,8	97,7	100,6	164,2	63,5	83,1	101,3	139,3	72,2	102,6	30,4	50,6	58,1	104,5	22,6	34,0	88,8	126,9	170,4	101,4	237,0	108,0	111,2	61,1	128,9	72,7	683,1	91,6
Nordrhein-Westfalen	51,6	67,2	43,1	75,0	15,1	21,2	46,8	75,7	102,0	141,8	65,0	77,1	140,4	170,5	107,1	147,0	48,6	72,4	69,3	111,1	44,1	56,0	86,9	98,5	163,8	79,9	312,6	130,5	162,0	77,8	152,2	68,3	820,1	93,7
Rheinland-Pfalz	52,1	78,2	55,9	97,7	9,9	15,6	28,5	49,8	69,5	99,0	35,0	45,9	146,2	203,2	111,1	159,2	40,8	68,1	72,2	113,9	53,0	70,5	78,7	103,5	107,9	56,5	292,2	134,1	166,0	83,6	156,6	78,4	752,8	93,3
Saarland	73,2	85,2	92,4	128,9	10,7	13,5	15,1	23,7	76,4	96,8	32,0	39,8	139,8	193,8	101,2	138,5	34,8	50,1	92,0	120,0	70,6	74,3	98,4	100,0	102,2	46,1	273,0	121,0	197,3	81,8	228,0	89,4	836,5	88,6
Baden-Württemberg	55,1	73,5	56,5	83,3	17,5	24,9	49,9	64,3	73,2	76,6	47,4	44,3	191,6	211,3	115,6	122,5	69,6	99,6	70,4	104,0	59,1	72,2	69,5	84,5	140,6	57,8	354,6	121,5	199,1	90,7	164,4	73,4	875,4	89,3
Hessen	46,9	74,3	36,8	70,7	12,3	20,0	44,1	75,0	92,0	130,5	46,3	57,9	147,4	202,7	105,9	152,2	38,6	67,2	65,7	111,4	37,2	52,2	70,0	90,6	148,4	77,7	299,6	134,8	141,5	75,4	126,8	65,7	743,2	93,7
Bayern	47,9	72,1	25,1	43,3	26,5	42,5	42,4	60,6	108,9	120,5	44,5	39,8	147,6	145,7	123,1	121,6	75,3	104,2	82,2	133,8	31,9	45,5	66,0	87,4	177,9	79,9	315,3	100,3	189,5	93,0	94,6	47,3	821,6	87,3
Mecklenburg-Vorpommern	39,0	86,2	24,0	76,4	16,6	40,4	38,7	92,5	45,7	89,0	80,3	128,2	78,1	119,1	65,4	111,4	53,7	105,6	55,4	131,8	11,8	22,7	97,1	186,5	101,0	75,3	223,8	119,8	120,9	83,4	100,2	77,0	605,7	101,8
Brandenburg	32,9	81,6	13,8	42,4	18,3	50,3	32,6	79,7	83,0	154,5	53,5	83,1	85,8	159,7	70,5	120,2	41,2	92,2	43,5	118,3	7,0	15,5	47,6	95,5	133,9	102,2	209,8	118,7	91,7	72,4	79,3	64,5	529,7	95,1
Sachsen-Anhalt	30,4	78,6	14,8	44,5	9,4	23,7	33,2	76,7	90,6	174,6	49,8	79,3	106,0	203,1	73,0	123,7	49,1	118,1	40,5	113,7	10,0	23,3	43,8	93,9	133,2	98,7	228,8	131,5	99,5	82,9	77,5	65,0	550,5	100,5
Sachsen	28,6	58,6	9,2	21,6	27,0	57,8	33,4	58,2	111,8	167,4	35,0	45,8	105,7	153,5	80,5	104,4	81,1	147,1	49,4	104,7	10,9	20,8	51,1	84,9	172,1	100,7	221,2	99,5	141,4	91,4	67,7	44,5	623,5	89,1
Thüringen	31,9	62,6	22,8	51,5	12,5	24,1	38,6	66,2	84,3	128,1	34,7	44,3	136,3	217,8	105,4	152,2	65,4	128,3	52,1	109,2	20,1	35,7	64,2	101,1	135,4	76,9	276,3	131,4	137,6	88,8	87,0	54,6	668,1	95,4
Deutschland	44,9	73,9	32,1	65,0	18,6	32,9	42,4	72,8	90,4	127,2	51,4	60,7	126,6	163,2	97,2	125,9	54,5	89,1	63,7	114,1	29,7	44,8	75,5	107,6	151,4	81,5	275,2	115,0	148,0	80,7	118,2	65,4	727,1	92,2

Tab. 3: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe in mm und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90	2014	Proz. von 1961-90
Hamburg	31,5	81,3	92,0	143,7	164,4	163,2	168,3	107,6	186,6	87,5	207,9	96,3	260,0	129,1	195,4	97,2	169,7	122,3	95,9	99,3	58,4	118,8	26,5	84,4	519,3	110,4	663,4	107,3	324,0	113,9	150,4	112,5	1656,7	109,9
Bremen	45,6	116,4	86,5	128,0	175,5	172,9	160,1	103,4	180,4	87,9	194,1	95,3	247,6	128,9	207,1	107,2	158,3	116,8	92,1	94,5	62,6	123,5	25,9	77,5	516,0	111,8	648,8	110,2	313,0	110,4	163,6	117,0	1635,8	110,9
Berlin	40,5	95,3	118,0	167,5	172,0	142,8	182,5	113,3	188,3	83,5	222,0	98,1	267,2	119,5	200,5	93,5	158,2	101,4	103,1	94,4	55,9	111,5	30,0	86,0	542,9	107,1	689,8	103,8	317,2	100,6	204,6	138,9	1738,3	106,3
Schleswig-Holstein	29,0	73,8	92,1	142,2	159,8	152,9	181,8	110,6	189,6	85,1	225,3	100,1	271,3	129,4	196,7	93,5	173,6	121,3	87,3	89,1	57,0	113,1	28,6	82,7	531,2	108,0	693,3	107,5	317,9	109,1	146,9	106,3	1692,2	108,0
Niedersachsen	45,2	118,0	84,4	128,0	167,2	163,6	157,8	104,2	178,4	88,5	194,7	97,4	235,1	122,8	186,6	97,4	144,0	106,8	94,4	95,8	63,4	130,1	22,6	71,9	503,3	110,6	616,4	105,7	301,8	107,0	167,8	124,0	1573,7	108,1
Nordrhein-Westfalen	62,6	150,4	78,5	108,5	186,2	180,4	146,6	99,2	166,8	87,9	195,6	106,5	219,8	117,3	159,2	87,2	128,0	94,8	100,2	93,8	72,4	137,8	20,5	55,4	499,5	113,3	574,5	103,8	300,6	102,1	194,2	128,7	1536,2	106,7
Rheinland-Pfalz	54,0	133,4	58,3	79,8	201,0	182,1	169,1	111,8	187,6	98,0	244,0	127,3	216,3	103,2	161,3	83,4	134,2	89,0	94,0	89,8	43,9	83,4	17,3	45,4	557,7	123,1	621,6	104,5	272,1	88,3	168,6	111,1	1581,0	104,9
Saarland	50,8	128,7	40,4	53,3	211,1	185,6	180,4	116,4	187,0	94,1	264,8	130,1	216,7	95,9	147,9	73,3	159,0	100,7	93,1	87,6	34,5	64,7	12,9	32,5	578,5	123,8	629,4	99,7	286,6	90,3	147,6	95,3	1598,7	101,8
Baden-Württemberg	56,2	115,3	85,0	111,5	207,2	177,1	170,8	113,3	185,7	98,2	270,1	134,0	190,1	83,1	165,1	80,1	138,0	83,1	112,2	96,1	63,0	102,4	23,2	52,2	563,7	123,4	625,4	98,3	313,3	91,0	224,7	132,6	1666,7	103,7
Hessen	46,1	128,9	59,8	86,6	183,7	172,1	152,6	100,6	180,0	92,9	226,0	117,9	228,3	111,8	161,8	85,2	106,7	75,0	89,3	89,8	43,6	100,8	16,2	51,0	516,3	114,2	616,1	105,2	239,7	84,1	155,6	114,1	1494,2	102,4
Bayern	46,5	93,7	92,9	119,4	200,1	168,2	165,4	107,7	167,9	86,8	268,2	134,3	209,7	94,8	160,7	79,5	122,7	76,5	95,3	80,8	60,6	106,6	22,9	52,4	533,4	114,4	638,7	102,5	278,6	83,1	212,3	124,2	1613,0	101,1
Mecklenburg-Vorpommern	35,4	86,6	101,8	151,2	160,4	141,3	191,9	114,8	194,9	82,7	228,7	96,8	276,4	124,2	202,5	93,3	182,8	118,4	89,3	85,2	47,3	90,3	24,7	67,6	547,2	106,0	707,6	104,7	319,4	102,5	170,4	118,3	1736,0	105,3
Brandenburg	41,9	95,8	115,8	164,8	166,4	138,7	184,9	113,7	192,5	85,8	223,9	99,4	262,4	117,5	204,9	96,2	154,8	99,4	104,9	95,8	55,4	109,8	26,1	72,0	543,8	107,3	691,2	104,5	315,1	99,9	205,0	136,9	1733,8	106,1
Sachsen-Anhalt	41,2	97,0	99,0	146,3	158,9	145,3	178,7	117,6	189,8	92,1	218,9	106,9	236,5	114,3	191,8	96,7	132,4	92,1	111,8	107,2	67,0	132,7	22,2	62,4	527,4	112,8	647,2	106,1	311,2	104,2	192,2	132,2	1648,3	108,3
Sachsen	47,9	96,7	109,9	156,4	167,5	152,6	175,2	117,2	182,8	91,0	227,0	113,1	234,1	111,6	181,1	91,1	121,8	82,4	119,4	101,3	71,7	133,8	23,9	58,3	525,5	114,2	642,2	105,4	312,8	98,0	226,4	140,9	1662,2	107,3
Thüringen	41,0	96,1	79,0	114,5	167,1	158,3	162,5	110,3	181,5	93,0	216,5	111,6	228,8	111,5	173,6	90,3	107,6	75,2	109,7	102,5	66,9	137,6	18,8	52,1	511,1	114,0	618,9	104,6	284,3	95,1	177,9	120,3	1553,2	104,5
Deutschland	46,9	107,5	88,4	123,7	181,5	163,2	168,0	109,3	180,4	89,5	232,2	114,2	228,9	108,6	176,0	88,2	136,4	91,2	99,8	92,0	60,0	113,7	22,4	58,9	529,9	113,6	637,1	103,8	296,2	95,3	191,3	125,1	1620,9	105,0

Tab. 4: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Stunden und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2014

W. Riecke

Das Strahlungsjahr 2014 erreicht im deutschlandweiten Flächenmittel 1075 kWh/m² und liegt um knapp 2 % über dem vieljährigen Mittel 1981–2010 von 1055 kWh/m². Es reiht sich so nach einer kurzen Unterbrechung in 2013, wieder in die Folge der Jahre mit positiven Abweichungen seit 2003 ein.

Das solare Strahlungsangebot bewegt sich 2014 in Deutschland zwischen 936 kWh/m² über dem nördlichen Mittelgebirgsraum und um 1200 kWh/m² im Voralpenbereich und in der südlichen Rheinebene. In der Südhälfte Deutschlands überwiegen Globalstrahlungswerte oberhalb von 1050 kWh/m². An der Nord- und Ostseeküste sowie im Osten des Bundesgebietes werden gebietsweise nochmals ähnlich hohe Werte angetroffen. Im westdeutschen Flachland, in weiten Teilen Niedersachsens und Schleswig-Holsteins sowie dem südlichen Mecklenburg-Vorpommern und nördlichen Brandenburg beträgt das Energieangebot verbreitet 1000–1050 kWh/m². Diese vergleichsweise geringeren Werte bedeuten für die Landstriche häufig bereits ein Plus an Einstrahlung gegenüber dem aus 1981–2010 gemittelten Erwartungswert. Die stärksten positiven Abweichungen sind mit +6 % und mehr über der Nordhälfte Deutschlands zu beobachten. Dem stehen -4 % und weniger in Teilen Süddeutschlands und der Region Eifel gegenüber.

Im deutschlandweiten Mittel liegt die Globalstrahlung 2014 in den Monaten Februar, März und April über dem jeweiligen vieljährigen monatlichen Durchschnittswert, ebenso wie Juni und Juli sowie November. Der März weist dabei mit +25 % die höchste positive Abweichung auf. In den anderen Monaten liegen die negativen Abweichungen zwischen -3 bis -6 %. Der Dezember erreicht dagegen lediglich 76 % seines Sollwertes.

Jahressummen 2014

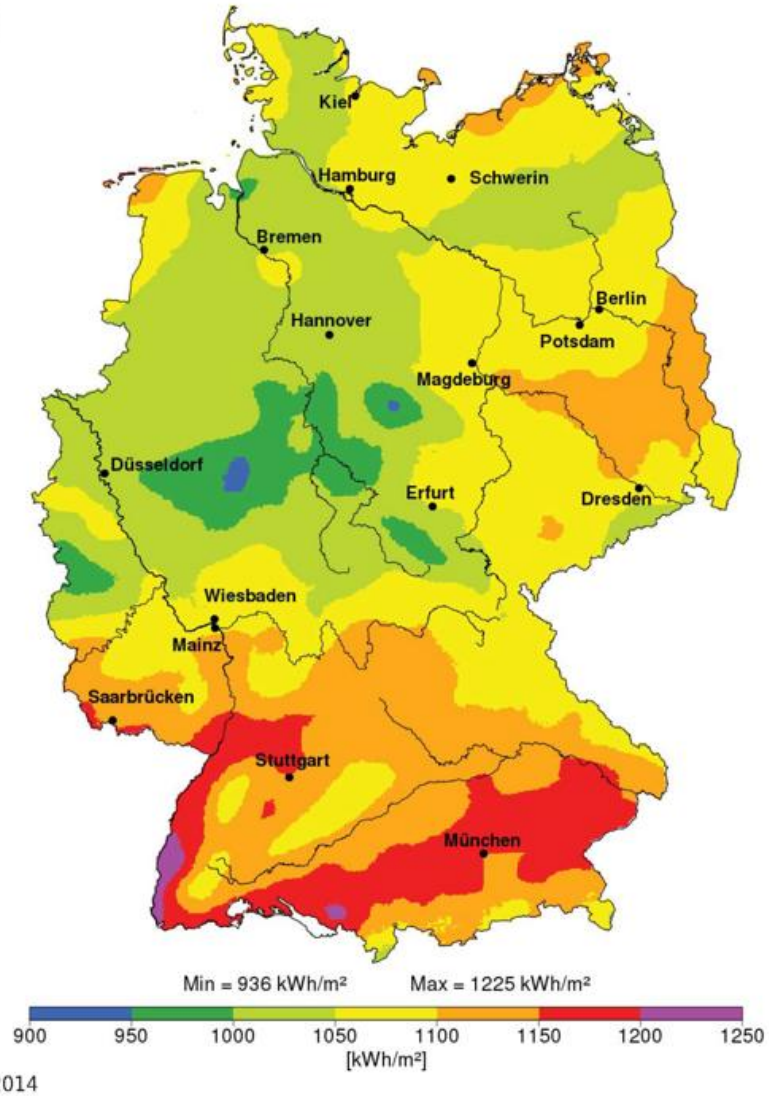


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2014

Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2014

C. Lefebvre

Deutschlandweit lag die Jahresmitteltemperatur mit 10,3°C um +2,1 K über dem Mittelwert von 1961-1990 und repräsentiert damit auch gut die Verhältnisse im deutschen Küstenraum. Hier bewegten sich die Jahresmittel mit Werten zwischen 10 und 11,5°C um +2 bis +2,4 K über den Vergleichswerten. Anders als im Binnenland, wo der August verbreitet etwas zu kühl war, fielen hier alle Monate im Jahresverlauf zu warm aus. Der wärmste Monat war der Juli, der zugleich überdurchschnittlich sonnig und gebietsweise zu trocken war. Die Julitemperaturen überschritten mit 19 bis 20,6°C die vieljährigen Bezugswerte um rund +3 bis +4 K. Ungewöhnlich mild fiel auch der Februar aus, der um +3 bis +5 K zu warm war (vgl. Abb.1). Aber auch der Januar trug mit Anomalien bis +2 K zu dem milden Winter 2013/2014 bei.

Die Milde der Wintermonate und die sommerliche Wärme spiegeln sich gut in der geringen Anzahl von Frosttagen (Tagesminimum unter 0°C) und einer überdurchschnittlichen Anzahl an Sommertagen (Tagesmaximum mindestens 25°C) wider. Verbreitet wurden rund 20 bis 30 Frosttage verzeichnet, östlich von Rügen 40 bis 50, auf Helgoland 11. Das waren 25 bis 40 Tage weniger als im Mittel und die Zahl der Eistage (Tagesmaximum unter 0°C) blieb mit 4 bis 18 um 5 bis 11 unter dem Durchschnitt. Die Anzahl der Sommertage lag an den Küsten bei 20 bis 30, auf den Inseln zwischen 5 und 15 und war damit um bis zu 18 Tage höher als üblich. Die Anzahl heißer Tage (Tagesmaximum mindestens 30°C) befand sich mit bis zu 3 Tagen im Bereich der Mittelwerte.

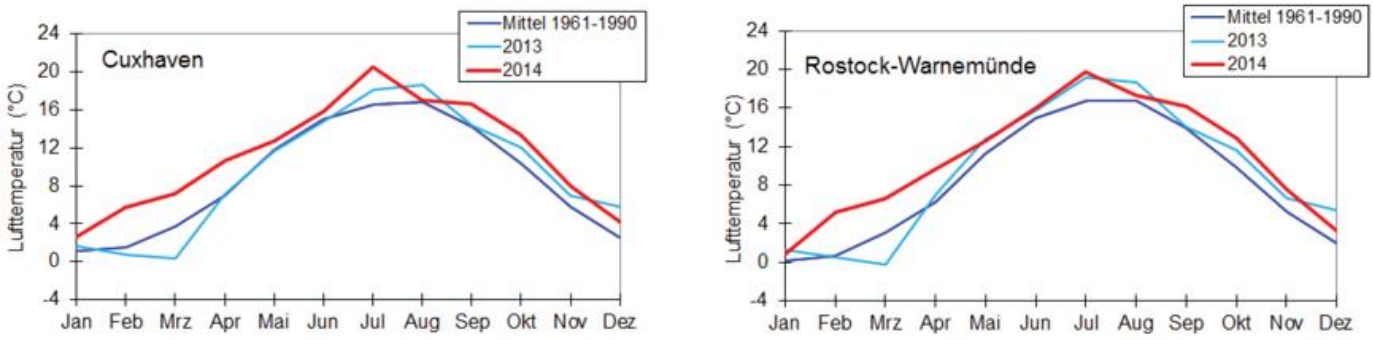


Abb. 1: Jahresgang der Lufttemperatur in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Der Jahresniederschlag bewegte sich fast durchweg im Bereich der Durchschnittswerte. An der Ostsee fielen zwischen 550 und 750 mm, an der Nordsee meist zwischen 680 und 860 mm. Damit wurden die Mittelwerte um bis zu 10 % unter- bzw. überschritten. Mit 620 bis 630 mm gab es in Bereichen der südlichen Nordsee auch Niederschlagsdefizite bis zu 20 %.

Im Jahresverlauf waren März und November ungewöhnlich niederschlagsarm. Meist fielen nur 40 bis 60 % der Monatsmittel (vgl. Abb. 2). Dagegen brachte der August, der in der 2. Monatshälfte einen herbstlichen Charakter aufwies, ungewöhnlich viel Regen. An der Nordsee gab es verbreitet 100 bis 190 mm und damit das 2-3-fache der Monatsmittel, an der Ostsee gebietsweise 90 bis 135 mm und damit rund das Doppelte der Vergleichswerte. Ebenfalls deutlich zu nass war der Dezember mit meist 100 bis 150 mm, was ebenfalls rund dem Doppelten der Dezembermittel entspricht.

Die Zahl der Tage mit mindestens 1 mm Niederschlag war an der Nordsee mit 120 bis 130 um bis zu 11 Tage höher als im Mittel. An der westlichen Ostsee zeigte sich keine einheitliche Tendenz. Von Rügen an ostwärts fielen an 99 bis 115 Tagen Niederschläge von 1 mm und mehr, was im Bereich der Mittelwerte liegt. Auch die Zahl der Tage mit Starkniederschlag (10 mm und mehr) bewegte sich um die Mittelwerte. Die Zahl der Tage mit einer geschlossenen Schneedecke war sehr gering. Sie erreichte bis zu 10 Tage an der Nordsee und bis zu 20 an der Ostsee. Die Schneedecken waren meist nur wenige Zentimeter dick. Die höchsten erreichten ca. 10 cm, auf Norderney im Januar 15 cm. Sie tauten meist rasch wieder ab.

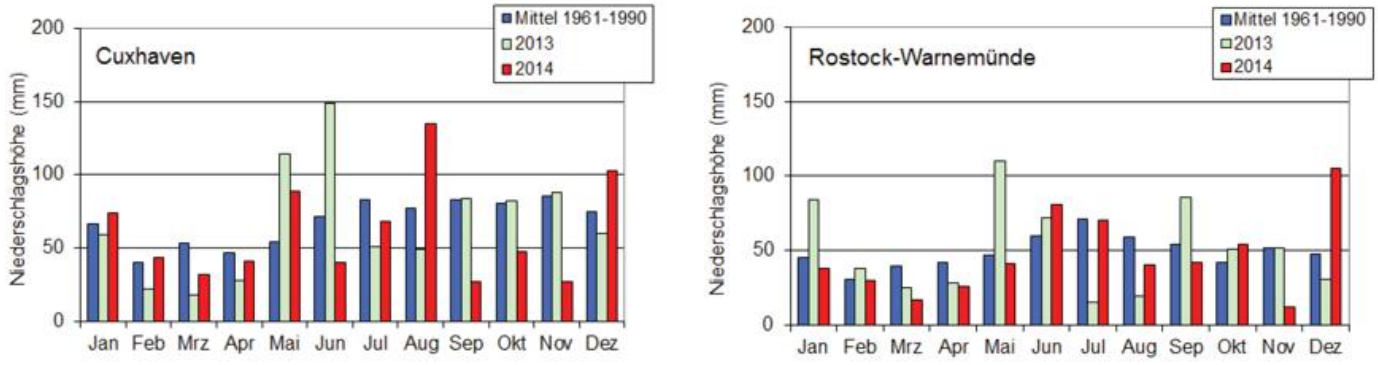


Abb. 2: Jahresgang der Niederschlagshöhe in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Die Sonne schien im Gebietsmittel für Deutschland an 1621 Stunden und damit 34 Stunden (=2 %) länger als im Durchschnitt. Mit mehr als 1900 Sonnenstunden war es entlang der vorpommerschen Küste von Rostock bis Rügen am sonnigsten, wobei am Kap Arkona mit 2031 Stunden die höchste Sonnenscheindauer des Bundesgebietes gemessen wurde. Im Jahresverlauf fiel der März mit Abweichungen von 30 bis 70 % vom vieljährigen Mittel ungewöhnlich sonnenscheinreich aus.

Am häufigsten schien die Sonne aber im Juli, zwischen 244 Stunden am Jadebusen und 339 Stunden am Kap Arkona. Damit war die Sonnenscheindauer in diesem Monat um 20 bis 30 % länger als gewöhnlich (vgl. Abb. 3). Auch im Vorjahr verzeichneten diese beiden Monate schon deutlich mehr Sonnenstunden als gewöhnlich.

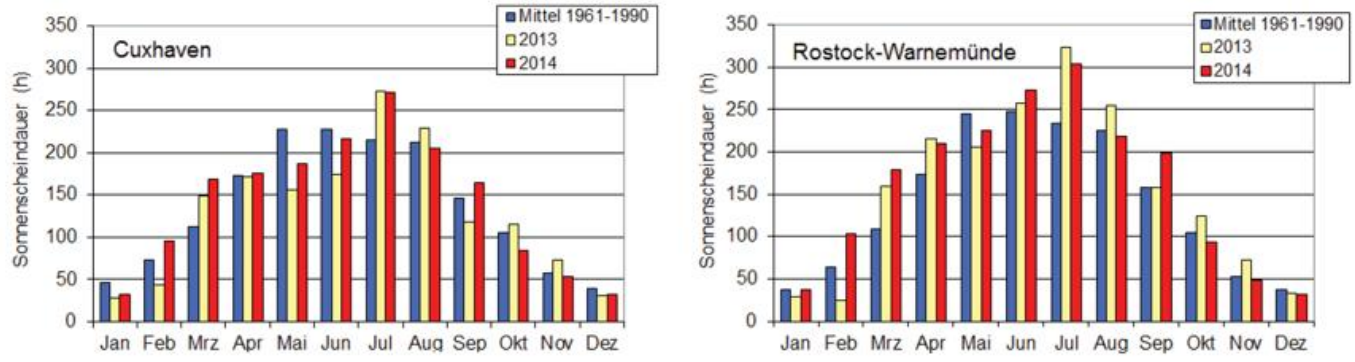


Abb. 3: Jahresgang der Sonnenscheindauer in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Anders als im Vorjahr gab es 2014 keine Sturmtiefs, die im Insel- und Küstenbereich Winde von Orkanstärke auslösten. Die höchsten Spitzenböen erreichten an exponierten Standorten Windgeschwindigkeiten, die Bft 11 entsprachen. Ansonsten wurden stürmische Böen bis Bft 10. registriert. Sehr windig war es insbesondere vom 9. bis 12. Januar und vom 7. bis 16 Februar, als gleich mehrere Sturmtiefs hintereinander die Küstengebiete mit ihren Ausläufern überquerten. Am 21./22. Oktober sorgte Ex-GONZALO für Sturm mit Böen bis um 100 km/h an der Nordsee und löste hier eine Sturmflut aus. Er hatte eine ungewöhnlich lange Zugbahn. Zunächst war er als tropischer Wirbelsturm am 13. Oktober über die Bahamas gezogen. Als Hurrikan der Kategorie 4 hatte er Windspitzen bis 230 km/h erreicht, Starkregen mit bis zu 150 mm in 24 Stunden ausgelöst und hohe Wellen von 11-12 m erzeugt. Weiträumige Schäden durch Orkanwinde und Überflutungen waren hier die Folge. Dann hatte er sich über dem Nordatlantik in einen außertropischen Sturm verwandelt und war bis nach Südosteuropa gezogen, wo er sich auflöste. Eine ausführliche Analyse bieten Feser et al., 2015.

Die Gewässer waren ungewöhnlich warm. Wie das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in seiner Pressemitteilung vom 14.01.2015 (http://www.bsh.de/de/Das_BSH/Presse/Pressearchiv/Pressemitteilungen2015/Pressemitteilung02-2015.pdf) bekannt gab, lag die von ihm erhobene Wasseroberflächentemperatur der Nordsee mit 11,4 °C im Jahresdurchschnitt um +1,5 K über dem vieljährigen Mittel und war damit die höchste seit Beginn der regelmäßigen offiziellen Aufzeichnungen im Jahr 1969 (Abb. 4).

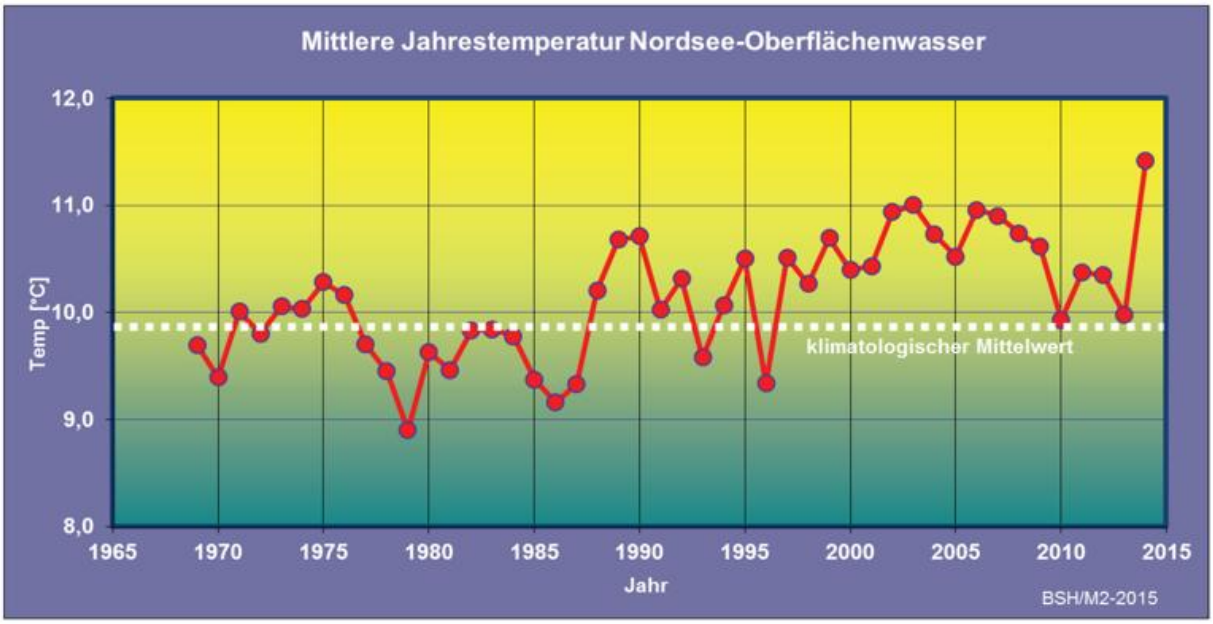


Abb. 4: Mittlere jährliche Wasseroberflächentemperatur der Nordsee, 1969-2014 (Quelle: BSH)

Der Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur in der westlichen Ostsee in Abb. 5 zeigt fast durchweg überdurchschnittliche Werte. Lediglich ein Kälteeinbruch Ende Januar und die geradezu herbstlich anmutende Witterung in der 2. Augusthälfte ließ die Temperaturen kurzzeitig unter die vieljährigen Mittelwerte absinken. Die Monatsmittelwerte lagen durchweg über dem Durchschnitt, wobei die westliche Ostsee in der Zeit von April bis Juli und im November um mehr als +3 K zu warm war. Frostige Witterung führte ab dem 23. Januar zur Eisbildung zunächst in den Boddengewässern, ab dem 27. auch an der nordfriesischen Küste. Es erreichte aber meist nur eine Dicke von 5 bis 20 cm und nahm nach dem 5. Februar ab. Am 10. Februar waren die Küsten der Nordsee und westlichen Ostsee wieder eisfrei. Kurz nach Monatsmitte war dann das Eis auf den Boddengewässern südlich von Darß und Zingst und um Rügen meist abgetaut und am Monatsende dann auch auf dem Greifswalder Bodden und im Kleinen Haff. Erst im Dezember kam es dann wieder in einigen kleineren Häfen und geschützt liegenden Buchten entlang der vorpommerschen Küste zu vorübergehender Eisbildung.

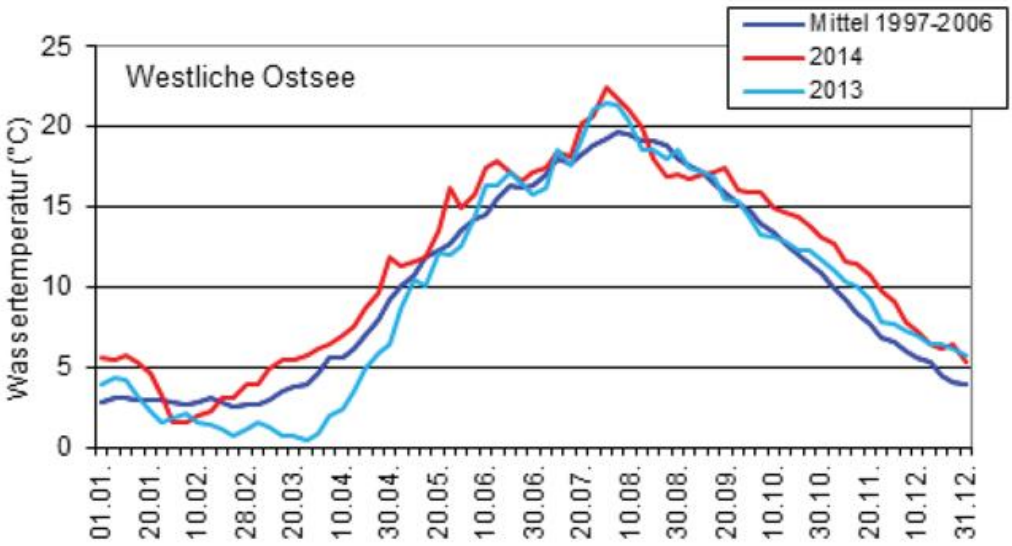


Abb. 5: Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur

Die monatlichen Windverteilungen zeigten teilweise deutlich Unterschiede zu den mittleren Verteilungen. Besonders groß waren die Abweichungen im Februar und Juli. Im Februar überwog der Zustrom milder Luftmassen mit südlichen Winden. Winde aus Südwest bis Südost wehten zu gut 90 % der Zeit und damit mehr als doppelt so oft wie im vieljährigen Mittel. Im ebenfalls sehr warmen Juli war dagegen der Anteil von Nordost- und Ostwinden, die zu 50-60 % der Zeit registriert wurden, etwa doppelt so hoch wie gewöhnlich (vgl. Abb. 6).

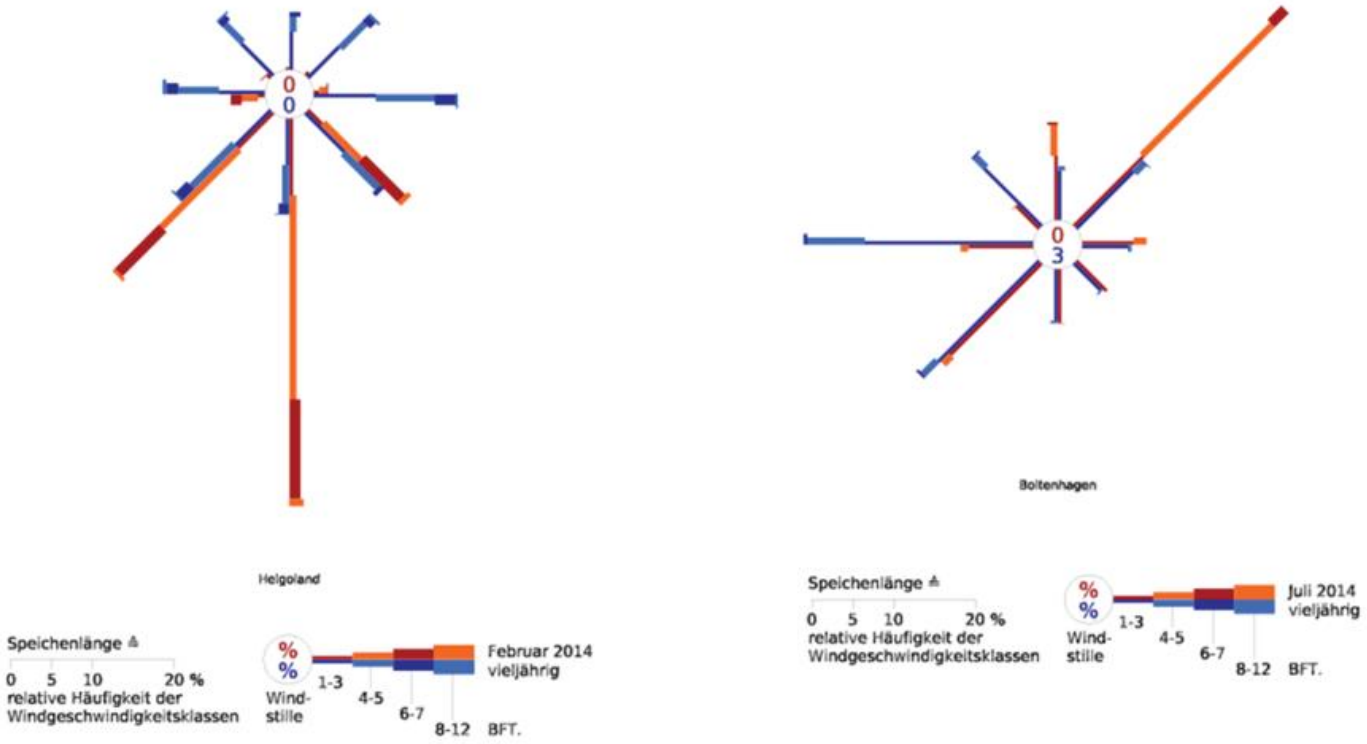


Abb. 6: Windverteilungen an den Stationen Helgoland im Februar und Boltenhagen im Juli 2014 (orange) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2014)

Literatur:

Feser F, Barcikowska M, Haeseler S, Lefebvre C, Schubert-Frisius M, Stendel M, von Storch H, Zahn M, 2015: Hurricane Gonzalo and its Extratropical Transition to a Strong European Storm. Bull. Amer. Soc., 96 (12), S51-S55.

Objektive Wetterlagenklassen 2014

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt, seit 22.11.1999 das neue operationelle erweiterte Globalmodell (GME), das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügt; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.

Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit nachvollziehbar mit dem gleichen Ergebnis. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „**Objektive** Wetterlagenklassifikation“ abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 30jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z950 z500 f mit:

aa =: Anströmrichtung: XX = keine vorherrschende Richtung, NO = Nordost, SO = Südost, SW = Südwest, NW = Nordwest;

z950 z500 =: Zyklonalität in 950 bzw. 500 hPa: Z = zyklonal, A = antizyklonal;

f =: Feuchte F = feucht, T = trocken.

Beispiel:
NOAZT = Nordost, antizyklonal in 950 hPa, zyklonal in 500 hPa, trocken.

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2014

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2014 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	SWZAF	35	9,59	18	SOZZF	8	2,19
2	SWAAF	31	8,49	19	NOAZT	5	1,37
3	NWAZT	28	7,67	20	XXZAT	5	1,37
4	SWZZF	24	6,58	21	XXZZT	5	1,37
5	NWAAT	22	6,03	22	SOAAT	4	1,10
6	SWAZF	20	5,48	23	NWZZF	4	1,10
7	XXAAT	19	5,21	24	NOAAF	3	0,82
8	NWAAF	18	4,93	25	NWAZF	3	0,82
9	SWAZT	18	4,93	26	SOZZT	3	0,82
10	XXAAF	16	4,38	27	SWZZT	3	0,82
11	XXZZF	15	4,11	28	NWZZT	3	0,82
12	XXAZT	11	3,01	29	NOZZF	3	0,82
13	SWZAT	11	3,01	30	SOAAF	2	0,55
14	XXZAF	11	3,01	31	NWZAF	2	0,55
15	SOZAF	11	3,01	32	SOAZT	1	0,27
16	SWAAT	10	2,74	33	NOAZF	1	0,27
17	NOAAT	9	2,47	34	SOZAT	1	0,27

Die Wetterlagenklassen XXAZF, SOAZF, NOZAT, NWZAT, NOZAF und NOZZT sind im Jahr 2014 nicht vorgekommen.

Besonders häufig traten in diesem Jahr die Südwestlagen mit einer antizyklonalen Höhenströmung auf, wobei die Wetterlage SWZAF 2014 deutlich häufiger beobachtet wurde als im Referenzzeitraum 1981–2010. Recht häufig vertreten waren auch Nordwest- und Südwestlagen mit einer zyklonalen Höhenströmung, gefolgt von den bodennah antizyklonalen Wetterlagen NWAAT, SWAZF, XXAAT, NWAAF und SWAZT. Allerdings waren die beiden Nordwestlagen nicht so oft wie in der Referenzperiode 1981–2010 vertreten, wohingegen die Wetterlage SWAZF 2014 deutlich häufiger registriert wurde als im Zeitraum 1981–2010. Die 9 Wetterlagen stellten zusammen 59 % aller Lagen dar.

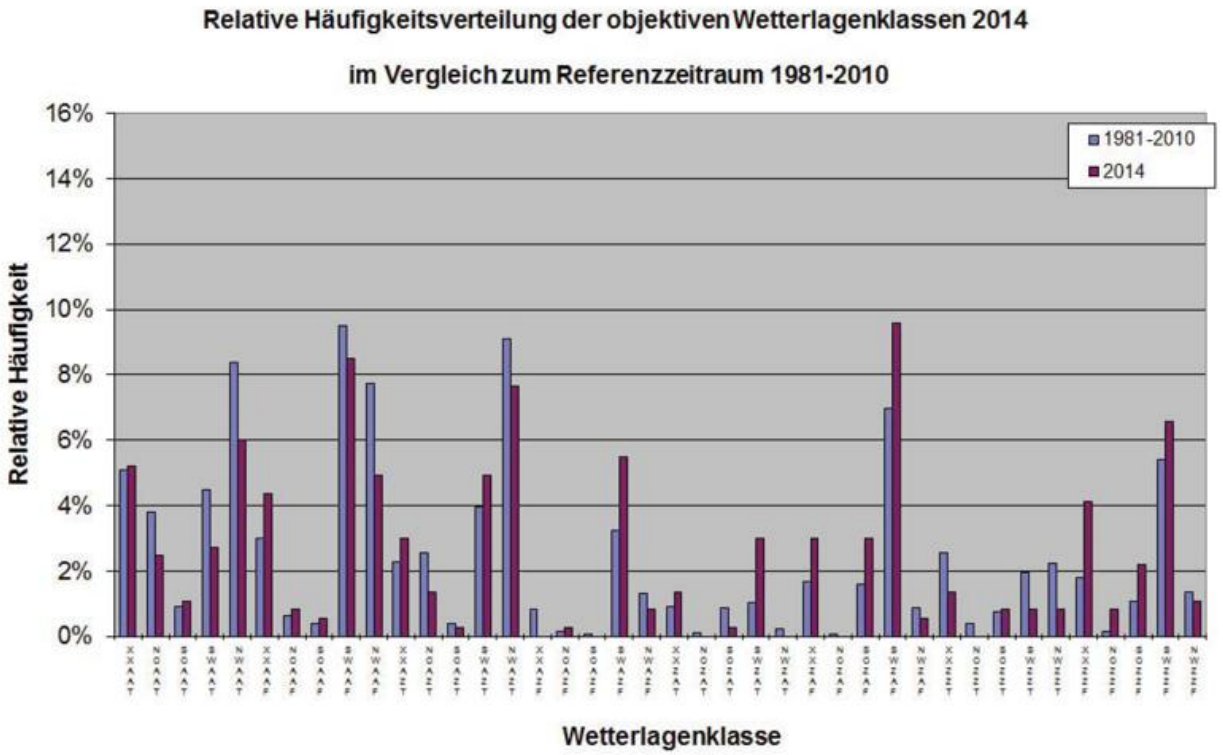


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2014 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2014

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2 und 3) fällt auf, dass 2014 oft Südwestlagen beobachtet wurden und diese auch häufiger auftraten als im Referenzzeitraum 1981-2010, während die Anzahl der Nordwestlagen, wie schon im letzten Jahr, deutlich unter dem vieljährigen Mittel lag. Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung traten 2014 auch wieder häufiger als im Zeitraum 1981–2010 auf. Bei den Nord- und Südostlagen entsprach die Windrichtungsverteilung weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode.

In der freien Atmosphäre entsprach die Verteilung der antizyklonalen und zyklonalen Lagen weitgehend dem Referenzwert, während bodennah mehr zyklone Lagen als im Referenzzeitraum beobachtet wurden. Auch feuchte Lagen traten etwas häufiger auf als in der Referenzperiode.

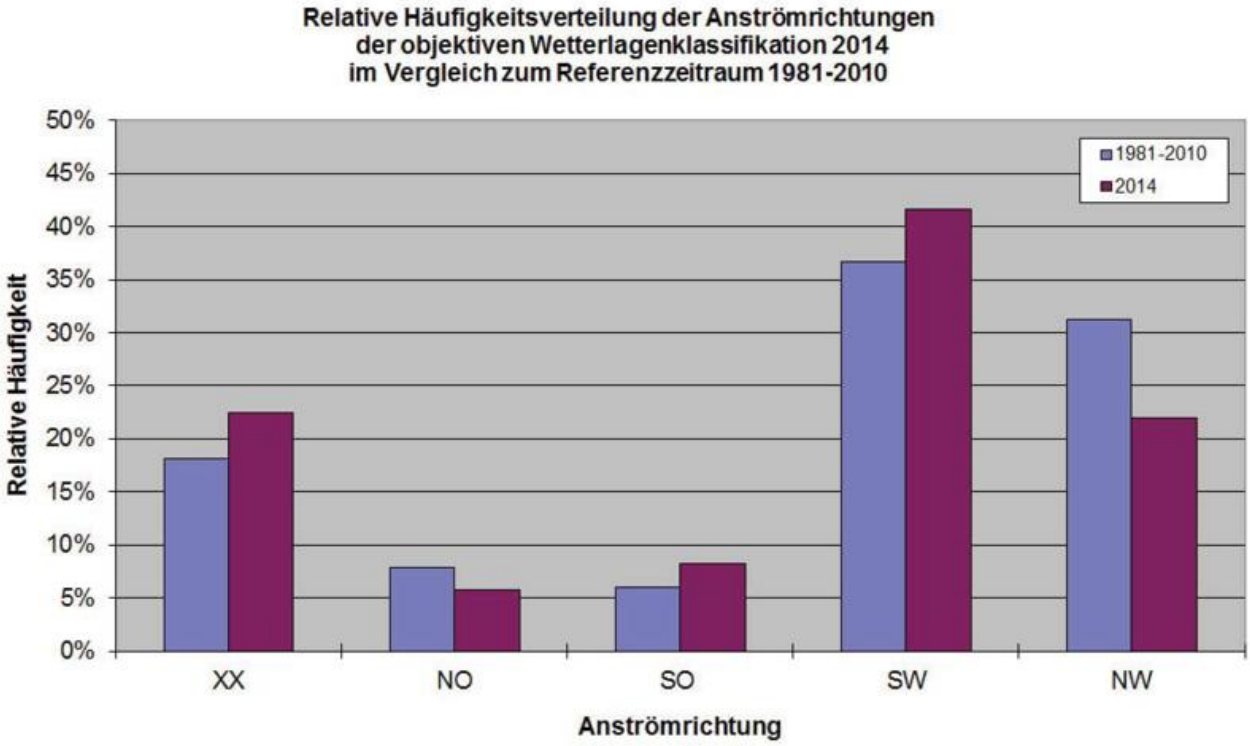


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2014 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

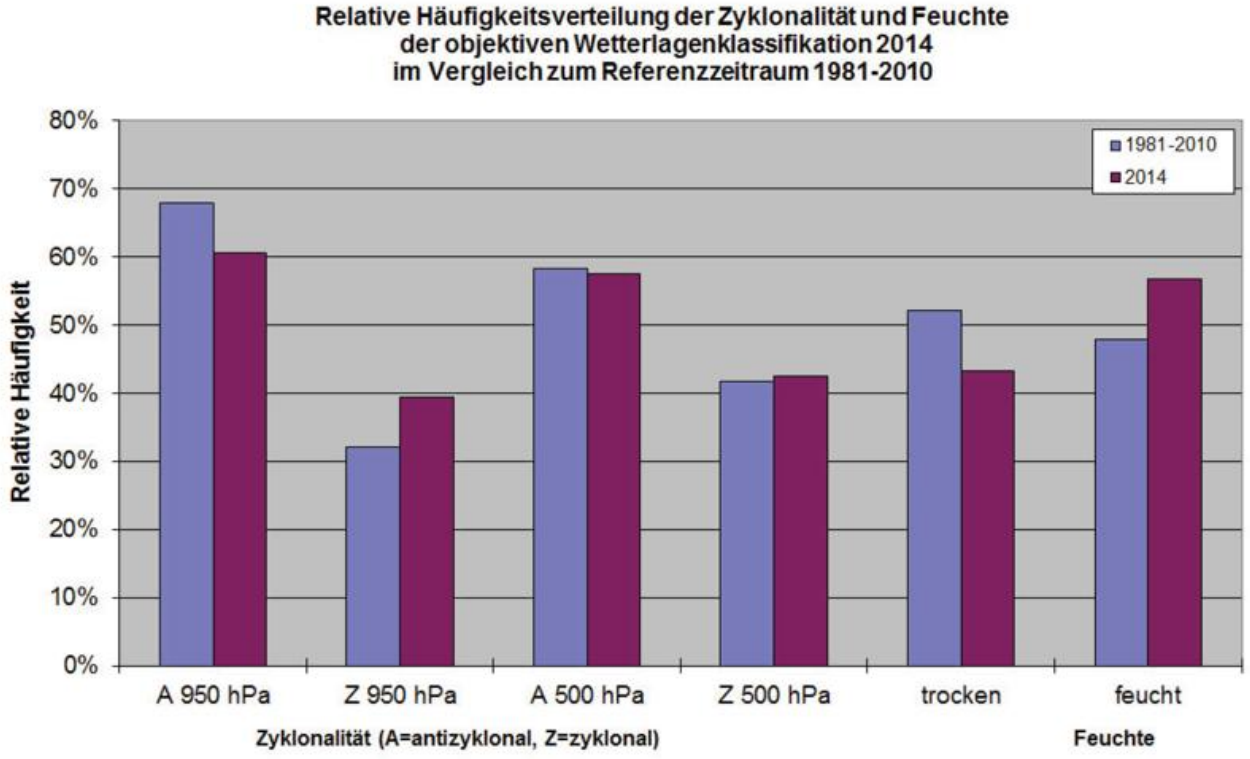


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2014 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	7	1	9	11	6	7	12	0	4	9	11	5	82
NO	0	0	2	1	5	3	4	0	3	1	0	2	21
SO	2	2	4	6	1	0	1	0	6	2	4	2	30
SW	19	24	7	4	15	10	7	23	9	14	12	8	152
NW	3	1	9	8	4	10	7	8	8	5	3	14	80
A 950 hPa	16	14	23	17	20	23	18	24	13	19	12	22	221
Z 950 hPa	15	14	8	13	11	7	13	7	17	12	18	9	144
A 500 hPa	17	15	25	22	16	17	16	8	11	26	20	17	210
Z 500 hPa	14	13	6	8	15	13	15	23	19	5	10	14	155
trocken	12	12	24	7	15	20	11	17	10	9	5	16	158
feucht	19	16	7	23	16	10	20	14	20	22	25	15	207
Temperatur	2,6	3,9	3,4	3,4	0,3	0,7	2,3	-0,5	1,6	2,9	2,5	1,9	2,1
Niederschlag	74	65	33	73	127	61	163	126	89	114	48	109	92

Tab. 1: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2014. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatliche Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen waren in den Monaten Januar, Februar, Mai, August, Oktober und November die vorherrschenden Wetterlagen, wobei sie besonders häufig im Januar, Februar und August auftraten. Relativ selten wurden sie nur im April beobachtet. Nordwestlagen dominierten nur im Dezember das Wettergeschehen, wurden allerdings auch im März und Juni noch recht oft registriert. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering. Im August gab es keinen Tag mit Ostlage und im Januar und Februar traten lediglich an 2 Tagen Südostlagen auf. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung waren im Jahr 2014 mit mehr als 10 Tagen nur im April, Juli und November vertreten.

- Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen nur im Februar und November nicht häufiger als zyklonale Lagen beobachtet. Besonders deutlich dominierten sie im März, Juni, August und Dezember. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen nur im August und September nicht vorherrschend.

- Feuchte

Im Jahr 2014 wurden mehr feuchte als trockene Wetterlagen beobachtet. Trockene Wetterlagen dominierten in den Monaten April, Juni, August und Dezember, wobei das Verhältnis zwischen trockenen und feuchten Lagen fast ausgeglichen war.

- Temperatur

Die Jahresmitteltemperatur für 2014 lag 2,1 Grad über dem Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Nur im August wurden unterdurch-schnittliche Mitteltemperaturen registriert.

- Niederschlag

Im Jahr 2014 waren 5 Monate niederschlagsreicher und 7 Monate trockener als im Zeitraum 1961-1990, so dass 2014 nur 92% der Niederschlagsmenge der internationalen klimatologischen Referenzperiode erreicht wurden. Ein klarer Zusammenhang zwischen diesen Witterungsanomalien und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich nur in Einzelfällen feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2014

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) wurden die Trends hinsichtlich der Zunahme von Südwestlagen und Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung bestätigt.

Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) ist eine leichte Tendenz zu einer Zunahme von feuchten Wetterlagen erkennbar.

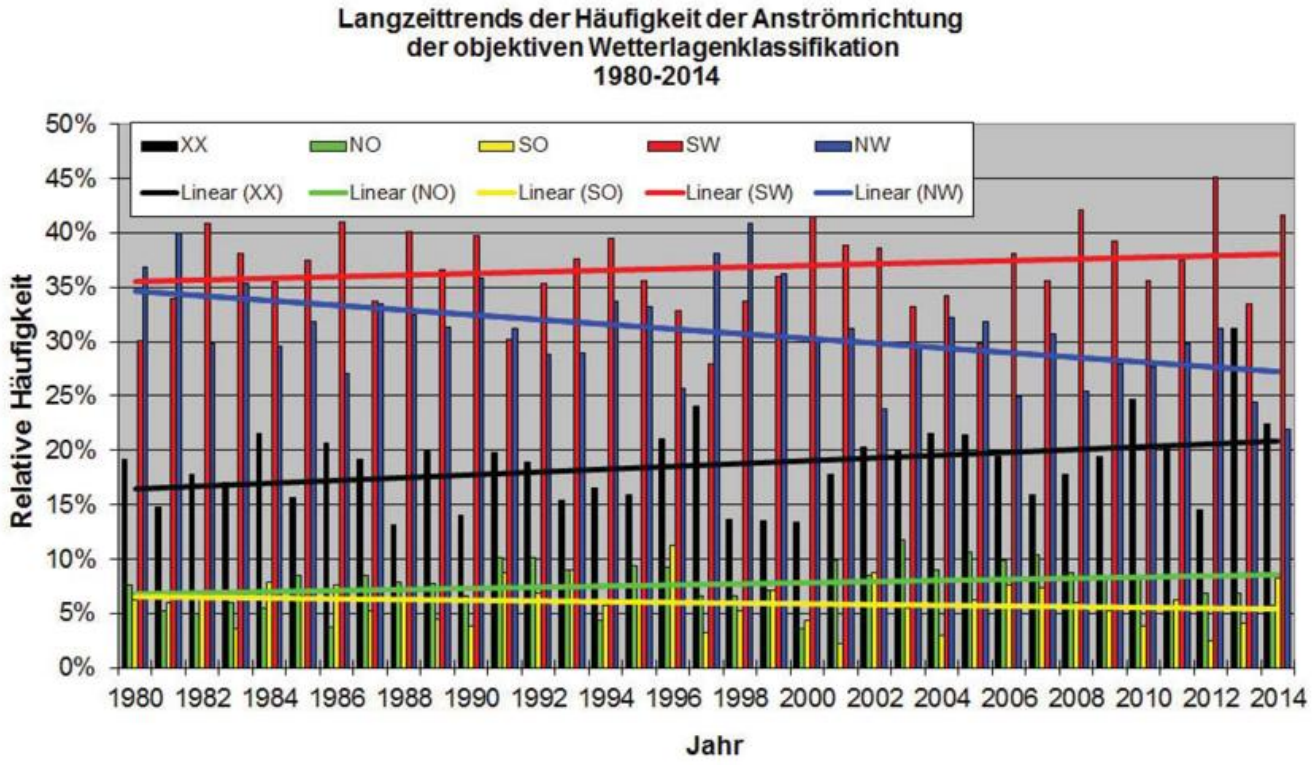


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2014

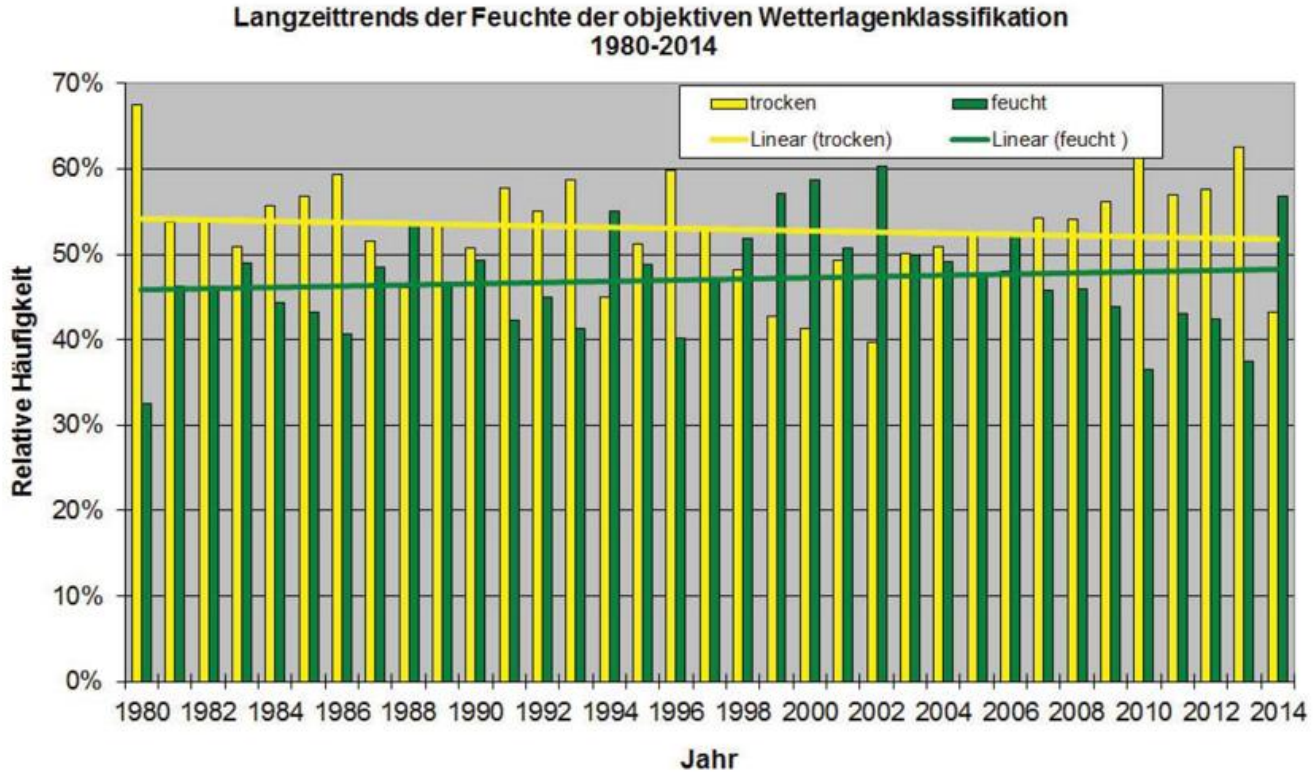


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2014

Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) sind weder in 500 hPa noch in 950 hPa langfristige Tendenzen feststellbar.

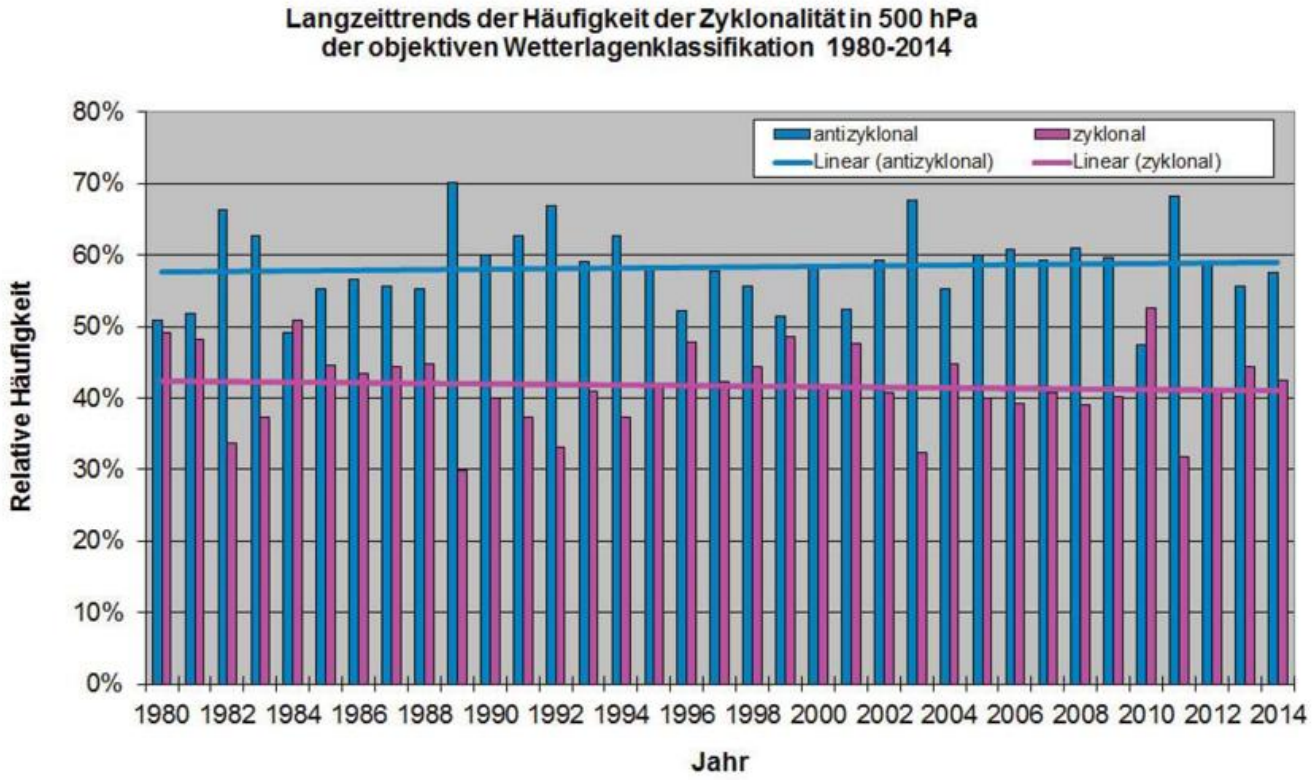


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2014

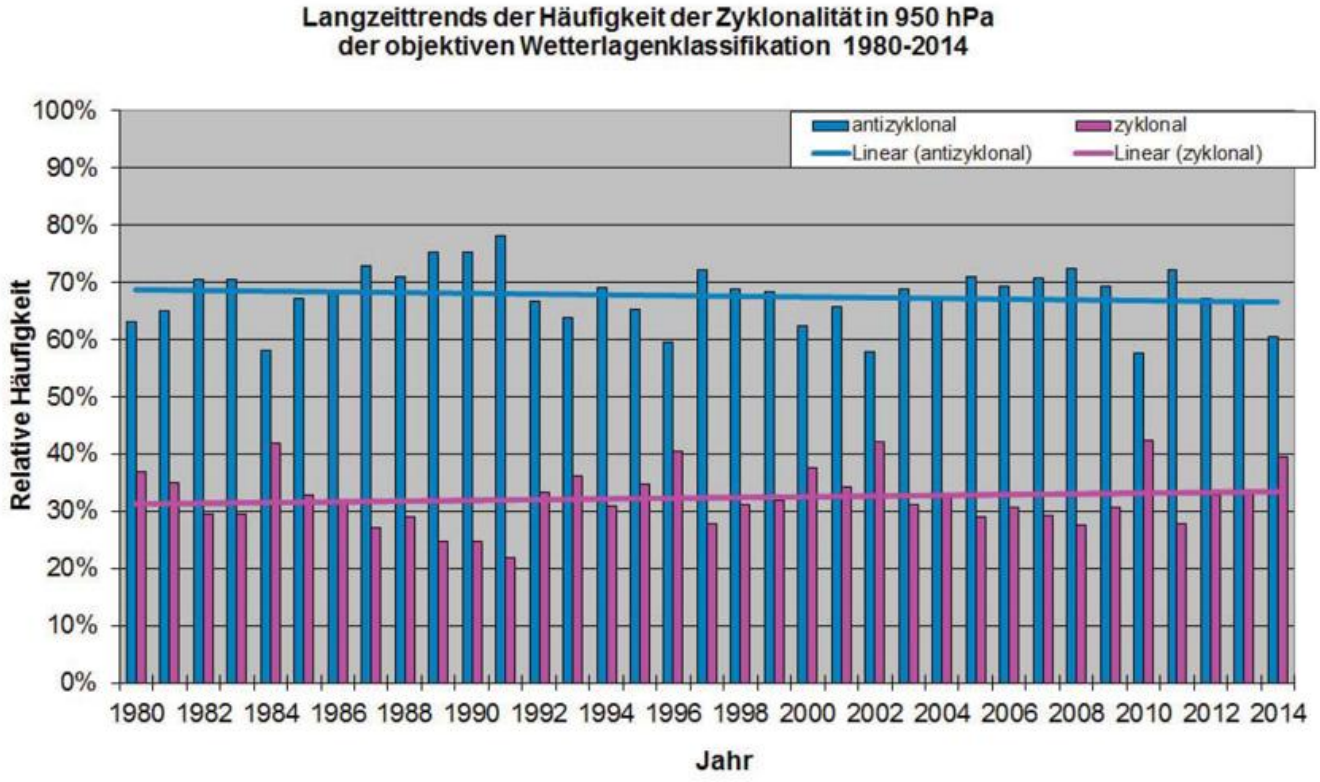


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2014

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2014

S. Pietzsch, F.-J. Löpmeier, M. Wegener

Übersicht über den Verlauf des Jahres

Das Jahr startete mild, trocken und sonnig, so dass die Pflanzenwelt schon deutliche Wachstumssregungen zeigte. Bis auf das letzte Monatsdrittel im Januar, was besonders im Nordosten frostig verlief, blieb die Winterruhe aus. Ende Februar hatte die Vegetation bereits einen deutlichen Entwicklungsvorsprung und vielerorts konnten die Feldarbeiten starten. Ungewöhnlich mild und trocken ging es im Frühling weiter. Erst im Mai konnte ein Teil des herrschenden Niederschlagsdefizits wieder ausgeglichen werden und das Pflanzenwachstum wurde ein wenig gebremst. Der Sommer begann mit einem warmen, trockenen und sonnigen Juni; nach einem heißen, gewittrigen Pfingstwochenende, verhielten sich die Temperaturen allerdings moderat. Vielerorts blieb trotz der gefallenen Niederschläge ein Wasserdefizit im Boden bestehen. Sehr warm, dabei aber nass und gewittrig ging es im Juli weiter. Das Wetter unterlag einem ständigen Wechsel und den Landwirten wurde alles von guten Erntebedingungen, über umbrechende Getreidebestände, bis hin zu hohem pilzlichen Infektionsdruck in den Kulturen geboten. Im August ging es nass, dabei aber kühl weiter. Ernteverzögerungen führten teilweise zu sinkender Getreidequalität; Mais und Zuckerrüben konnten sich hingegen meist gut entwickeln. Deutlich zu warm, trocken und leicht trüb zeigte sich der Herbst. Die warme und trockene Witterung im September kam den Ernte- und Bestellarbeiten zugute. Im ebenso milden, dabei aber eher nassen Oktober hing es von der Bodenbefahrbarkeit ab, ob die Feldarbeiten problemlos fortgesetzt werden konnten.

Auch im November hielten sich, bei besonders trockener Witterung, die vergleichsweise hohen Temperaturen und die Vegetation konnte bis zum Ende der Jahreszeit nicht überall in die Winterruhe gehen. Vielerorts musste ein weiterer Grünlandschnitt erfolgen und bei den Winterungen kamen Wachstumsregler zum Einsatz. Mild, trüb und etwas zu feucht ließ der Dezember das Jahr zu Ende gehen. Regional kamen schon die ersten Frühjahrsblüher zum Vorschein. Geschlossene Schneedecken bildeten sich erst nach Weihnachten und waren meist nur von kurzer Dauer.

Der **Januar** startete mild. Neben der Haselnuss konnten auch Frühjahrsblüher wie Erle und Schneeglöckchen (Abb. 1, oben links) beobachtet werden und die Winterungen entwickelten sich allmählich weiter. Die zu hohen Temperaturen wirkten sich negativ auf die Kälteresistenz der Kulturpflanzen aus und auch eine ausreichende Frostgare im Boden konnte nicht gegeben werden. Obwohl das Ende der Sperrfrist für die Gülleausbringung regional auf den 15.01. vorverlegt werden konnte, war diese Arbeit aufgrund zu nasser, stellenweise auch gefrorener oder schneebedeckter Böden, vielerorts nicht möglich. Im letzten Monatsdrittel sorgte dann ein Kaltluftvorstoß vor allem im Nordosten Deutschlands für eisige Temperaturen und eine wieder eintretende Vegetationsruhe. Tab. 1 zeigt die Frosteindringtiefen in den Boden an der Station Dresden-Hosterwitz, die Ende Januar bei unbewachsenem Boden mehr als 20 cm betrugen.

Station	Bewuchs	Mo 27.01.	Di 28.01.	Mi. 29.01.	Do 30.01.	Fr 31.01.
Dresden-Hosterwitz	**unbewachsen**	**0-24**	**0-23**	**0-22**	**0-22**	**0-21**
	bewachsen	0-10	0-10	0-9	0-9	0-8

Tab. 1: Frosteindringtiefen (in cm) bei unbewachsenem und bewachsenem Boden vom 27.-31. Jan 2014 an der Station Dresden-Hosterwitz

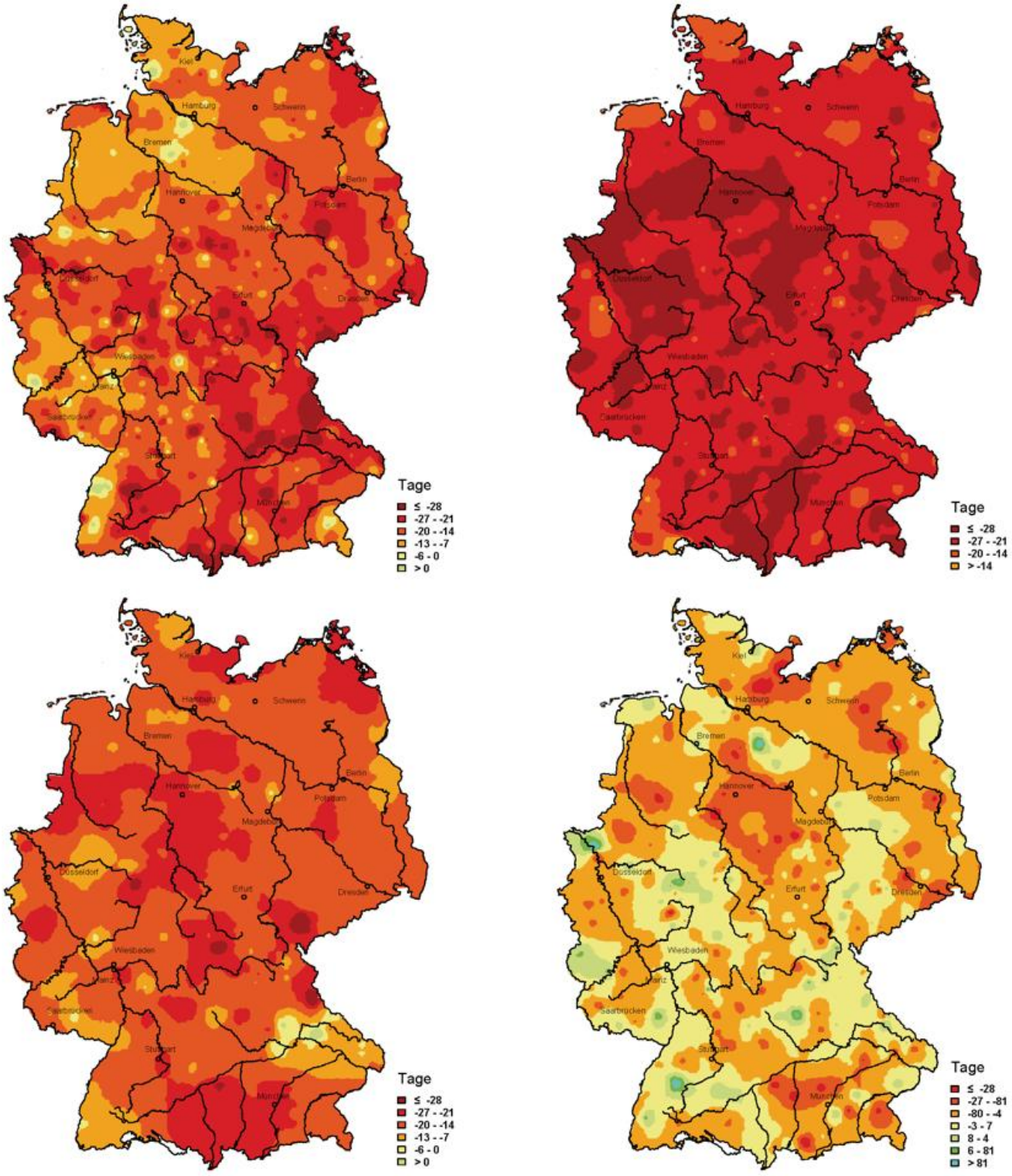


Abb. 1: Abweichung der Schneeglöckchen- (oben links) und Apfelblüte (oben rechts) vom vieljährigen Mittel, Abweichumg der Eintrittsdaten für das Ähreschieben vom Winterroggen (unten links) und der Fruchtreife der Rosskastanie (unten rechts) vom vieljährigen Mittel

Anfang **Februar** verschwand die Kaltluft des Vormonates wieder und die trockene, sonnige und ungewöhnlich milde Witterung setzte sich fort. Zum Monatsende wurde verbreitet das Ergrünen des Dauergrünlandes beobachtet. Diese Phase hatte zu diesem Zeitpunkt einen Vorsprung von knapp 2 Wochen verglichen mit dem Mittel seit 1992 (Abb. 2). Insgesamt war die Vegetationsentwicklung dem langjährigen Mittel deutlich voraus – je nach Region und Pflanzenart handelte es sich dabei um 1-4 Wochen.

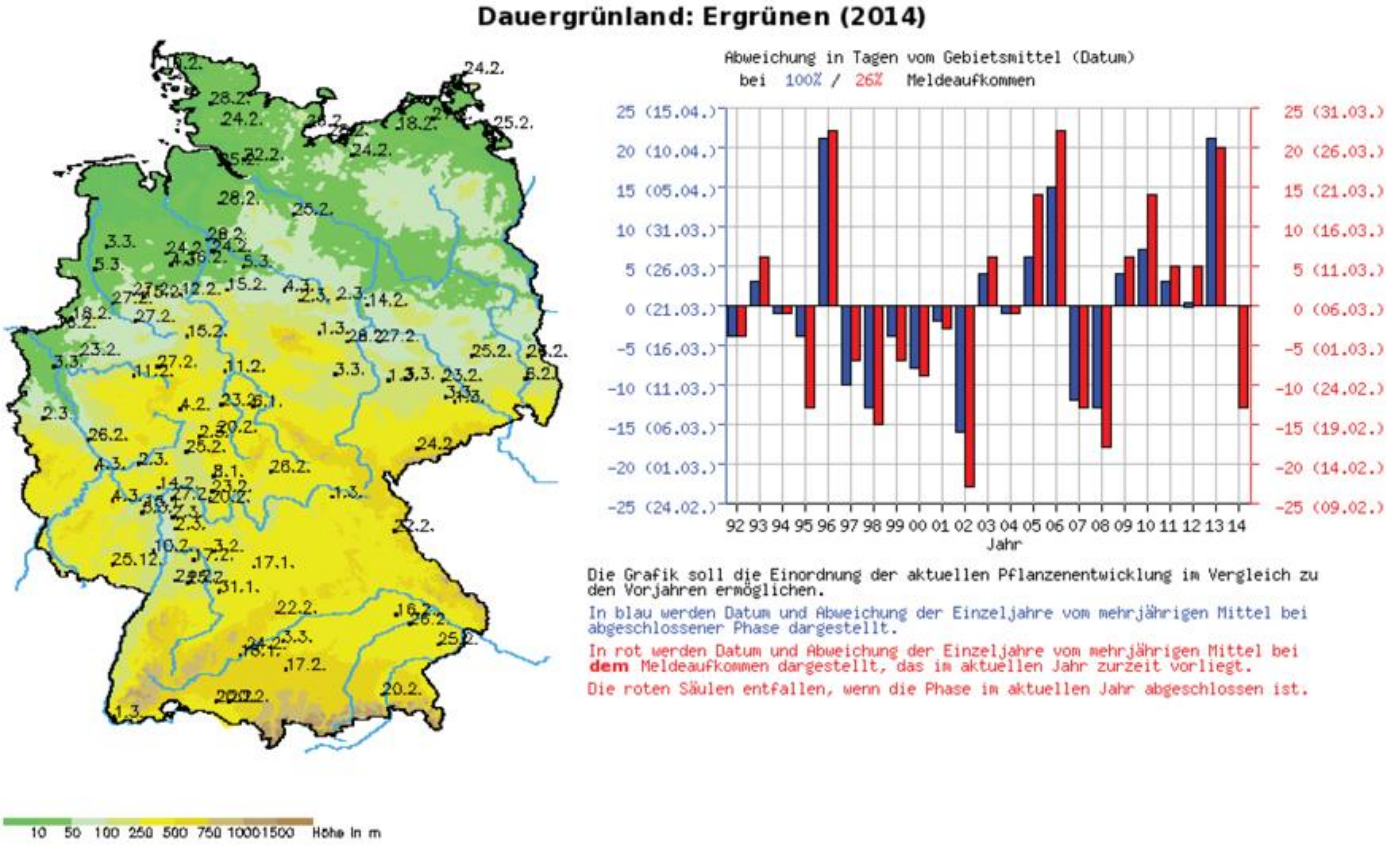


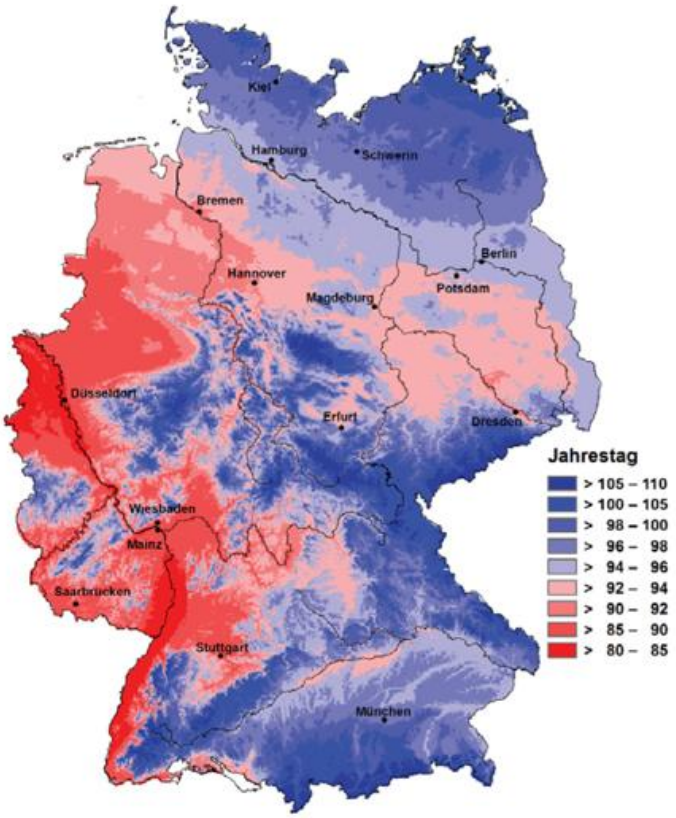
Abb.2: Ergrünen Dauergrünland Stand 06. März 2014

Die unterdurchschnittlichen Niederschläge sorgten dafür, dass die Böden zum Ende des Winters - insbesondere im Osten Deutschlands - rasch abtrockneten. In der Schicht von 0-30 cm näherten sich die Werte der nutzbaren Feldkapazität allmählich dem kritischen Wert von 50 %. In den tiefer liegenden Schichten bis 60 cm war die Situation hingegen noch recht entspannt. In vielen Regionen konnten somit im Laufe des Monats die Gülleausbringung und weitere Düngemaßnahmen beginnen. Gebietsweise konnten die ersten Kartoffeln mit Folienabdeckung gelegt werden und mit der Bestellung des Sommergetreides begonnen werden. Die zunehmende Trockenheit spiegelte sich auch in den Gefährdungsklassen des Waldbrandgefahrenindexes (WBI) des Deutschen Wetterdienstes wieder – lokal wurde im Osten schon die mittlere Gefährdungsstufe erreicht.

Der **März** bescherte Deutschland meist frühlingshaftes Hochdruckwetter mit viel Sonne, wenig Niederschlag und einem deutlichen Wärmeüberschuss – ein extremer Gegensatz zum winterlichen März des Vorjahres. Bis Monatsmitte fiel kaum Regen und die Waldbrandgefahr nahm zu. Danach gab es kurze unbeständige Phasen, aber an der allgemeinen Trockenheit änderte sich nichts. Zum Monatsende zog eine Kaltfront durch, die allerdings nur lokal den für die Vegetation dringend benötigten Regen brachte. Richtung Süden und Westen gab es teils frostige Nächte. Insgesamt führten die geringen Niederschläge und der reichliche Sonnenschein zur Austrocknung der Böden, zunächst in der Oberkrume, später in der Schicht von 0 bis 60 cm Tiefe. Da der Wasserverbrauch der landwirtschaftlichen Kulturen zum aktuellen Entwicklungsstand noch gering war, wurde die Situation nicht als kritisch angesehen. Andererseits boten die geringen Bodenfeuchten günstige Bedingungen für die Bodenbearbeitung. Die trocken-warme Witterung hatte enorme Auswirkungen auf die Natur. Der allgemeine Vegetationsbeginn setzte deutlich verfrüht ein (Abb. 1, Abb. 3). Die erste Wachstumsphase lief gut an, so dass der Entwicklungsvorsprung zum Monatsende je nach Region und Kultur 8 bis 20 Tage betrug. In warmen Lagen kam bereits Wintergerste ins Schossen. Raps bildete Knospen und teilweise wurden die ersten Rapsblüten gesichtet, wodurch der Zuflug der ersten Stängelrüssler einsetzte. Verbreitet wurden schon Zuckerrüben gedrillt sowie Frühkartoffeln und Mais bestellt.

Vegetationsbeginn im Frühling

Mittel 1961-90



Abweichung 2014 vom Mittel 1961-1990

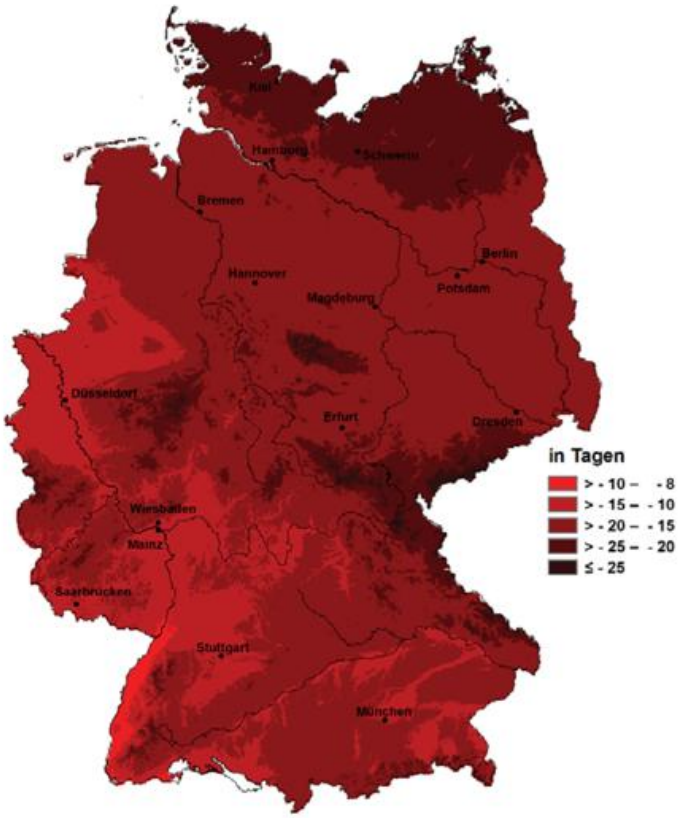
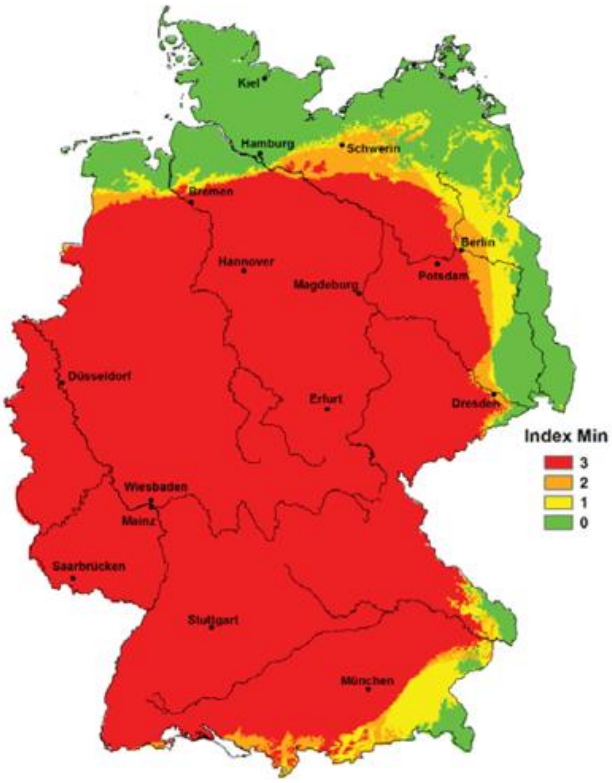


Abb. 3: Vegetationsbeginn im langjährigen Mittel 1961-1990 (in Jahrestagen) und die Abweichung des Vegetationsbeginns 2014 von diesem Mittel (in Tagen)

Der **April** folgte seinem Vormonat mit überwiegend Hochdruckeinfluss, viel Sonne und erneut überdurchschnittlichen Temperaturen. Tiefdruckgebiete erreichten meist nur Norddeutschland. Andernorts ist erst gegen Monatsende mehr Niederschlag gefallen, zuvor herrschte lange Zeit Regenarmut. Somit verringerte sich die Feuchtigkeit der Böden weiter. Zum Monatsanfang war fast landesweit die Bodenfeuchte unter Wintergetreide in der Schicht von 0 bis 60 cm so niedrig wie noch nie seit dem Beginn der Datenerfassung 1962 (Abb. 4) Hier startete mancherorts die Beregnung.

Extremwerte niedriger Bodenfeuchte am 4. April 2014



0- eine Minima unterschritten
1- der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
2- der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
3- der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
- neues absolutes Minimum

Für jeden Rasterpunkt wurden für den betrachteten Tag aus dem Zeitraum 1962 bis zum letzten Jahr die drei geringsten Bodenfeuchten bestimmt. Für denselben Tag im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen einer der drei Minima unterschritten wird.

Abb. 4: Extremwerte niedriger Bodenfeuchte am 4. Apr 2014 in der Schicht 0- 60 cm für Wintergetreide und einen leichten Boden.

Im Monatsverlauf bzw. dann besonders zum Monatsende führte leichte Unbeständigkeit zu einer Entspannung der Situation. In der Karwoche sorgte ein Kaltluftvorstoß für kalte Nächte, in denen verbreitet Bodenfrost und vereinzelt sogar Luftfrost auftraten – vor allem in westlichen und südlichen Gebieten (Abb. 5). An empfindlichen Kulturen (Wein, Obst) kam es örtlich zu Kälte- und Frostschäden.

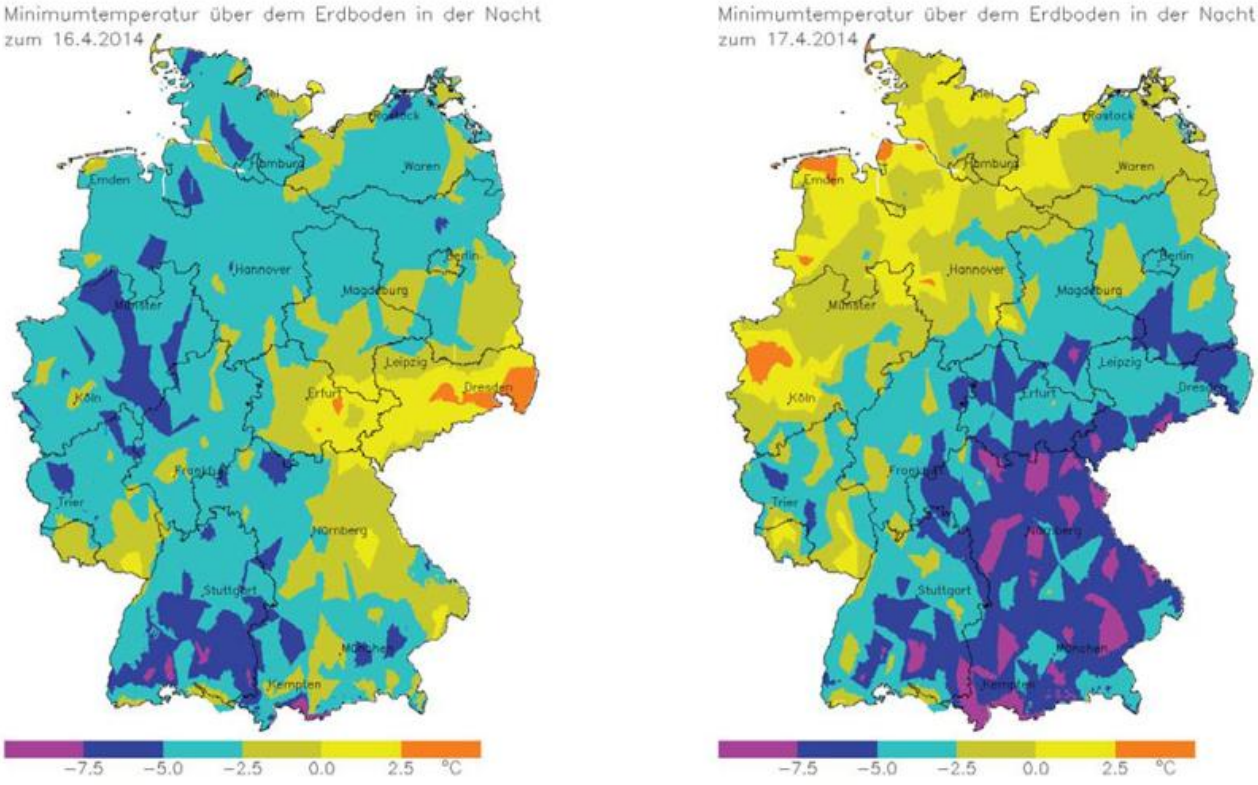


Abb. 5: Minimumtemperatur über dem Erdboden (in °C) in den Nächten auf den 16. und den 17. April 2014

Der Frost bremste aber die bis dahin weit fortgeschrittene Vegetationsentwicklung nur kurzzeitig, zum Monatsende betrug der Vorsprung immer noch 2 bis 3 Wochen. Landwirtschaftliche Arbeiten konnte problemlos fortgeführt werden. Es wurden weiterhin Zuckerrüben gedrillt sowie Mais und Frühkartoffeln gelegt, wobei letztere bereits am Monatsende verbreitet aufliefen. Die Winterrapsblüte setzte sich deutschlandweit sehr zügig fort und Winterroggen und -weizen kamen auch schon ins Schossen. Bei Wintergerste wurde bereits das Ährenschieben in den letzten Tagen beobachtet.

Im **Mai** wurde der seit Dezember 2013 anhaltenden Serie trockener und sonnenscheinreicher Monate ein Ende gesetzt. Das eigentliche „Aprilwetter" kam damit etwas verspätet. Der Monat war insgesamt niederschlagsreich und trüb, trotz einer kühlen ersten Monatshälfte aber ein wenig zu warm. Freundliche Phasen konnten zu Monatsbeginn für einen ersten Silageschnitt genutzt werden und in der letzten Monatsdekade boten sich vielerorts Zeitfenster für die erste Heuernte. Das unbeständige Wetter mit vielen Regenschauern und Gewittern sorgte andererseits zeitweise für eingeschränkte Bodenbefahrbarkeit und in Verbindung mit starken Windböen brachen einige Bestände um. Gleichzeitig erhöhte sich der pilzliche Infektionsdruck und Pflanzenschutzmaßnahmen standen auf der Tagesordnung. Positiv war die Witterung vor allem für die Sommerkulturen wie Rüben, Mais und Kartoffeln, die von dem niederschlagsreichen, wüchsigen Wetter profitierten. In Abb. 6 ist zu sehen, dass die Bodenfeuchtesituation zum Frühlingsende wieder relativ entspannt war und regional in einer Schicht von 0-60 cm sogar Werte über 100 % nutzbarer Feldkapazität aufwies. Die phänologische Entwicklung in der Pflanzenwelt wurde zwar deutlich gebremst, hatte verglichen mit dem langjährigen Mittel zum Monatsende aber noch immer einen Vorsprung von 1 bis 2 Wochen.

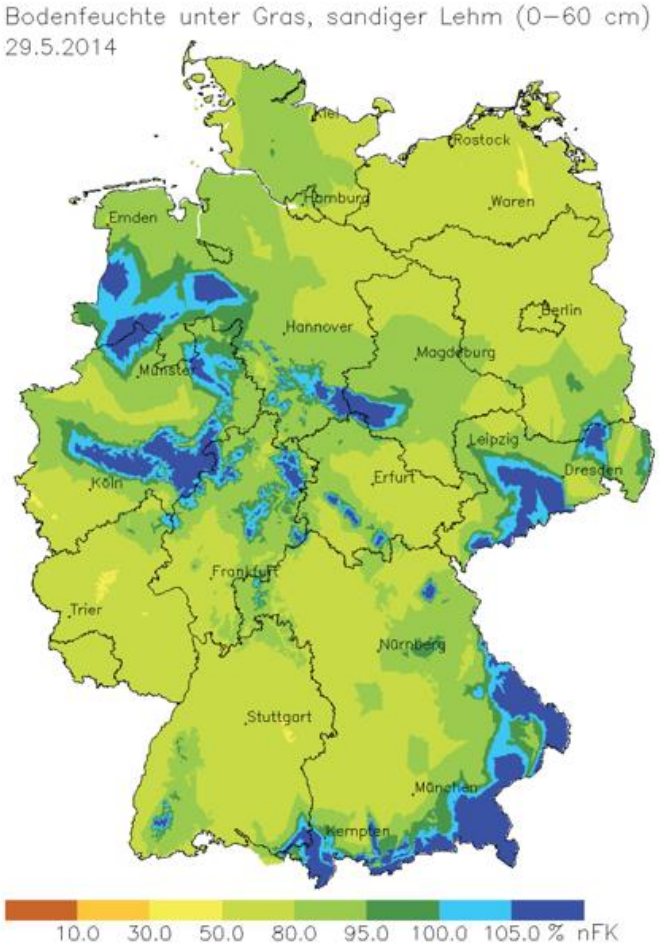


Abb. 6: Bodenfeuchte (in % nFK) am 29. Mai 2014 für einen sandigen Lehm unter Gras in 0-60 cm Tiefe

Wohingegen die erste **Juni**dekade vielerorts Möglichkeiten zur Heuwerbung bat, war es nach dem Pfingstwochenende erst einmal vorbei mit den heißen, trockenen Tagen. Am 9. Juni wurden im Südwesten vielerorts Temperaturen von über 35°C erreicht, dann kühlte es - wie im Norden bereits geschehen - in Folge heftiger Schauer und Gewitter zunehmend ab.

Unwetter führten lokal zum Umbrechen der Wintergetreidebestände und durch die feuchten Bedingungen wurde der pilzliche Infektionsdruck massiv erhöht. In den Kartoffelbeständen mussten aufgrund der hohen Krautfäuleinfektionsgefahr kurze Spritzabstände eingehalten werden und im Wintergetreide kam es verstärkt zu Gelbrostbefall. Die Niederschläge konnten allerdings nicht das bestehende Bodenwasserdefizit ausgleichen und die Bodenfeuchten lagen deutschlandweit bei nur knapp über 30 % nutzbarer Feldkapazität. Zeitweise bestand vor allem in Süddeutschland eine erhöhte Waldbrandgefahr. Trotz der witterungsbedingten etwas verlangsamten Entwicklung der landwirtschaftlichen Kulturen, betrug der Entwicklungsvorsprung der Natur je nach Region noch zwischen 1 und 2 Wochen. Kartoffeln und Zuckerrüben konnten ihre Bestände schließen und die Wintergerste ging verbreitet in die Gelbreife.

Im **Juli** wurde von allem etwas geboten. Insgesamt war es deutlich zu warm, sehr nass und gewittrig. Der Monat war von ständigen Wetterwechseln geprägt. Zeitweise gab es warme und trockene Tage am Stück mit guten Erntebedingungen, was ab der Monatsmitte nahezu flächendeckend der Fall war. Im Nordosten Deutschlands hielt diese Periode fast 10 Tage an, was dazu führte, dass der Waldbrandgefahrenindex insbesondere in Brandenburg die höchste Stufe (5 = sehr hohe Gefahr) erreichte (Abb. 7).



Abb. 7: Waldbrandgefahrenindex (WBI) am 23. Jul 2014

Waldbrandgefahrenstufen	Beschreibung
1	sehr geringe Gefahr
2	geringe Gefahr
3	mittlere Gefahr
4	hohe Gefahr
5	sehr hohe Gefahr

Dann gab es aber auch immer wieder Unwetter, die die Feldarbeiten unterbrachen. Lokal wurde das noch stehende Getreide durch Starkregen umgebrochen und es kam zu Überschwemmungen auf den Feldern. Die meisten Niederschläge des Sommers – einigerorts mehr als 50 mm – fielen am 8. Juli. Die feuchte Witterung erhöhte den pilzlichen Infektionsdruck in den Kulturen massiv. Es kam zu Krautfäuleinfektionen in Kartoffelbeständen und Blattfleckenerkrankungen bei den Zuckerrüben. Glücklicherweise konnten während der immer wieder auftretenden trockenen Zeitfenster die notwendigen Pflanzenschutzmaßnahmen meist noch rechtzeitig durchgeführt werden.

Eher herbst- als sommerlich fiel in diesem Jahr der **August** aus und bescherte der meteorologischen Jahreszeit ein nasses, trübes und kühles Ende. Phänologisch betrachtet konnte man schon von Vollherbst sprechen, da die Fruchtreife der Stieleiche, die diese Jahreszeit einläutet, bereits im Monatsverlauf einsetzte. Die Niederschlagsserie vom Juli setzte sich fort und führte vielerorts zu Ernteverzögerungen. Die Getreidequalität sank dabei und es wurde Auswuchs beobachtet. Lokal konnten die Winterweizenbestände bis zum Monatsende nicht gedroschen werden.

Dem Mais, welcher um die Monatsmitte verbreitet in die Milchreife ging, und den Zuckerrüben, kam die feuchte Witterung vielerorts zugute; wobei der pilzliche Krankheitsdruck weiter anstieg und es bei den Zuckerrüben vermehrt zu Blattkrankheiten kam. Neben den pilzlichen Schaderregern traten vermehrt Ackerschnecken auf und im Rhein-Main-Gebiet wurde in den Obst- und Weinbaugebieten ein verstärkter Befall durch die Kirschessigfliege beobachtet. Dort wo die Witterungsbedingungen es zuließen, konnte mit der Herbstbestellung begonnen werden. Vereinzelt wurde schon zu Monatsbeginn mit der Winterrapsaussaat begonnen und die Pflanzen begannen ab der zweiten Augustdekade aufzulaufen. Unter dem Strich wurde 2014 trotz aller Schwierigkeiten eine sehr gute Ernte eingefahren.

Der erste Herbstmonat war durch eine abwechslungsreiche Witterung gekennzeichnet. Teils herrschten noch hochsommerliche Temperaturen mit wenig Regen oder große Schwüle mit schweren Gewittern – teils zeigte sich der Herbst mit Nebel, Hochnebel oder leichtem Bodenfrost in einzelnen Nächten. Insgesamt fiel der **September** zu warm und zu trocken mit teils zu wenig Sonne aus. Wiederkehrende warme und trockene Phasen brachten die landwirtschaftlichen Arbeiten voran. Die Getreideernte konnte in den späten Lagen endlich abgeschlossen werden – besonders im Westen – allerdings mussten häufig Qualitätseinbußen hingenommen werden. Durch die lange Standzeit der reifen Ähren war die Keimruhe bereits gelockert, was sich später mit beginnendem Auswuchs im Getreidelager zeigte. Die Maisernte lief teils schon in der ersten Monatsdekade an. Grund hierfür waren die teilweise idealen Abreifebedingungen im Sommer. Nur vereinzelt gab es Befahrbarkeitsprobleme, hervorgerufen durch kräftigen Starkregen. Ebenfalls lief der Winterraps verbreitet auf und der Zuflug der Rapserdflöhe begann. Auch Schnecken fühlten sich dort wohl. Ab Monatsmitte nahm das Maissilieren landesweit Fahrt auf. Außerdem begann die Zuckerrübenkampagne und die Kartoffelernte wurde fortgesetzt. Die abgeernteten Flächen und die teilweise durchgeführte Bodenbearbeitung sorgten in Kombination mit den genannten heftigen Niederschlägen für teils massivste Erosionserscheinungen – vor allem im Nordosten. Nach sachter Wetterberuhigung mit geringerem Niederschlagsgeschehen und Abtrocknung der Flächen startete die Bestellung von Wintergerste, Winterroggen und Winterweizen verbreitet in der zweiten Monatshälfte, wobei zum Monatsende gebietsweise bereits das Auflaufen beobachtet wurde. Mitunter erfolgte noch ein Grünlandschnitt. Problematisch war das warme Temperaturniveau vor allem für Winzer. Die Fäulnis breitete sich rapide aus und erzwang eine vorzeitige und beschleunigte Traubenlese.

Der **Oktober** präsentierte sich vom Wetter her ebenso abwechslungsreich. Der Monat begann mit Hochdruckeinfluss und Altweibersommerwetter, es folgte eine warme südwestliche bis südliche Strömung mit Regen im Norden und Westen, aber auch längeren trockenen Phasen im Süden und Osten. Das änderte sich in der letzten Monatsdekade mit dem Durchzug des ehemaligen Hurrikans „Gonzalo". Temperaturrückgang, Dauerregen im Süden und erster Schnee im Bergland waren die Folge. Abschließend setzte sich nochmal ruhiges, mildes Hochdruckwetter mit Nebel und Hochnebel durch. Der zweite Herbstmonat wird wohl in Erinnerung bleiben als drittwärmster Oktober seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 1881. Bei Betrachtung der zurückliegenden Monate Januar bis Oktober ergibt sich auch hier ein Temperaturüberschuss von +2,1 K und damit ein neuer Rekord. Vielfach, aber noch nicht überall in Deutschland, konnte die Bestellung von Winterweizen abgeschlossen werden. Die Ernte von Silomais, Zuckerrüben und Kartoffeln wurde zügig fortgesetzt. Gebietsweise mussten jedoch die Feld- und Erntearbeiten aufgrund von Niederschlägen und eingeschränkter Befahrbarkeit vorübergehend ruhen. Durch die milde Witterung entwickelten sich die Wintersaaten rasch, sodass beim Winterraps und zum Teil bei früh gesäter Wintergerste sowie Winterweizen mitunter die Gefahr des Überwachsens bestand und Einkürzungen notwendig waren. Mancher Rapsbestand benötigte sogar eine zweite Einkürzung. Neben den Winterungen konnten auch Unkräuter und Ungräser munter weiterwachsen. Auch das Grünlandwachstum kam noch nicht zur Ruhe, sodass ein weiterer Silageschnitt nötig wurde. Viel wichtiger war aber die Behandlung gegen Rapserdflöhe, teils gegen Blattläuse, Schnecken und Feldmäuse, denn diese waren viel aktiver als sonst. Aufgrund der milden Temperaturen war am Monatsende jedoch noch nicht an Vegetationsruhe zu denken. Die Blätter verfärbten sich landesweit nur zögerlich, und der allgemeine Blattfall begann erst in der letzten Monatsdekade - nach dem ersten Herbststurm.

Im **November** setzte sich das ruhige, zu Hochnebel neigende und für die Jahreszeit sehr milde Herbstwetter bei häufigem Hochdruckeinfluss fort. Zudem gelangte auf der Vorderseite kräftiger Tiefdruckgebiete über dem Nordatlantik mit einer südlichen Strömung immer wieder milde Luft nach Deutschland. Diese führte örtlich zu Temperaturrekorden und an den Alpen zu Föhn. Insgesamt fiel der letzte Herbstmonat zu warm und außergewöhnlich trocken aus. Niederschläge beschränkten sich meist nur auf den Süden und Westen. Während aufgrund der unterschiedlichen Niederschlagsverteilung im Oktober zu Monatsanfang die Befahrbarkeit mancherorts eingeschränkt war, sorgte der niederschlagsarme November für die Abtrocknung der Böden, sodass die Feldarbeiten, wie der landesweite Abschluss der Winterweizenbestellung, das Ziehen der Winterfurche, die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen und das Ausbringen von Gülle vor Inkrafttreten der Sperrfrist, meist problemlos durchgeführt werden konnte. Außerdem wurde die Zuckerrübenkampagne durchgeführt – dabei gab es durch die lange Vegetationsphase Rekorderträge.

Da aufgrund der milden Temperaturen das Grünlandwachstum immer noch nicht zum Stillstand kam, musste vielerorts nochmals geschnitten werden. Bei den Winterungen bestand nach wie vor die Gefahr des Überwachsens, so dass bei manchen Beständen wieder mit wachstumsregulierenden Maßnahmen eingegriffen werden musste. Mit der Abkühlung und den Nachtfrösten zum Monatsende setzte verbreitet, bis auf wenige Ausnahmen, die Winterruhe in der Pflanzenwelt ein. Der allgemeine Blattfall schritt weiter voran und war bis zum Monatsende noch nicht gänzlich abgeschlossen. Abb. 8 zeigt, dass der Blattfall der Rotbuche im Jahr 2014 mit einer derzeitigen Abweichung von 8 Tagen so spät wie noch nie seit Beobachtungsbeginn 1992 eintrat.

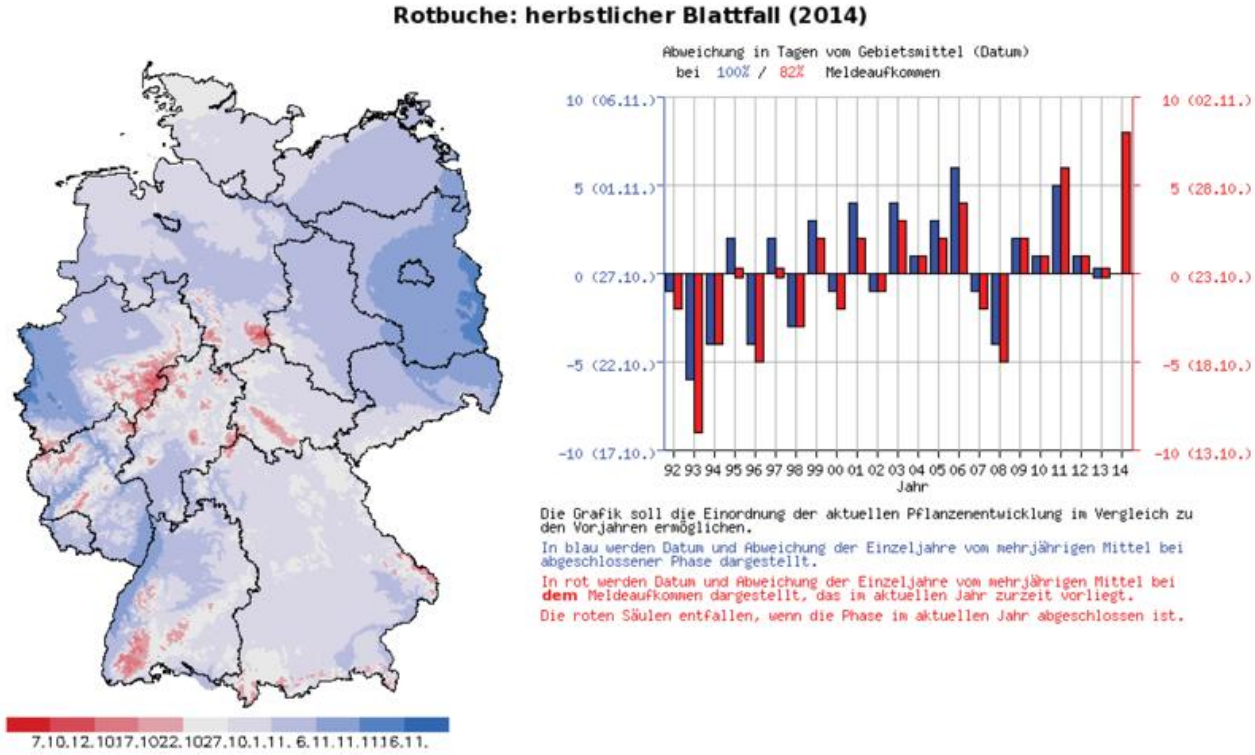


Abb. 8: Eintrittstermine des herbstlichen Blattfalls bei der Rotbuche Stand 05. Dez 2014

Der **Dezember** begann ruhig mit viel Nebel und Hochnebel. Anschließend zog eine Reihe von Sturmtiefs durch. Ihre Ausläufer brachten häufig Regen und recht milde Temperaturen. Dadurch erfüllte sich der Wunsch vieler Menschen auf Schnee in der Adventszeit oder weiße Weihnachten nicht. Erst nach dem Fest sorgten kältere Luft und Schneefälle gebietsweise kurzzeitig für eine winterliche Landschaft. Insgesamt verlief der Dezember in Deutschland zu warm bei etwas zu viel Niederschlag und unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer. Obwohl die Vegetationsruhe aufgrund der milden Witterung zeitweise gelockert war, kam es zu keinen wesentlichen Wachstumsregungen bei den bereits weit entwickelten Winterrungen. Jedoch wurde kurz vor Weihnachten bzw. zum Jahreswechsel ganz vereinzelt der Blühbeginn der Hasel und Forsythie beobachtet. Außerdem zeigten sich stellenweise erste Frühjahrsblüher wie Schneeglöckchen in der Natur. An den Weihnachtsfeiertagen kam es dann aufgrund langanhaltender Regenfälle gebietsweise zu Überschwemmungen. Die Böden blieben fast deutschlandweit übernässt, ausgenommen davon waren nur die Böden in den östlichen Regionen. Außenarbeiten waren also kaum möglich. Ab dem 27. fielen verbreitet erste Flocken. Die entstandene geschlossene Schneedecke schützte die Kulturen vor mäßigen bis starken Frösten. In den Nächten ohne Schneedecke konnten hingegen die Zwischenfrüchte gut abfrieren. Regional gab es auch Eistage, an denen der Frost kurzzeitig wenige Zentimeter in den Boden eindringen konnte. Die meisten Zuckerrübenmieten wurden von den Feldern abgefahren.

Bodenfeuchte und Mikroklima

Schlagzeile:

Nach einem extrem trockenen Frühjahr mit hervorragenden Bestellbedingungen für die Sommerfrüchte im März und Anfang April und erster Frühjahrstrockenheit war das Jahr im weiteren Verlauf wasserhaushaltsmäßig ausgeglichen, insgesamt jedoch deutlich zu warm. Die Ernteerträge lagen für die meisten Feldfrüchte und Regionen über dem langjährigen Durchschnitt.

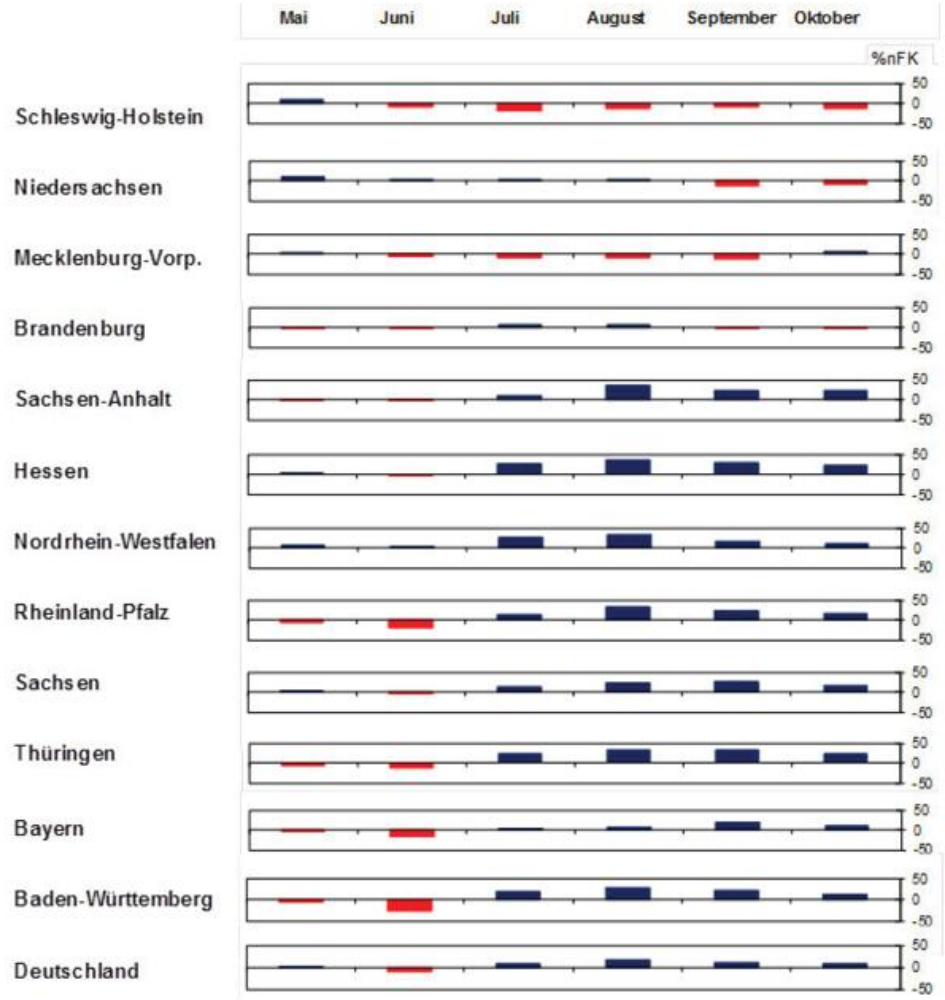


Abb. 9: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (% nFK) im Jahr 2014 vom langjährigen Mittelwert 1962 – 2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2014

Nachdem sich im März und April im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich geringere Werte der Bodenfeuchte einstellten, waren die Bedingungen im Mai bereits ausgeglichen (Abb. 9). Im Monat Juni zeigte sich in den meisten Regionen Deutschlands wieder die Tendenz zu negativen Abweichungen vom langjährigen Mittelwert. Ab Juli waren, abgesehen von Schleswig-Holstein und Teilen von Mecklenburg-Vorpommern und kleinen Regionen Niedersachsens, die Bodenfeuchten insgesamt deutlich höherer als in diesem Zeitraum üblich und lagen bei leichten Böden unter Wintergetreide z. T. 30 % über den langjährigen Mittelwerten.

Mikroklima 2014

Dass das Jahr 2014 in Deutschland neue Rekorde bei der Temperatur mit einer Abweichung von +2,1 K aufwies, machte sich auch in den Ergebnissen der mikroklimatischen Bedingungen bemerkbar. Die Werte der Tab. 2 sind, abgesehen vom August und teilweise im Mai, bezüglich der Bodentemperaturen und der Minimumtemperaturen am Erdboden (Spalten A und B) überwiegend rot (=positive Abweichung). Besonders die Winter- und Frühjahrsmonate Januar bis April weisen sehr hohe positive Abweichungen auf. Deutlich geringere Krumenbodenfeuchten im März als im langjährigen Mittel belegen die idealen Bedingungen für die Bestellarbeiten, die 2014 auch sehr früh begannen.

Tab. 2: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2014.
Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2014 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman-Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2014

	Januar		Februar		März				April				Mai				Juni			
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	0,8	2,0	2,5	3,7	3,3	2,4	122,2	-8,4	2,5	2,6	107,4	66,4	0,2	0,8	92,6	82,7	0,3	0,3	105,5	59,7
Niedersachsen	1,2	2,4	2,7	3,9	3,1	1,6	133,0	-11,2	3,3	2,8	107,1	74,9	-0,1	0,4	91,8	95,6	0,1	-0,1	102,0	67,9
Mecklenburg-Vorp.	0,0	1,4	2,2	3,9	3,4	2,8	120,8	-9,5	2,6	2,4	110,5	66,4	0,1	0,9	93,5	70,2	0,2	0,2	101,6	63,8
Brandenburg	0,9	1,7	2,5	4,0	3,6	2,7	124,2	-12,6	3,2	2,9	110,3	56,4	-0,7	0,2	88,9	88,7	0,1	-0,2	102,2	60,7
Sachsen-Anhalt	1,1	1,5	2,7	4,3	3,6	2,4	125,2	-19,2	3,8	3,2	111,5	59,4	-0,3	0,3	90,3	89,6	0,5	-0,2	102,9	63,4
Hessen	2,3	3,7	2,7	4,0	2,7	1,4	136,8	-14,9	3,0	2,9	106,5	51,0	-0,5	-0,4	95,6	82,2	-0,1	-0,8	108,7	51,2
Nordrhein-Westfalen	2,5	3,4	2,8	4,1	2,7	1,1	142,9	-14,2	3,1	2,3	106,3	54,0	-0,6	-0,4	87,0	93,2	0,1	-0,7	101,8	62,2
Rheinland-Pfalz	2,7	4,0	2,4	3,3	2,8	1,6	149,5	-16,8	3,5	2,9	114,2	31,8	-0,3	0,0	96,4	67,7	1,1	0,5	122,3	28,0
Sachsen	1,4	3,2	2,5	4,8	3,3	2,6	128,7	-15,5	3,4	2,4	110,5	65,4	-0,5	0,1	89,3	104,1	0,6	-0,3	108,9	41,2
Thüringen	1,5	2,8	2,6	4,9	3,2	2,6	130,4	-21,1	3,4	3,1	106,3	53,1	-0,4	0,0	92,5	93,0	0,2	-0,5	106,2	54,4
Bayern	1,6	5,4	2,3	4,9	3,0	1,9	148,7	-15,7	2,9	2,4	111,0	56,8	-0,6	0,1	91,5	85,9	1,2	-0,6	125,1	41,0
Baden-Württemberg	2,3	3,9	2,5	3,2	2,6	1,1	142,9	-13,2	2,9	2,0	109,4	48,6	-0,2	-0,2	100,8	70,1	1,7	-0,3	126,4	36,5
Gesamt BRD	1,6	3,3	2,5	4,1	3,1	1,9	136,5	-13,8	3,1	2,6	109,4	57,2	-0,3	0,2	93,0	83,9	0,6	-0,2	111,9	51,3

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	2,6	2,6	124,7	-3,6	-1,1	-0,7	95,9	0,9	1,9	1,9	110,2	-,2	3,3	3,6	96,6	1,3	2,5	2,8	1,0	2,0
Niedersachsen	2,2	1,9	116,4	-1,6	-1,1	-0,9	99,7	0,3	1,7	1,6	103,6	-5,3	3,0	3,3	104,0	3,3	2,5	2,5	0,9	1,9
Mecklenburg-Vorp.	2,2	2,7	115,5	-1,6	-0,8	-0,4	98,9	-1,5	1,7	2,0	104,6	7,2	3,1	3,2	87,2	8,8	2,7	2,9	0,7	1,5
Brandenburg	2,3	2,4	113,2	-0,8	-0,8	-0,5	97,3	-0,1	1,7	2,2	96,6	9,9	3,1	3,2	92,2	6,8	2,7	2,9	1,1	1,8
Sachsen-Anhalt	2,5	2,7	110,9	0,2	-0,7	-0,4	95,4	0,6	2,1	2,6	89,5	14,8	3,4	3,3	94,7	11,0	2,7	2,7	1,0	2,2
Hessen	1,3	1,4	110,2	0,5	-1,6	-1,4	91,9	3,1	1,1	1,9	86,0	11,3	2,8	2,8	90,9	7,2	2,5	2,7	1,3	2,2
Nordrhein-Westfalen	1,5	1,2	106,2	0,0	-1,5	-1,0	91,7	3,2	1,2	0,6	98,3	-,8	2,5	2,8	104,8	5,2	2,5	2,3	0,9	1,6
Rheinland-Pfalz	0,6	1,6	99,3	1,1	-1,7	-1,0	81,9	2,8	1,4	1,6	96,3	4,6	2,9	2,8	93,2	6,0	2,5	2,9	1,5	1,8
Sachsen	2,0	1,9	109,2	-0,6	-0,9	-0,4	93,6	1,1	1,4	2,2	78,5	14,4	2,8	2,8	95,1	4,9	2,6	2,5	1,2	1,9
Thüringen	1,6	1,9	108,7	0,3	-1,2	-0,7	93,8	1,6	1,2	2,3	78,7	18,5	3,1	3,0	100,4	7,4	2,4	2,3	0,8	2,4
Bayern	0,9	1,2	104,2	0,1	-1,1	-0,7	90,7	1,3	1,1	1,7	88,1	10,3	2,8	2,9	96,6	4,3	2,4	3,1	1,9	3,6
Baden-Württemberg	0,0	0,8	91,2	2,1	-1,4	-0,8	87,2	1,3	1,0	1,0	90,0	9,5	2,8	2,4	106,6	4,3	2,5	2,8	1,9	2,4
Deutschland	1,4	1,7	107,7	-0,2	-1,2	-0,8	92,7	1,2	1,4	1,7	94,5	6,7	2,9	3,0	98,0	5,3	2,5	2,8	1,3	2,2

Legende:
A = Bodentemperatur unbewachsener Boden 5 cm (rot = zu warm, blau = zu kalt)
B = Minimumtemperatur in Bodennähe für unbewachsenen Boden (rot = zu warm, blau = zu kalt)
C = Penman-Verdunstung, Abw.in % (rot = zu hohe Verdunstung, blau = zu geringe)
D = Benetzungszeiten, Abw. in % (rot = rel. geringe Benetzungszeiten, blau = relativ hohe)
E = Krumenbodenfeuchte, %nFK (rot = relativ trocken, blau = relativ feucht)
F = Kornfeuchte (%, 19 Uhr) (rot = relativ gering, blau = relativ hoch)

Besondere Situation 2014

Extrem geringe Krumenbodenfeuchte

Die deutlich zu trockene und zu warme erste Märzhälfte 2014 nach einem schon zu trockenen Februar und das sehr strahlungsreiche Wetter in diesem Zeitraum haben natürlich auch seine Auswirkungen auf das Bodenklima und den Bodenwasserhaushalt, insbesondere auf die oberste Bodenschicht, die Bodenkrume. Die Abb. 10 zeigt die Extremwerte der Bodenfeuchte in der Bodenkrume. Dabei wird deutlich, dass in vielen Teilen Deutschlands seit 1962 noch nie für diesen Zeitraum so geringe Krumenbodenfeuchten erreicht wurden (ca. 20 % der Fläche). Auf 40 % der Flächen wurden solche Werte bisher erst einmal beobachtet.

Während in der Landwirtschaft geringe Bodenfeuchten eher von Nachteil sind, wirken sie sich um diese Jahreszeit eher vorteilhaft aus. Sie gewährleisten eine sehr gute Bodenbefahrbarkeit und damit Schonung vor Bodenverdichtungen und optimale Bedingungen für die Bodenbearbeitung. Feinkrümelige Bodenstrukturen um das Saatgut herum sind ideale Voraussetzungen für gute Erträge.

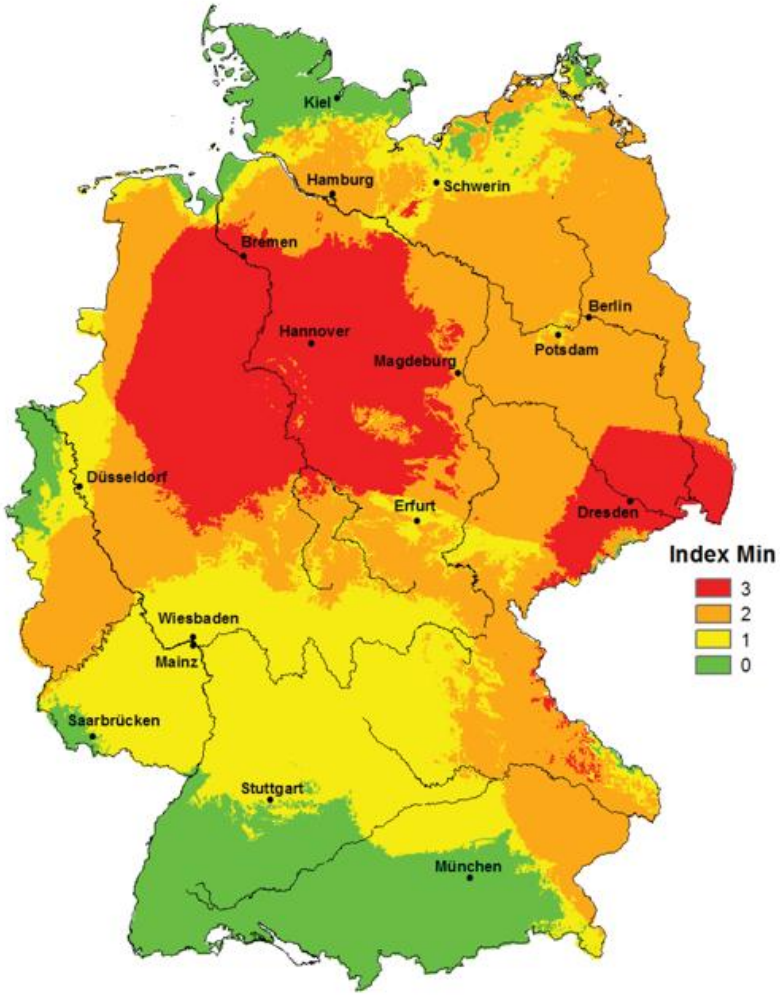


Abb.: 10 Krumenbodenfeuchte in der ersten Hälfte März 2014

0 – keine Minima unterschritten
1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
3 – der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten – neues absolutes Minimum

Extreme Bodenfeuchten

Auch 2014 weist nach den Jahren 2007, 2011 und 2012 wieder eine Frühjahrstrockenheit auf, allerdings wesentlich früher als in den vergangenen Jahren. Während in der Vergangenheit die extreme Trockenheit in den Monaten April oder Mai auftrat wird diese im Jahr 2014 schon am 21. März festgestellt. Die Abb. 11 zeigt die Extremwerte der Bodenfeuchte in der Schicht 0-60 cm für Wintergetreide und einen leichten Boden zum Stichtag 21. März. Dabei wird deutlich, dass in vielen Teilen Deutschlands seit 1962 noch nie für diesen Zeitraum so geringe Bodenfeuchten erreicht wurden (ca. 70 % der Fläche). Auf 10 % der Flächen wurden solche Werte bisher erst einmal beobachtet.

Auch wenn der Wasserverbrauch bei den landwirtschaftlichen Kulturen noch gering ist und geringe Bodenfeuchten in der Krume Voraussetzung für eine gute Bodenbearbeitung sind, ist die Situation zu diesem Zeitpunkt nicht extrem kritisch. Aber auch Anfang April wurden noch extrem geringe Bodenfeuchten analysiert.

Einzelheiten dazu kann man unter www.deutscher-klima-atlas.de einsehen.

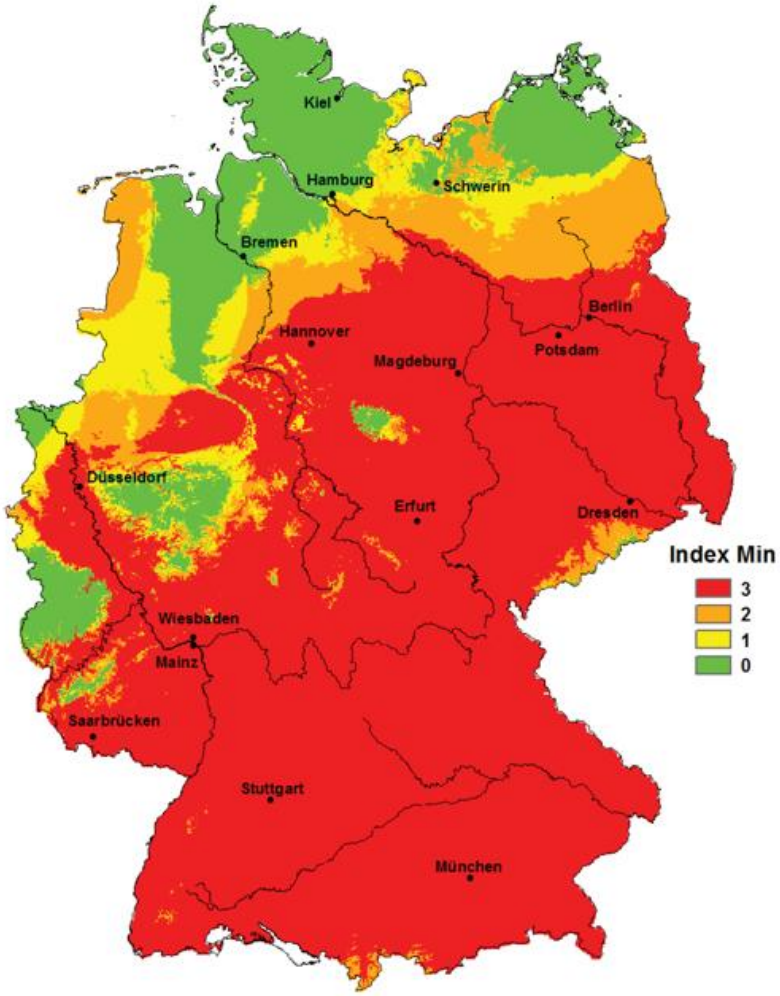


Abb. 11: Bodenfeuchte in der ersten Hälfte März 2014

0 – keine Minima unterschritten
1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
3 – der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten – neues absolutes Minimum

Sowohl für Abb. 2 als auch für Abb. 3 wurden für jeden Rasterpunkt für den betrachteten Tag aus dem Zeitraum 1962 bis zum letzten Jahr die drei geringsten Bodenfeuchten bestimmt. Für denselben Tag im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen einer der drei Minima unterschritten wird.

Später Regen ließ viele Hoffnungen platzen - Rückblick auf das Weinjahr 2014

H. H. Schmitt

Das Weinjahr 2014 brachte ein stetes Auf und Ab bei den Temperaturen und insbesondere bei den Niederschlägen, die extrem ungünstig verteilt fielen. Hinzu kam mit der Kirsch-Essig-Fliege „KEF“ ein neuer Schädling, der für reichlich Aufregung sorgte.

Nach einem mildem Winter - in dem Schädlinge kaum dezimiert wurden (was sich im Fall der Kirschessigfliege noch als sehr problematisch erweisen sollte) startete die Vegetation extrem früh: Am Referenzstandort des Weinbauamts im Eltviller Sonnenberg wurde für den Riesling mit dem 7. April der früheste Austrieb in der phänologischen Reihe registriert, die bis ins Jahr 1955 zurück reicht. Ein früher Austrieb ist nicht unproblematisch, weil damit die Zeitspanne der Spätfrostgefährdung verlängert wird. Tatsächlich gab es am 16. und 17. April zwei Nächte mit kritischen Temperaturen, die nur mit einem „blauen Auge“ – sprich leichten Frostschäden in klassischen Frostlöchern – überstanden wurden.

Nachdem die ersten vier Monate des Jahres durchweg zu warm und bis Mitte April auch zu trocken gewesen waren, fiel der Mai etwas zu kühl aus. Zwischen Austrieb und Blüte war die Witterung „durchwachsen“. Demzufolge verlief die Entwicklung etwas verzögert, ein Teil des Vegetationsvorsprungs ging verloren. Dennoch lag auch die Blüte rund 12 Tage früher als im langjährigen Mittel, was die Hoffnung auf einen Spitzenjahrgang untermauerte. Das warme und trockene Blütewetter führte zu einem guten Fruchtansatz – was sich im Nachhinein aber nicht unbedingt als Vorteil erweisen sollte. Denn als es im späteren Verlauf des Jahres Regen im Überfluss gab, wurden die Beeren dick, quetschten sich in kompakten Trauben gegenseitig ab und boten durch die dadurch entstandenen Schäden einen optimalen Nährboden für Pilze und Bakterien.

Doch zum Blütezeitpunkt war davon noch keine Rede. Denn im Juni waren die Böden noch trocken, das Wasserdefizit lag Ende Juni in Geisenheim bei 85 mm - das entspricht der Regenmenge von fast zwei Monaten. Es gab erste Klagen über Trockenstress, der die Entwicklung bremste. Die Verhältnisse sollten sich bald umkehren, denn Juli und August fielen viel zu nass aus. Aus einem Defizit von 85 mm am 5. Juli wurde bis Mitte September ein Überschuss von 80 mm. Im Juli und August fiel das Doppelte bis Dreifache der normalen Monatssummen. Im Ergebnis passierte genau das, wovor das Weinbauamt schon zur Blüte gewarnt hatte: Durch die nassen Böden nahmen die Beeren vermehrt Wasser auf, was bei kompakten Trauben teilweise zum Aufplatzen sowie zu Abquetschungen führte.

Erschwerend kam hinzu, dass sich seit Anfang August mit der Kirschessigfliege ein neuer Schädling ausbreitete, der eine Vorliebe für dunkle Früchte hat. Auch wenn der Rheingau als „Riesling-Land“ glimpflich davon kam, dürfte uns der Globalisierungsschädling in den kommenden Jahren noch nachhaltig beschäftigen. In diesem Jahr war es ein „Traditions-Insekt“, das für Schwierigkeiten sorgte: Insbesondere in Frühsorten trat verbreitet starker Wespenfraß auf, der auf den geschädigten Beeren neben Botrytis auch die Entwicklung von Essigsäurebakterien nach sich zog und teilweise eine vorzeitige Lese notwendig machte. In solchermaßen geschädigten Anlagen war ein penetranter Essiggeruch wahrzunehmen.

Im milden September sorgte das nasse Wochenende vom 20. und 21. für eine weitere Verschärfung der Situation. Die durch die hohen Temperaturen geförderte zunehmende Fäulnis erzwang eine rasche Lese, wenn man nicht weitere Ertragsverluste riskieren wollte. Nur dort, wo mit intensiver Negativ-Selektion gearbeitet wurde, gibt es noch Chancen auf die Spitzenprodukte, auf die man nach der frühen Blüte verbreitet gehofft hatte.

Den detaillierten Verlauf der Tagesmitteltemperaturen im Vergleich zu den vieljährigen Durchschnittswerten sowie die Verteilung der Niederschläge finden Sie in der nachfolgenden Grafik (Abb.1). Darin sind auch die diesjährigen phänologischen Eckdaten für den Rieslingstandort im Eltviller Sonnenberg eingetragen.

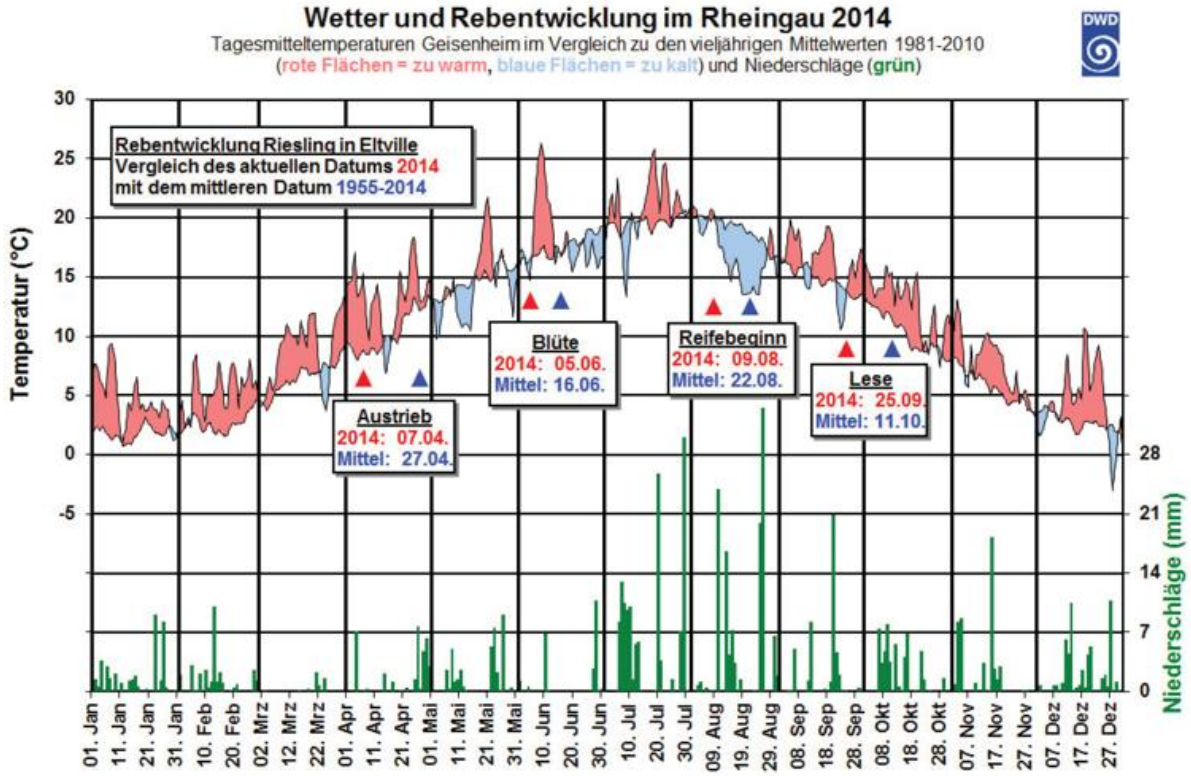


Abb. 1: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2014

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann

Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2014 dargestellt.

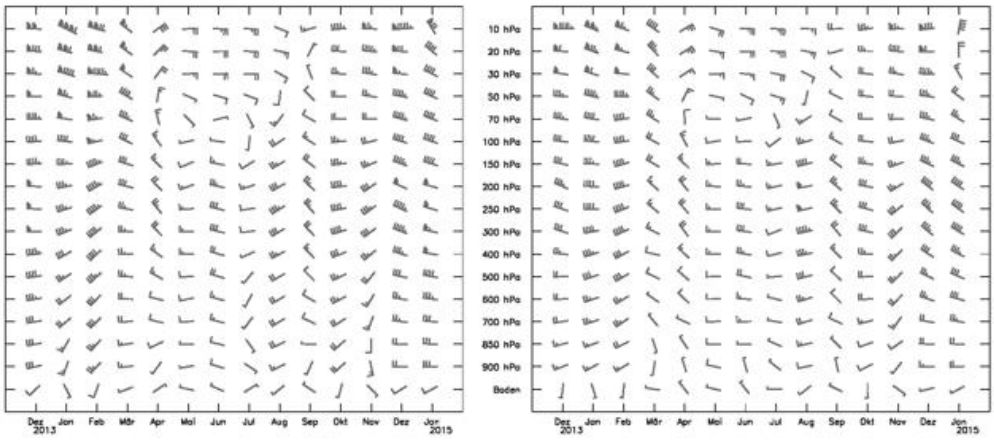
Dabei zeigen Schleswig und Stuttgart ähnliche Strömungsmuster. Im Januar und Februar herrschte in der Troposphäre im Mittel an beiden Stationen eine für diese Monate untypische Südwestströmung vor, wobei bodennah sowohl in Schleswig als auch in Stuttgart im Januar eine schwache Südostströmung registriert wurde. Dieses Strömungsmuster sorgte u.a. dafür, dass es im Januar und Februar in Deutschland recht mild blieb. Im März dominierte, wie auch die Zonalkomponentendarstellung zeigt, über Schleswig eine Westströmung. Über Stuttgart war die Strömung, mit Ausnahme der eher schwachen bodennahen Westwinde, meridional geprägt. Die Südströmung, die Stuttgart auch milde Märztemperaturen bescherte, drehte mit der Höhe allerdings auf Nordwest. Über beiden Stationen wurde im April in den höheren, über Stuttgart auch in den unteren Troposphärenschichten eine Nordwestströmung registriert. In Schleswig dagegen wurde in der unteren Troposphäre eine südwestliche Anströmrichtung beobachtet. Im Mai und Juni waren überwiegend Westlagen wetterbestimmend, was auch durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart verdeutlicht wird. Während Stuttgart auch im Juli und August im Einflussbereich der Westdrift blieb, stellte sich bei Hochdruckeinfluss über Schleswig zunächst eine Südostströmung ein, die mit der Höhe auf Südwest drehte. Die südwestliche Strömung blieb auch im August stabil. Südwestwetterlagen waren im Oktober und November für beide Stationen wetterwirksam, wohingegen sich im September über Schleswig und Stuttgart eine stabile Nordwestströmung einstellte. Im Dezember wechselte die Strömung, was auch deutlich in der Zonalkomonentendarstellung zu sehen ist, auf die für die Jahreszeit typische West- bis Nordwestströmung.

In der Stratosphäre dominierte im Januar und März eine Westströmung, die mit der Höhe auf Nordwest drehte. Im Februar drehte die Strömung mit der Höhe auch auf Nordwest, kam aber zunächst aus Südwest. Bereits im April bildete sich sowohl über Schleswig als auch über Stuttgart in der höheren Stratosphäre eine Ostströmung aus. Diese Ostwindzirkulation blieb bis Ende August stabil. Ab September herrschte über ganz Deutschland wieder eine stratosphärische Westströmung vor.

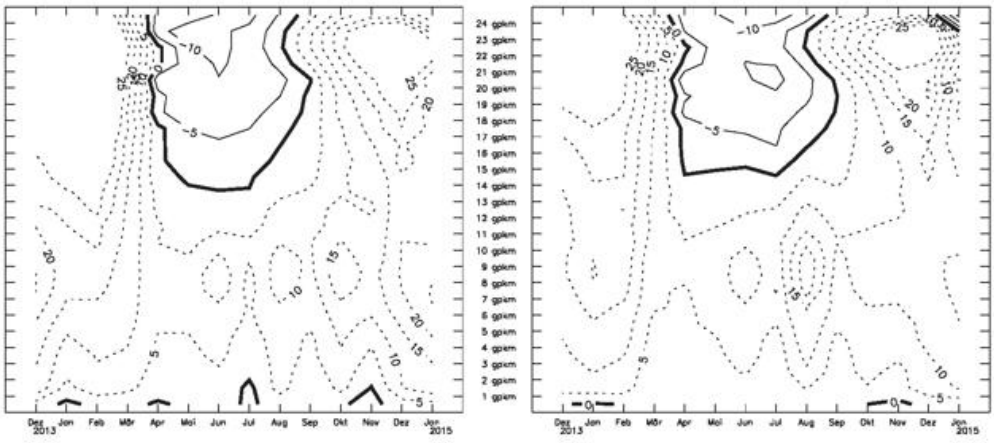
Jährlicher Gang des Höhenwindes
nach monatlichen Mittelwerten

Schleswig 00 und 12 Uhr UTC **Stuttgart**

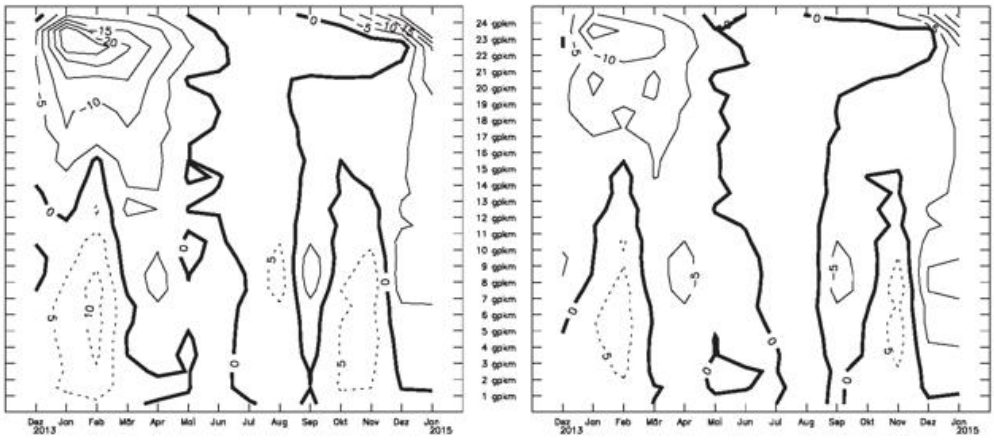
Mittlere Luftversetzung



Zonalkomponenten



Meridionalkomponenten



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten.

Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.

Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1kn=0,514m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2014

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	85*	243	159*
	50	96*	221*	126*
GREIFSWALD (WEWA)	20	85*	245	161*
	50	135	221*	87*
BERGEN (BW)	20	83*	244	162*
	50	90	222*	133*
LINDENBERG (OBS)	20	89	243	155
	50	91	221*	131*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	82	248	167
	50	84	221*	138*
MEININGEN (WEWA)	20	84*	244	161*
	50	95*	224*	130*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	82*	247	166*
	50	90	221*	132*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	82*	245	164*
	50	95*	221*	127*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	82*	246	165*
	50	98*	221*	124*
OBERSCHLEISSHEIM	20	83*	245	163*
	50	95*	226*	132*

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2014 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1990 bis 2014.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über allen Stationen in der letzten Märzdekade ein und blieb bis Ende August/ Anfang September beständig.

In 30 hPa setzte die Ostwindzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, Ende März ein und blieb bis Anfang September stabil. Damit dauerte die Ostwindperiode 2014 länger als in den Vorjahren und war ähnlich lang wie 2011.

In 50 hPa variierte der Beginn der östlichen Stratosphärenströmung zwischen dem 25. März (Essen) und dem 15. Mai (Greifswald). Sie endete allerdings an allen Stationen in der ersten Augusthälfte.

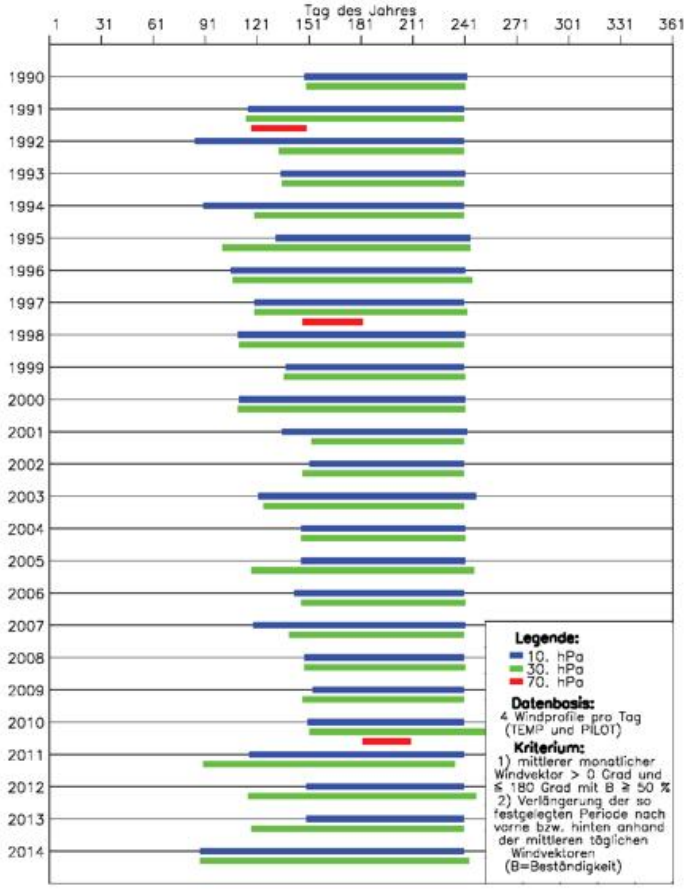


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1989-2014

Temperaturminima in der Stratosphäre

Temperaturminima in der Stratosphäre von -80,0°C und darunter wurden in Tab. 2 eingetragen. Auch 2014 wurden diese Temperaturminima, wie auch schon 2013, nur über Schleswig und Greifswald gemessen. Schleswig meldete Ende Januar, Mitte März und in der letzten Dezemberdekade Stratosphärentemperaturen von -80°C bis -82°C. Über Greifswald wurden nur Ende Dezember in der mittleren Stratosphäre Temperaturen von -80°C registriert.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
	Jan	25	0	-80	24077
SCHLESWIG (WEWA)	Jan	26	12	-80	24792
	Mar	17	12	-80	24767
	Dez	23	12	-82	24230
GREIFSWALD (WEWA)	Dez	23	12	-80	27796

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2014

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2014 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1974. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten.

Das Diagramm für den Frühling zeigt in der mittleren Troposphäre eine deutlich positive Temperaturabweichung gegenüber dem Referenzzeitraum, wohingegen in der Stratosphäre das Temperaturniveau nahezu gleich blieb. Die positive Temperaturabweichung in 500 hPa war bedingt durch eine länger andauernde hochreichende Warmluftzufuhr aus Südwesten. Im Sommerdiagramm zeichnet sich für die Troposphäre eine leicht negative Temperaturabweichung gegenüber 1961-1990, bedingt durch dominierenden Tiefdruckeinfluss, ab. Die Stratosphäre war, wie auch schon in den letzten Jahren zu kalt. Der milde Herbst und Winter 2014 spiegeln sich sehr gut in der 500-hPa-Kurve wieder. Südwestlagen waren die Ursache für positive Temperaturabweichungen sowohl in der unteren als auch mittleren Troposphäre. Während sich in der winterlichen Stratosphäre seit 2009 zu warme und zu kalte Winter in unregelmäßigen Abständen abwechselten, blieb die Stratosphäre in den letzten Jahren im Herbst durchgängig zu kalt.
Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2014 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Sehr deutlich ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause zu erkennen. Während im dargestellten Bereich der Stratosphäre Isothermie herrscht, verhielt sich der Temperaturgradient in der Troposphäre an beiden Stationen wieder jahreszeitengemäß.

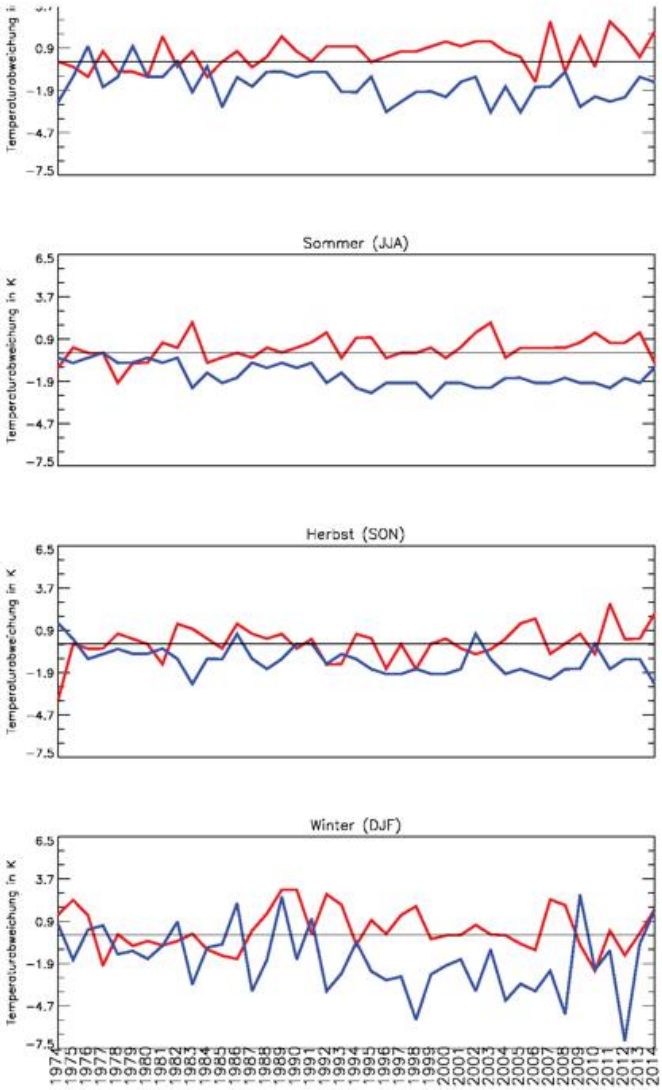
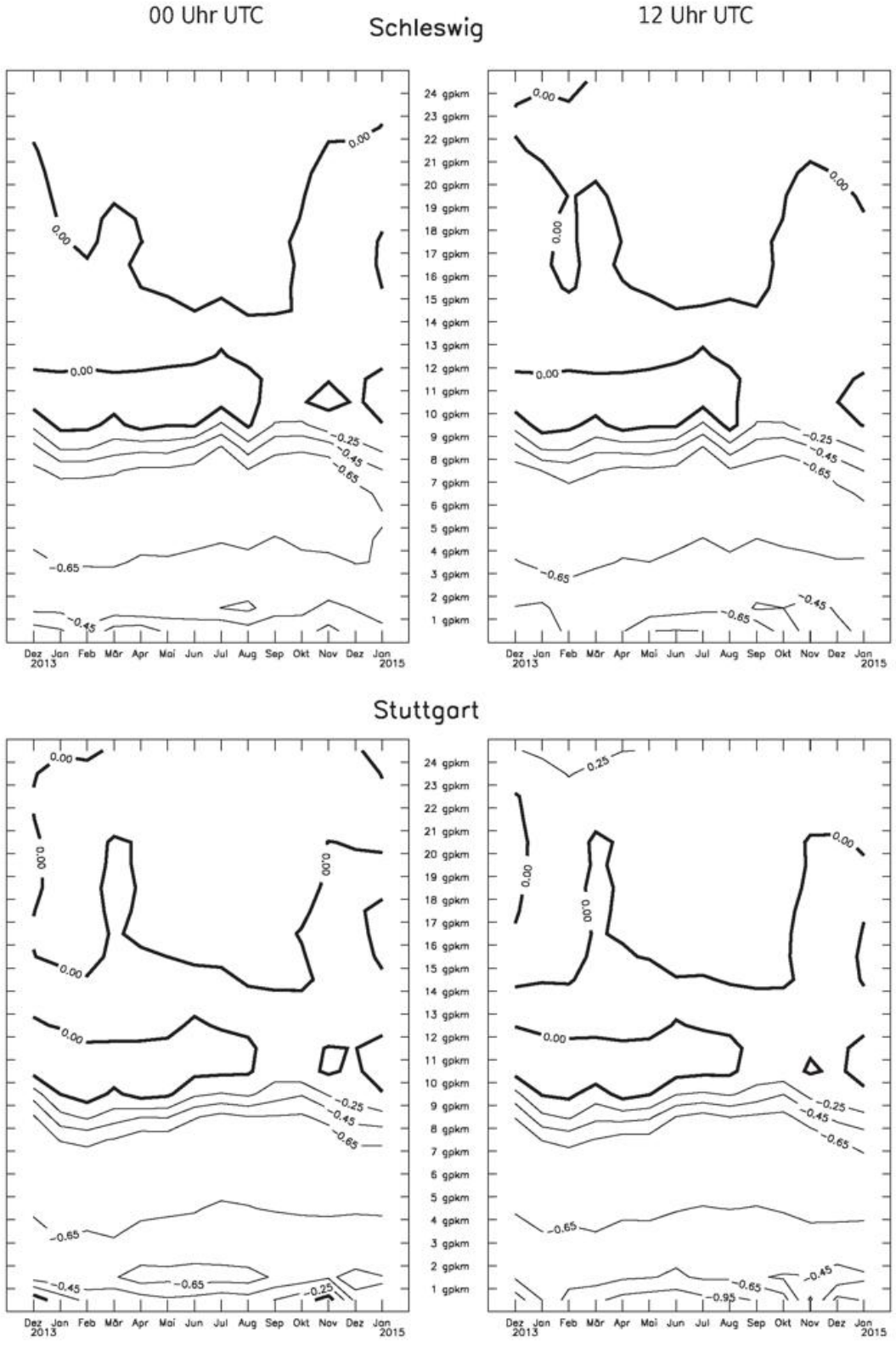


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2014 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten



Negative Werte entsprechen einer Abnahme, positive Werte entsprechen einer Zunahme der Temperatur mit der Höhe (Angabe in K/100m)

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2014

Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, U. Köhler

Während das Jahr 2014 weltweit und in Deutschland bei der bodennahen Temperatur als bisher wärmstes Jahr in die Geschichte eingehen wird, war bei der Gesamtozonsäule über Mitteleuropa 2014 ausgesprochen „normal", ähnlich wie 2013 (dunkle blaue Linie in Abb. 1). Die „Eskapaden" der Jahre 2010 bis 2012 haben sich 2013 und 2014 nicht fortgesetzt. Mit 323 Dobson Einheiten lag das Jahresmittel 2014 am Hohenpeißenberg genau in der Mitte der derzeit zu erwartenden Ozonsäulen (rote und grüne Kurve in Abb. 1). Weltweit erreichte dagegen die gemittelte Ozonsäule 2014 die höchsten Werte für die letzten 15 bis 20 Jahre (hellblaue Linie in Abb. 1). Wesentlich waren dafür hohe Ozonsäulen in den Extra-Tropen (QBO Phase) und über der Südhalbkugel, sowie ein schwach ausgeprägtes antarktisches Ozonloch.

Im Allgemeinen zeigen die Kurven der Ozonsäule am Hohenpeißenberg und im weltweiten Mittel aber große Ähnlichkeit. Beide werden stark beeinflusst von der Entwicklung des stratosphärischen Chlorgehalts, vom 11-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität, sowie von der Quasi-Zweijährigen Schwankung der Winde über dem Äquator (QBO). Regionale meteorologische Einflüsse (z.B. persistente Hoch- und Tiefdruckgebiete, Stärke der Polarwirbel) können diesen Gleichklang stören, so z.B. in den Jahren 2011, 2012 oder 2014.

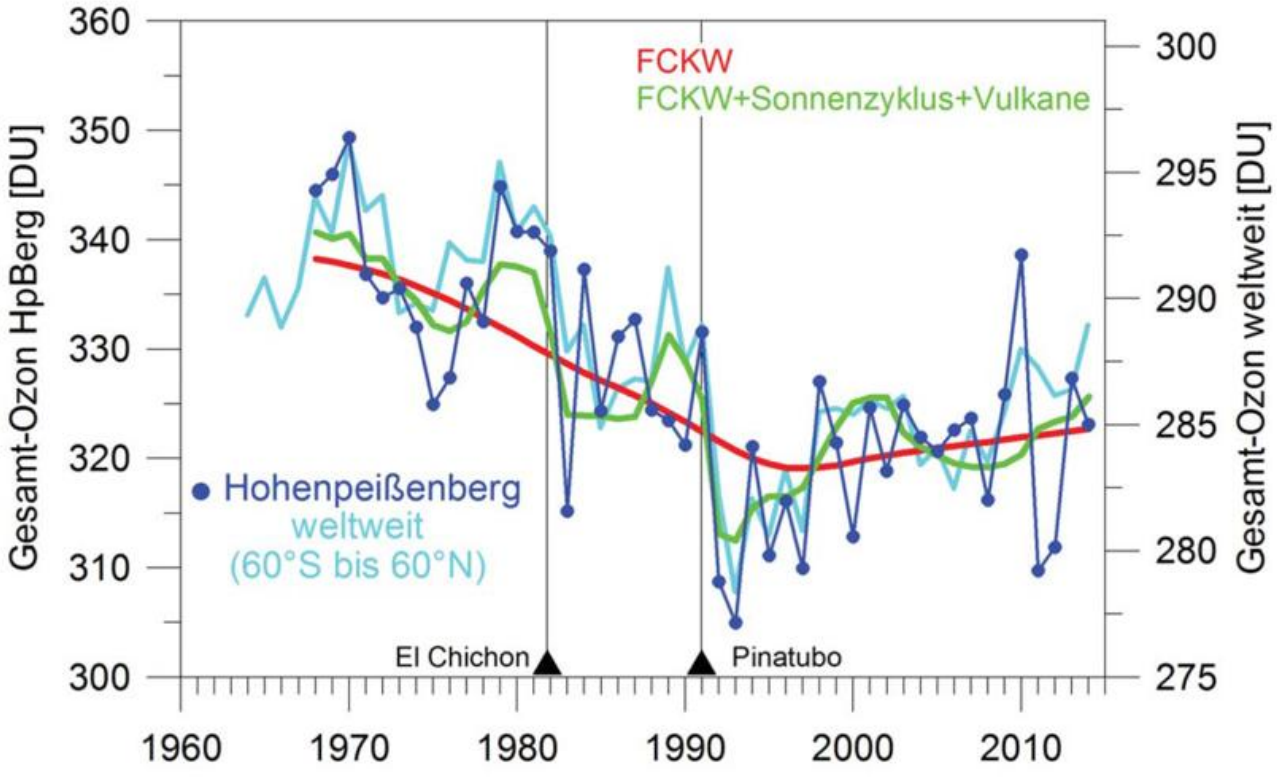


Abb.1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus den Spektrometer-Messungen am Hohenpeißenberg (dunkelblau). Zum Vergleich ist auch die von 60°S bis 60°N gemittelte Ozonsäule aus weltweiten Daten von Satelliten und Bodenstationen gezeigt (hellblau). Die rote Linie zeigt den langfristigen Ozonabbau durch FCKWs, sowie die beginnende Erholung. Bei der grünen Linie sind zusätzlich noch Ozonschwankungen durch Vulkanaerosol und durch den 11-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität dargestellt.

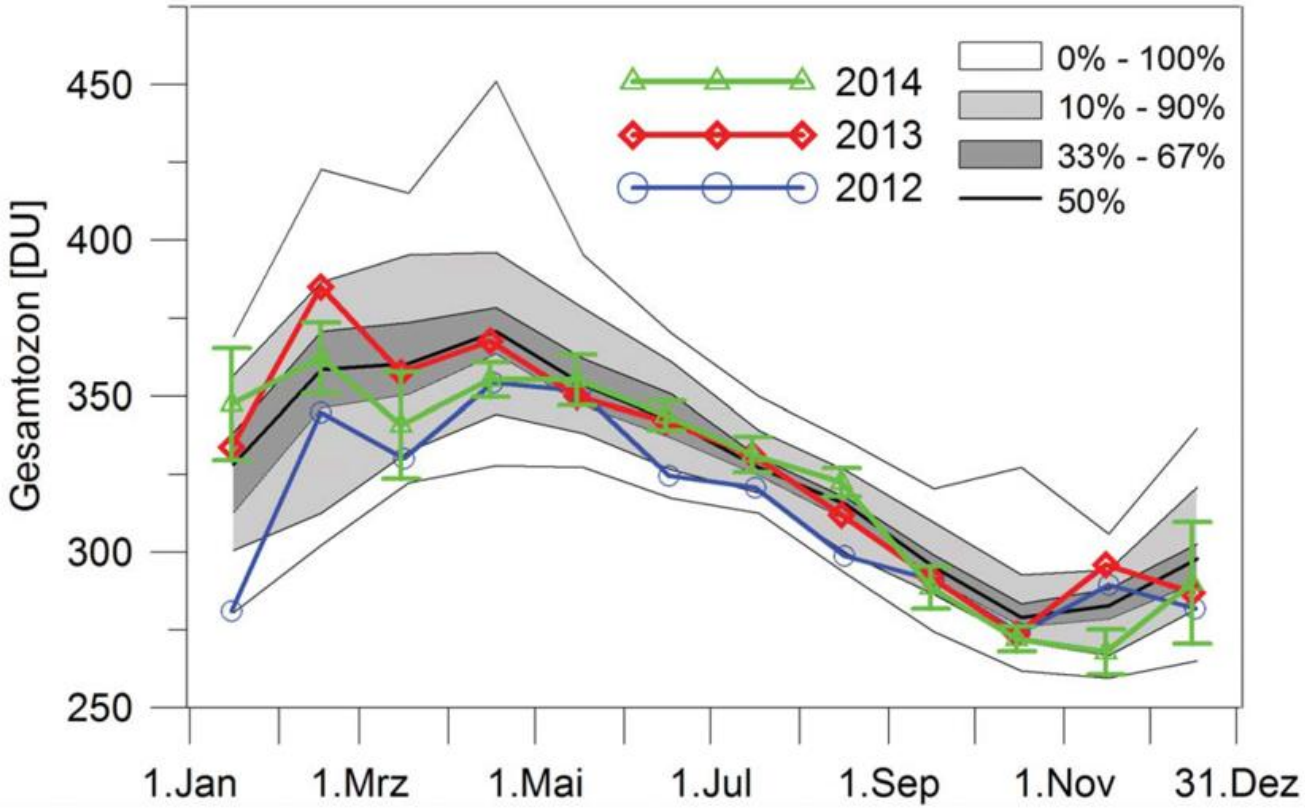


Abb. 2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2012 bis 2014. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

Abb. 2 zeigt den Jahresverlauf der Ozonsäule am Hohenpeißenberg, für 2014, sowie die beiden Vorjahre. In den Jahren 2013 und 2014 lagen die Monatsmittel der Ozonsäule von Mai bis Oktober im „normalen" Bereich, nahe am Median der langjährigen Verteilung. Im März, April und November 2014 wurden dagegen „dünnere" Ozonsäulen verzeichnet. Diese waren vor allem meteorologisch bedingt, durch ausgeprägte Hochdrucklagen mit besonders warmem und trockenem Wetter in diesen Monaten.

Die Entwicklung der Ozonwerte für verschiedene Höhen am Hohenpeißenberg ist in Abb. 3 dargestellt. 5 km Höhe stehen für die freie Troposphäre, 20 km Höhe für die untere Stratosphäre, wo die Ozondichte am höchsten ist und wo der größte Beitrag zur Ozonsäule herstammt. 40 km Höhe stehen für die obere Stratosphäre, wo photochemisch das meiste Ozon erzeugt wird und wo die Ozonschicht besonders empfindlich auf Chlor aus FCKWs, sowie auf Temperaturschwankungen reagiert.

Wie Abb. 3 zeigt, waren die Ozonwerte im Jahr 2014 in der Troposphäre und unteren Stratosphäre unauffällig. Sie lagen im Bereich der letzten Jahre. In der Troposphäre sind die Ozon-Jahresmittel in den letzten 20 Jahren mehr oder weniger gleich geblieben. In der unteren Stratosphäre bestätigt 2014 eine langsame Erholungstendenz, die auch bei der Ozon-Gesamtsäule seit Ende der 1990er Jahre zu erkennen ist (vgl. Abb. 1). In der oberen Stratosphäre wurde 2014 deutlich weniger Ozon am Hohenpeißenberg gemessen als in den Vorjahren. Der starke Aufwärtstrend seit 2004 am Hohenpeißenberg (der an anderen Stationen deutlich weniger ausgeprägt war) hat sich 2014 nicht fortgesetzt. Vor allem im November und Dezember 2014 wurden hier niedrige Werte gemessen (nicht gezeigt), bedingt durch relativ hohe Temperaturen (warme Stratosphäre, schwacher Polarwirbel) und entsprechend beschleunigte Ozonabbaureaktionen („normale" Gasphasenchemie).

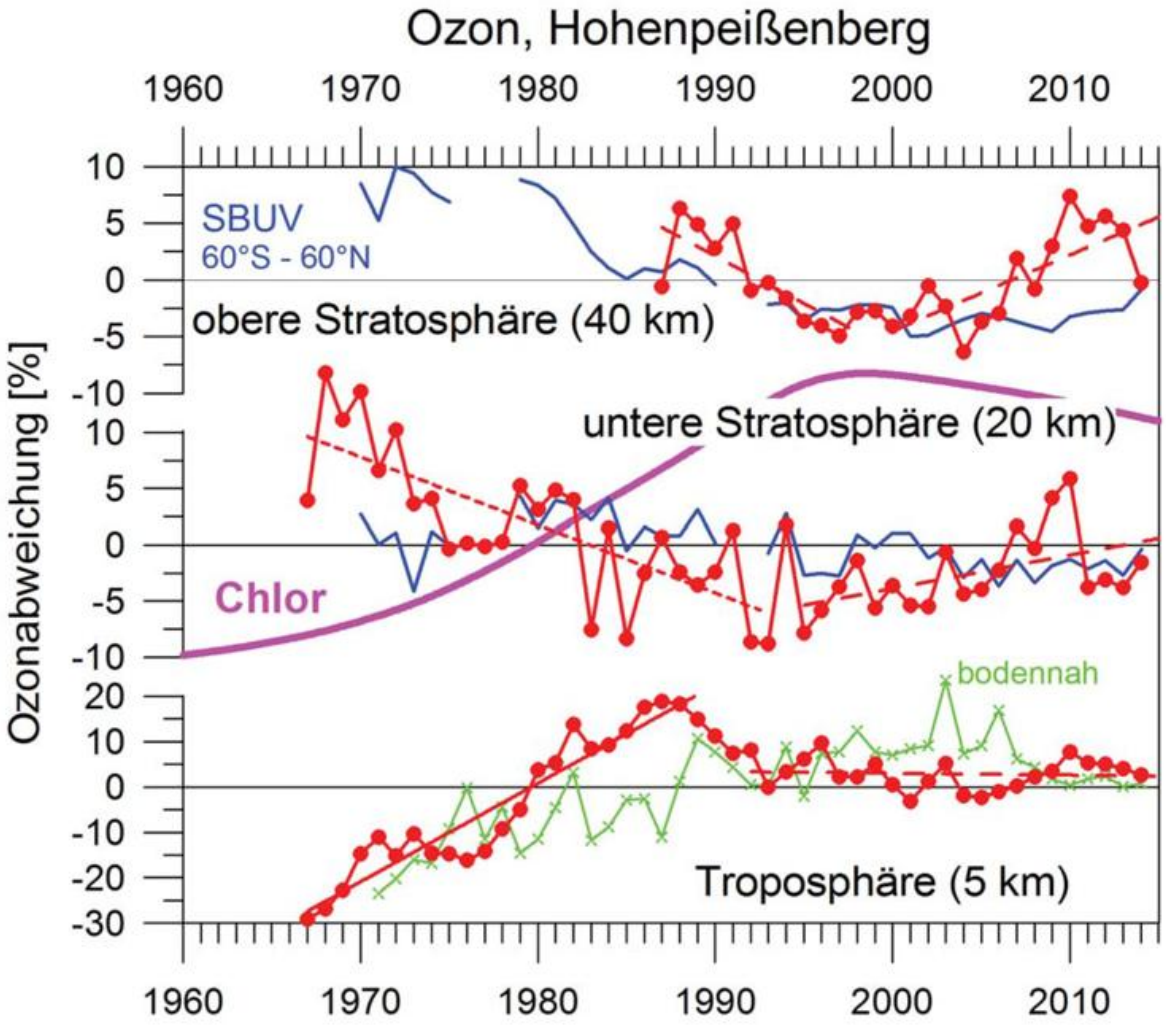


Abb. 3: Jahresmittel der Ozonwerte am Hohenpeißenberg für obere und untere Stratosphäre (40 und 20 km Höhe), sowie für die Troposphäre (5 km Höhe und bodennah). Ergebnisse der Ozonsondierungen und Lidarmessungen am Hohenpeißenberg. Zum Vergleich ist in der Stratosphäre auch die globale Entwicklung anhand von SolarBackscatterUltraViolet Satellitenmessungen (SBUV, V8.6) gezeigt, in der Troposphäre das Ergebnis der kontinuierlichen bodennahen Messung am Hohenpeißenberg.
Die rosa Kurve zeigt schematisch die Chlorbelastung der Stratosphäre an.

Fazit:

2014 war für die Ozonschicht über Mitteleuropa ein normales Jahr. Weltweit wurde dagegen 2014 das größte Jahresmittel der Gesamtozonsäule in den letzten 20 Jahren gemessen. Vieles deutet darauf hin, dass die langsame Erholung der Ozonschicht vorangeht. Trotzdem ist die Chlorbelastung der Stratosphäre derzeit noch hoch. Je nach meteorologischen Rahmenbedingen können nach wie vor Monate und Jahre mit sehr dünner Ozonschicht auftreten, wie z.B. 2011 und 2012. In den nächsten Jahren sollte sich die Erholungstendenz weiter fortsetzen, wobei fortschreitende Klimaänderung und weitere Zunahme von Spurengasen wie CO_2, CH_4 und N_2O die Entwicklung der Ozonschicht mehr und mehr beeinflussen werden.

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2014

H. Mächel

Dieser Beitrag präsentiert einen Rückblick auf das Klima in Europa und behandelt die Monate des Jahres 2014 und die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühjahr, Sommer und Herbst 2014. Der Dezember 2014 wird nur ausnahmsweise angesprochen, da er mit dem Winter 2014/2015 im Klimastatusbericht 2015 behandelt wird. Monatliche Rückblicke in englischer Sprache sind unter http://rcccm.dwd.de/ zu finden. Anomalien beziehen sich grundsätzlich auf die von der WMO definierte Normalperiode 1961-1990, sofern es nicht anders angegeben ist.

Lufttemperatur

Im **Jahresmittel** (Abb. 1) war 2014 in ganz Europa wärmer als normal, in Zentral- und Nordeuropa sogar mehr als +2 K über der Referenzperiode von 1961-1990. Nach der Auswertung der E-OBS Daten (vom Königlich-Niederländischen Meteorologischen Institut, kurz KNMI) ist 2014 das wärmste Jahr in Europa seit Beginn der Zeitreihe im Jahr 1950 mit einem Gebietsmittelwert von 11,22°C. Damit wird der frühere Höchstwert von 2007 um fast +0,17 K übertroffen (Abb. 2). Besonders markant war die positive Anomalie in der Arktis (Spitzbergen) mit mehr als +3 K. Das Jahr 2014 war auch global gesehen bisher das wärmste seit 1880 (WMO 2015, Blunden und Arndt 2015). Nur über dem östlichen Atlantik gab es negative Temperaturabweichungen.

Fast jeder Monat war überdurchschnittlich warm in Europa. Unterdurchschnittliche Temperatur verzeichneten: Skandinavien im Januar, Juni und Oktober; Zentraleuropa im Mai und August und Südeuropa nur im Juli.

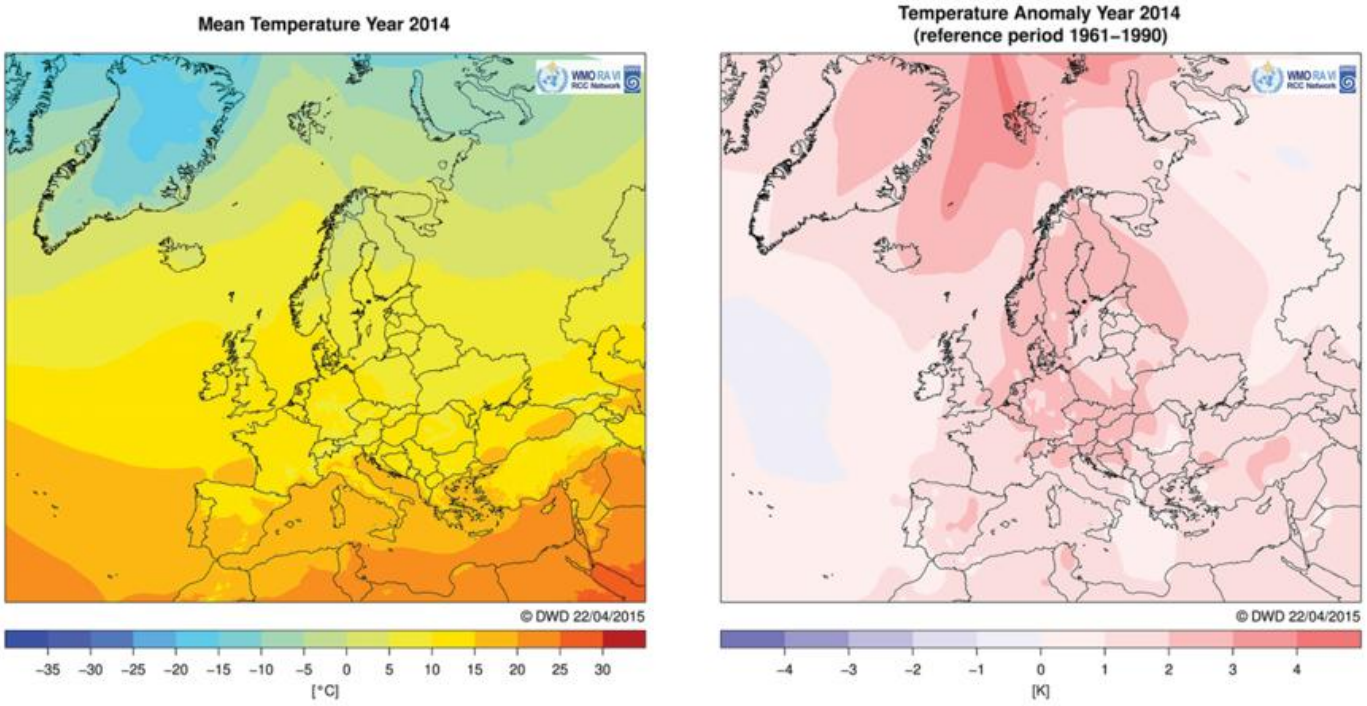


Abb. 1: Jahresmittel der Lufttemperatur (2m) in °C (links) und mittlere Anomalie der Lufttemperatur in K (rechts) zum langjährigen Mittel 1961-1990 im Jahr 2014

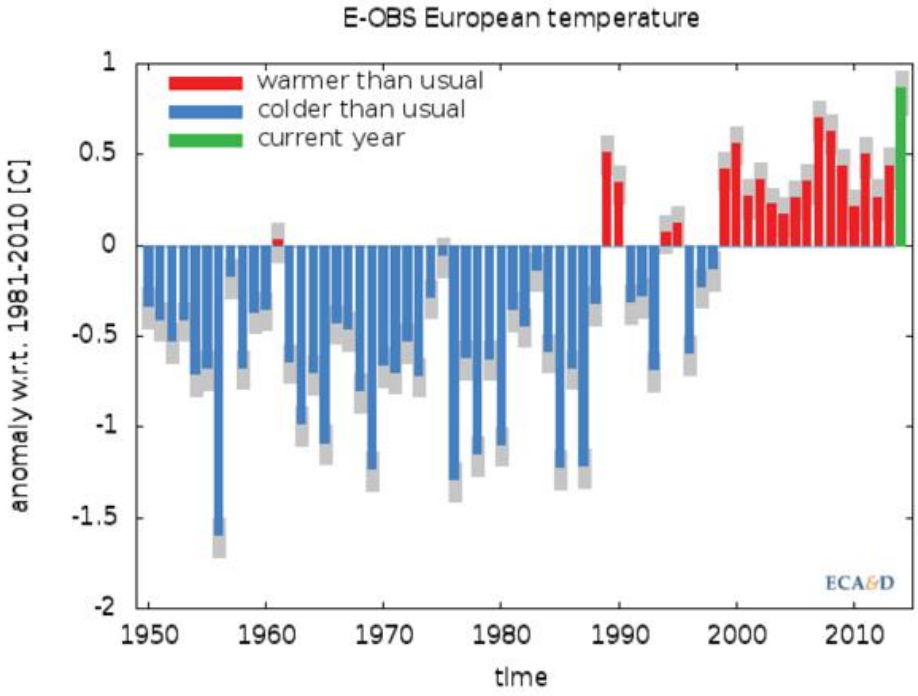


Abb. 2: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur (2m) in °C vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Landstationen im Gebiet 35°-75°N und 25°W-45°E (nach Verver et. al. 2013)

Winter 2013/2014

Der **Winter 2013/2014** (Abb. 3, oben) war über Europa wärmer als normal. Kälter als normal war ein Gebiet im westlichen Nordatlantik, eine kleine Region im Osten der Türkei und im Iran sowie ein Teil Nordrusslands (bereits außerhalb RA VI). Die positiven Anomalien waren außergewöhnlich hoch mit über +4 K in Skandinavien. In einigen Ländern wie Frankreich, Österreich, der Slowakei und den Niederlande war dies, den Länderberichten zufolge, der zweitwärmste Winter.

Der **Dezember 2013** war in vielen Teilen Europas wärmer als normal. Nur in der Türkei und im Nahen Osten blieben die Temperaturanomalien mit weniger als -4 K teilweise unter dem Normalen. Die höchsten positiven Anomalien von mehr als +4 K traten über der Arktis und Nordosteuropa auf. In Norwegen belegte der Dezember 2013 für das ganze Land mit einer Anomalie von +4,2 K (lokal +6 - +8 K) den 8. Platz seit 1900. In Dänemark wurde der zweitwärmste seit 1874 und in den Niederlanden der sechstwärmste seit 1901 beobachtet. Großbritannien verzeichnete den wärmsten Dezember seit 1988.

Im **Januar 2014** war es nahezu in ganz Europa wärmer als normal mit Ausnahme der südöstlichen Ostsee, der Baltischen Staaten und Teilen Nordskandinaviens. Am bemerkenswertesten war die positive Anomalie von mehr als +4 K, über der Norwegischen See und dem Arktischen Ozean sowie auf dem Balkan. Im Osten Islands war dies der zweitwärmste Januar seit Messbeginn im Jahre 1873, in Frankreich sogar der wärmste Januar seit 1900 zusammen mit den Jahren 1988 und 1936. In den Niederlanden kam der Januar 2014 auf Platz 10 der wärmsten Januare seit 1901. In Portugal war dies der drittwärmste Januar seit 1931 zusammen mit den Jahren 1955 und 1966 und auch der drittwärmste Januar seit 1961 in Spanien.

In Österreich war es der fünftwärmste Januar seit 1768 und in der Schweiz belegte der Januar 2014 Platz 9 der wärmsten Januare seit 1864. Die tiefer gelegenen Regionen der Schweiz nördlich der Alpen hatten keinen einzigen Eistag (Höchsttemperatur unter 0°C), was eher selten ist.

Der **Februar 2014** zeichnete sich in ganz Europa durch überdurchschnittliche Temperaturen aus. Die positiven Anomalien von über +4 K reichten vom Polarmeer über Skandinavien bis zum Balkan und Teile der Osttürkei. Mehrere Polarstationen meldeten neue Rekorde der Durchschnittstemperatur im Februar. Die positiven Anomalien reichten von +4,9 K (Jan Mayen) bis +14,5 K (Svalbard Lufthavn). Für Jan Mayen war das der drittwärmste Februar (der wärmste war Februar 1929). In der Norwegischen See registrierte die Station Ekofisk den drittwärmsten Februar seit 1980. Für ganz Norwegen führten die positiven Anomalien von +6 K zum zweitwärmsten Februar seit 1900. In der Region Finnmark und Teile Ostnorwegens erreichten die positiven Anomalien sogar Werte von +8 bis +11 K.

Land	nationaler Rang	Anomalie	Beginn der Messungen
Norwegen	2	+6 K	1900
Weißrussland		+4 - +6 K	
Dänemark	6		1874
Deutschland	6	+3,9 K (bzgl. 1961-1990)	1881
Lettland	8	+5,3 K (bzgl. 1961-1990)	1924
Niederlande	4	+3,2 K	1901 (Station De Bilt)
Österreich	9	+3,6 K (bzgl. 1961-1990)	1768

Tab. 1: Temperaturanomalien im Februar 2014 und deren nationale Rangfolge für einige europäische Länder

Frühjahr 2014

Das **Frühjahr 2014** (Abb. 3, Mitte oben) war insgesamt wärmer als normal. In mehreren Ländern belegte dieses Frühjahr die vordersten Plätzen der Rangskala: In den Niederlanden war es das zweitwärmste Frühjahr seit 1706, das wärmste seit 1900 in Norwegen, das siebtwärmste seit 1767 in Österreich, das zehntwärmste seit 1864 in der Schweiz und das drittwärmste Frühjahr in Großbritannien (seit 1910), Deutschland (seit 1881), Belgien (seit 1837) und Polen (seit 1951). In Portugal lag es auf Platz 9 (seit 1931). In ihren saisonalen Bulletins berichteten Polen und die Schweiz über das ungewöhnlich frühe einsetzen der phänologischen Phasen im Frühjahr 2014.

In Europa war der **März 2014** nach dem Februar wieder viel wärmer als normal. Die mittleren monatlichen Anomalien überschritten +4 K in der Arktis, der Norwegischen See, in Nord- und Osteuropa. In Teilen Schwedens war dies der wärmste März seit 1859. Mehrere Stationen registrierten neue März-Rekorde der Maximaltemperaturen. Es war der drittwärmste März seit 1900 in Norwegen und auch an der Station Ekofisk in der Norwegischen See. Die hier beobachtete Wassertemperatur gehörte zusammen mit dem März 1990 zu den höchsten seit Beginn der Messungen im Jahr 1980. Es war der viertwärmste März seit 1864 in Dänemark, in Deutschland der drittwärmste zusammen mit dem Wert vom März 2002 seit 1881 und der drittwärmste in den Niederlanden nach 1990 und 1991 (seit 1901). In Österreich war es der zweitwärmste seit 247 Jahren und ebenfalls in Weißrussland seit mehr als 100 Jahren. Geringere Anomalien traten an der Atlantikküste und in Südeuropa auf.

Der **April 2014** zeichnete sich durch positive Anomalien in fast ganz Europa aus, die jedoch nicht so hoch wie im März 2014 waren. Es war der siebtwärmste April seit 1900 in Norwegen (Station Utvira fyr hat den wärmsten April seit 1868 gemessen) und der viertwärmste in Dänemark (seit 1883), den Niederlanden (seit 1901), Deutschland (seit 1881), Belgien (seit 1960) und Portugal (seit 1961). In Frankreich belegte der April 2014 den 5. Platz (seit 1900) und in Österreich den 10. Platz in der 247 Jahre langen Temperaturreihe.

Der **Mai 2014** war nur von geringen Temperaturabweichungen geprägt. Wärmer als normal zeigten sich vor allem die Arktis und die Nordseeregion, einschließlich der Britischen Inseln, Dänemark und Osteuropa. Die höchsten positiven Anomalien von mehr als +3 K wurden im europäischen Teil Russlands erreicht. In Mittel- und Südeuropa sowie in Schweden schwankten die Anomalien um den Normalwert. Obwohl sich die Monatsmitteltemperaturen in Mittel- und Westeuropa nur wenig vom vieljährigen Mittel unterschieden, gab es weit mehr warme Tage als normal.

Sommer 2014

In den meisten europäischen Ländern war der **Sommer 2014** (Abb. 3, Mitte unten) wärmer als normal. Höhere positive Anomalien von +2 bis +3 K traten nördlich von Island, von Norwegen bis nach Dänemark und im Gebiet östlich des Schwarzen Meeres auf. Für Norwegen als gesamtes Land lagen die Temperaturanomalien +1,9 K über dem Normalwert aber in einigen Landesteilen erreichten sie sogar Werte von +3 bis +4 K.

West- und Südeuropa zeigten im **Juni 2014** überdurchschnittliche Anomalien. Die höchsten positiven Anomalien von +2 K bis +3 K traten in Südfrankreich, Nordwestspanien, Südwestdeutschland, in der Schweiz, Nordostitalien und teilweise im westlichen Mittelmeer auf. Ähnliche Anomalien wurden auch im nördlichen Nordatlantik einschließlich Island beobachtet. Dagegen war es in Skandinavien und in den baltischen Staaten um -1 bis -2 K kälter als normal.

Der **Juli 2014** war in Nord-, Mittel- und Südosteuropa wärmer als normal und in Nordosteuropa mit bis zu -4 K kälter als normal. Etwas kühler oder fast normal war es in Südeuropa. Die höchsten positiven Anomalien von mehr als +4 K wurden in Skandinavien registriert. Im Norden Islands war dies der zweitwärmste Juli seit 1984 und der drittwärmste im Süden der Insel seit 1972. In Norwegen war es der wärmste Juli seit 1900 mit einer positiven Abweichung von +4,3 K. Dänemark verzeichnete den

zweitwärmsten Juli seit 1874.
Im August 2014 wurden positive Anomalien in Nord-, Ost- und Südeuropa beobachtet, kälter als normal oder normal war es in Mitteleuropa. Die höchsten positiven Anomalien von mehr als +4 K waren rund um das Kaspische Meer zu finden.

Herbst 2014
Der **Herbst 2014** (Abb. 3, unten) zeigte sich zweigeteilt, im Westen wurden überdurchschnittliche Temperaturanomalien beobachtet. In Russland war es dagegen kühler als normal.
Der **September 2014** brachte für ganz Europa wieder positive Temperaturanomalien. Die höchsten positiven Werte von mehr als +3 K wurden auf Island und in Teilen Nordafrikas registriert. In Irland am Valentia Observatorium und auf dem Flughafen von Cork lag die Temperatur +1,7 K bzw. +1,6 K über dem vieljährigen Durchschnitt und damit verzeichneten Valentia (seit 1991) und der Flughafen von Cork seit dem er eröffnet wurde (1962) den wärmsten September.
Der **Oktober 2014** präsentierte sich in West- und Südeuropa mit überdurchschnittlichen Temperaturen. Die höchsten positiven Anomalien von mehr als +3 K wurden in Spanien, in der Schweiz, in Deutschland und Dänemark registriert. In Norwegen war es der wärmste Oktober seit 10 Jahren. Die monatliche Durchschnittstemperatur in Dänemark betrug 12,1°C damit war dies der zweitwärmste Oktober seit Beginn der Messungen im Jahre 1874. Dieser Wert lag nur 0,1 K unter dem wärmsten Oktober im Jahre 2006, der 12,2°C betrug. In Deutschland war der Oktober des Jahres 2014 mit einer Anomalie von +2,1 K auch der drittwärmste seit Beginn der flächendeckenden Messungen.
Auch im **November 2014** zeigte der größte Teil Europas positive Temperaturanomalien. Die höchsten positiven Werte von mehr als +4 K wurden in Norditalien, Österreich und auf Island ermittelt. Negative Anomalien wurden in Osteuropa mit Werten unter -4 K aufgezeichnet. Österreich verzeichnete für November 2014 eine landesweite Monatsmitteltemperaturanomalie von +3,6 K über dem Durchschnitt der Periode 1981-2010. Dies war der wärmste November in der 248-jährigen Geschichte der Temperaturmessungen Österreichs. Der alte Rekord für November mit +3,4 K existierte seit 1926.
Mehrere Stationen der Schweiz beobachteten auch Allzeitrekorde der Temperatur. Die Monatsmitteltemperatur in Reykjavík, Island, betrug 5,5°C und war damit +4,3 K wärmer als der Durchschnitt der Periode 1961-1990 bzw. lag +3,2 K über dem Durchschnitt der letzten 10 Jahre und erreichte den 2. Rang der wärmsten November seit Beginn der Messungen. In Akureyri lag die gemittelte Monatstemperatur bei +3,4°C und überschritt damit das vieljährige Mittel (1961-1990) um +3,7 K.

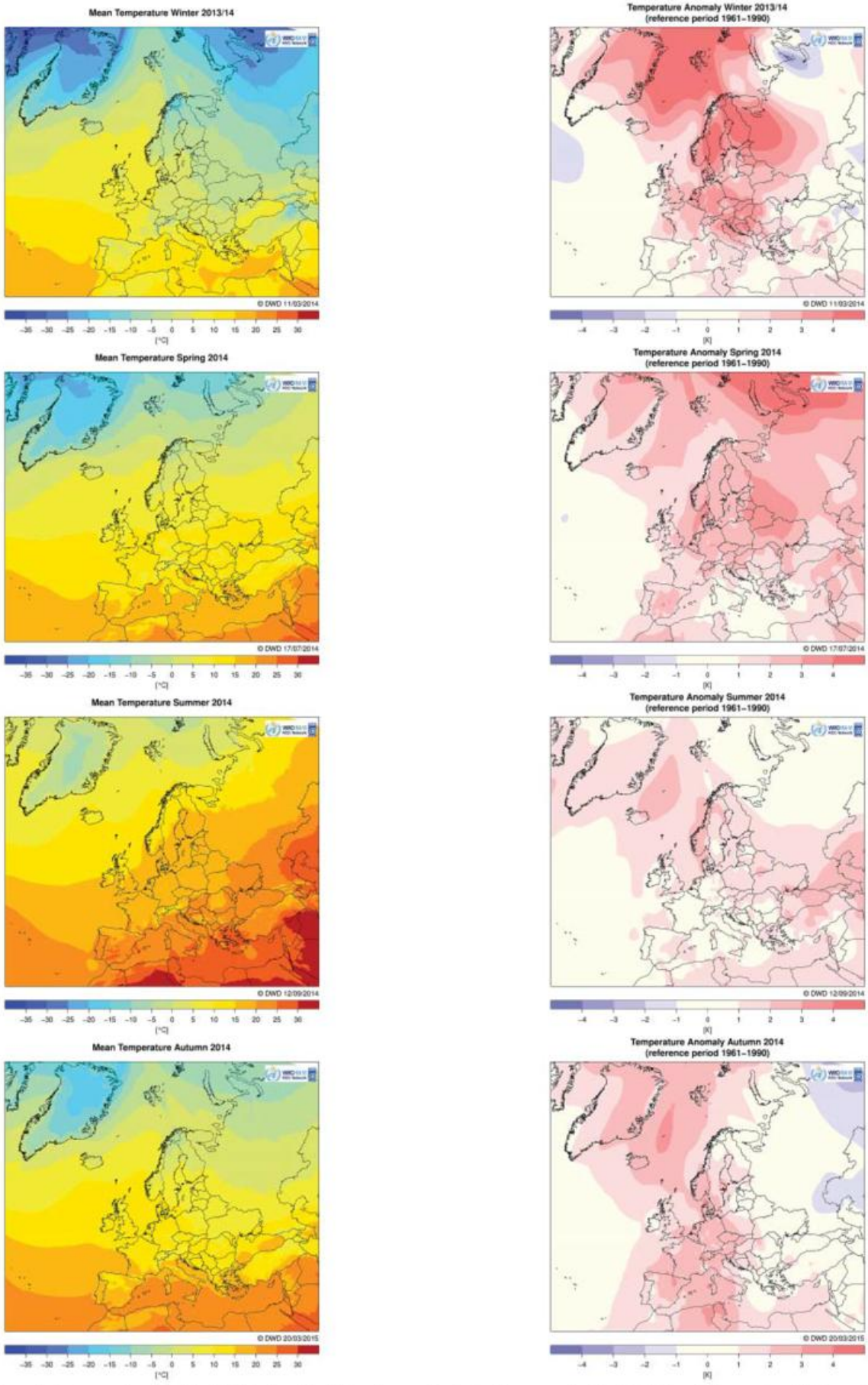


Abb. 3: Mittlere Lufttemperatur (2m) in °C (links) und mittlere Anomalie der Lufttemperatur (2m) in K (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

Niederschlag

Die Niederschlagskarten dieses Beitrags beruhen auf dem „GPCC Monitoring Product" (Becker et al., 2013) des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN, engl. Global Precipitation Climatology Centre, GPCC) http://gpcc.dwd.de.

Für Europa zeigen die Analysen des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie für das **Jahr 2014** überwiegend geringe Abweichungen des Niederschlags von den vieljährigen Mittelwerten des Zeitraums 1951–2000. In der Anomalie-Karte (Abb. 4) fällt insbesondere der Niederschlagsüberschuss im östlichen Mittelmeerraum und dem Balkan auf. Ein geringes Niederschlagsdefizit findet man in Osteuropa, von Nordskandinavien bis zu den Baltischen Staaten, dem Nahen Osten und in Ostspanien.

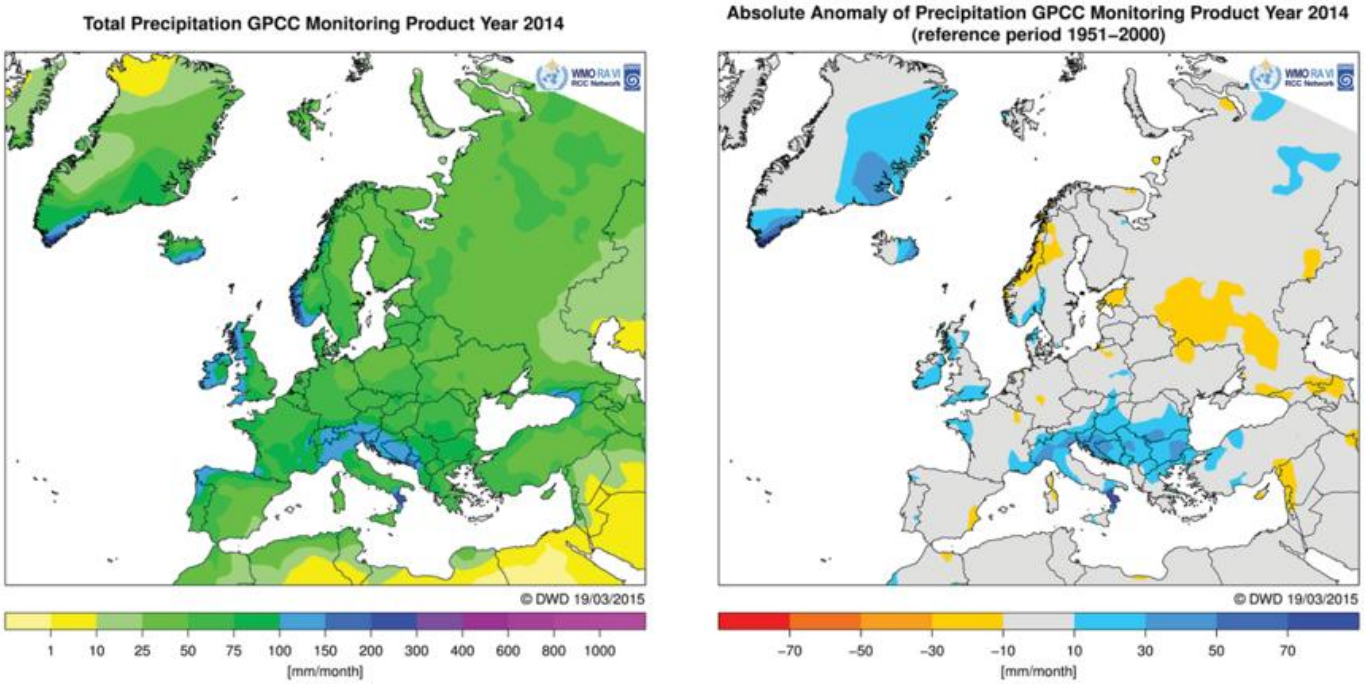


Abb. 4: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links) und Niederschlagsanomalie (rechts) vom langjährigen Mittel 1951-2000 im Jahr 2014

Winter 2013/2014

Der **Winter 2013/2014** (Abb. 5, oben) war in Westeuropa feuchter in Zentral- und Osteuropa dagegen trockener als normal. In Irland, England, Südnorwegen und Teilen Südschwedens betrug der Niederschlagsüberschuss mehr als +70mm/Monat bzw. mehr als +70 % über der normalen Menge. Auch die südliche Alpenregion und Teile der Adriaküste verzeichneten einen Niederschlagsüberschuss von +70 % lokal sogar über +150 %. Das Gebiet mit Niederschlagsdefizit reichte von Deutschland über den Balkan und die Ukraine, bis nach Russland und die Kaukasusregion. Am stärksten von der Trockenheit waren die Türkei und der Nahe Osten betroffen wo lokal weniger als 40 % der normalen Niederschlagsmenge fiel. Israel berichtete, dass von Mitte Dezember 2013 bis Ende Februar 2014 die trockenste Zeit seit mehr als 70 Jahren war.

Auf den Britischen Inseln, in Skandinavien, Nord- und Westrussland sowie im Nahen Osten war der **Dezember 2013** feuchter als normal. In einigen Gebieten waren die Niederschlagshöhen und die prozentuale Niederschlagsabweichung mit über 300 mm bzw. über 167 % bemerkenswert. In Schottland war dies der feuchteste Dezember seit 1910, in Dänemark (seit 1874) und Norwegen (seit 1900; nach 1975) der zweitfeuchteste Dezember. In Mitteleuropa und Südosteuropa fiel der Dezember dagegen trockener als normal aus. Auf dem Balkan und im Nahen Osten blieben die Monatssummen teilweise unter 10 mm. In Verbindung mit den relativ warmen Temperaturen gab es wenig Schnee.

Überdurchschnittlich viel Niederschlag fiel im **Januar 2014** in Westeuropa einschließlich des westlichen Mittelmeerraumes und der Adria aber auch im östlichen Mitteleuropa, Ostbalkan und Südrussland. Die heftigen Regenfälle an der Atlantikküste, in Südfrankreich, im südlichen Alpenraum und an der Adriaküste führten zu Überschwemmungen. Trockener als normal war es in den meisten Teilen Nordeuropas, in Mitteleuropa und auf dem nördlichen Balkan sowie in der Türkei und im östlichen Mittelmeer. Insgesamt erhielt Großbritannien 151 % der durchschnittlichen Niederschlagsmenge (drittfeuchteste Januar seit 1910). In Südengland wurden sogar weit über 200 % und lokal etwas mehr als das Dreifache des Durchschnitts erreicht. In Frankreich rangierte der Januar 2014 unter den 10 nassesten seit 1959. In Teilen von Öster-

reich (Osttirol, Oberkärnten) war es der feuchteste Januar seit 1917, während die östlichsten Landesteile trockener als normal waren.
Feuchter als normal war der **Februar 2014** in West- und Südeuropa, in Schweden, in Südskandinavien und Nordrusslands. Ebenso wie der Januar war auch der Februar im südlichen Alpenraum und in der nördlichen Adriaregion, vor allem in Slowenien, feuchter als normal. In Lugano (Schweiz) wurde die zweithöchste Monatssumme seit 1864 registriert. An der Station San Bernardino war es vermutlich der höchste Februarwert seit 1901. Die Bretagne im Nordwesten Frankreichs verzeichnete seinen feuchtesten Februar seit 1959 mit 200-300 % des vieljährigen Mittels. Für ganz Frankreich war es der viertnasseste Februar seit 1959. Auch in Großbritannien war dies der viertnasseste Februar mit 184 % (Referenzperiode 1981-2010). Das Valentia Observatory in Irland notierte den feuchtesten Februar seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1866 (148 Jahre) mit 292,4 mm bzw. 236 % des vieljährigen Durchschnittswertes. Im Süden Norwegens wurden mehr als 300 % des normalen Februarniederschlags verzeichnet und an einzelnen Stationen sogar die 400 % übertroffen. Aus Slowenien wurden Anfang Februar 2014 4-Tagessummen zwischen 130 mm und 400 mm gemeldet. Trockener als normal war es im östlichen Mitteleuropa und Osteuropa sowie im Nahen Osten. In Teilen des östlichen Mitteleuropas, nördlich des Schwarzen Meeres, im Nahen Osten und in Teilen der Levante lagen die Monatssummen unter 10 mm, teilweise sogar unter 1 mm. Trockener waren auch die meisten Teile Norwegens außer Südnorwegen. Aufgrund höherer Temperaturen gab es wenig Schnee. Ausnahmen waren die Alpen und Ostrumänien.

Frühjahr 2014
Das **Frühjahr 2014** (Abb. 5, Mitte oben) zeichnete sich durch einen Niederschlagsüberschuss insbesondere auf dem Balkan aus, der sich vor allem im April und Mai ergab und dort zu Überschwemmungen führte. Im Südwesten und Osten Europas herrschte dagegen ein Niederschlagsdefizit stellenweise von unter 40 %.
Der **März 2014** war sehr trocken in West- und Mitteleuropa, im größten Teil der Iberischen Halbinsel, im nördlichen Balkan, in Osteuropa und Westrussland. In Frankreich, den Niederlanden und Deutschland lag der Niederschlag unter 40 % der Normalmenge; in Deutschland und Frankreich teilweise sogar unter 20 %. Der März 2014 war in Frankreich zwar nicht so trocken wie im Jahr 2012, aber das Elsass meldete den trockensten März seit 1959. In Deutschland war es der fünfttrockenste März seit 1881. Da Nordspanien feuchter als normal war, ergab sich im Landesdurchschnitt eine fast normale Situation. Die norwegische Küstenregion, Polen und der östliche Balkan, Südrussland und der Nahe Osten waren feuchter als normal. Für Norwegen stellte sich der März 2014 als der siebtfeuchteste seit 1900 heraus.
Der **April 2014** war nur auf dem Balkan, in Süditalien, in Skandinavien an der Atlantikküste und im östlichen Teil des europäischen Russlands feuchter als normal. Unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen erhielten vor allem Mitteleuropa, Zentralschweden, Südfinnland, die baltischen Staaten, Westrussland, Weißrussland, die östliche Mittelmeerregion und der Nahen Osten. Zum Beispiel verzeichnete die Station Retz in Österreich die niedrigste Niederschlagssumme für den Zeitraum von Oktober 2013 bis April 2014 seit 1895. In anderen Ländern war die Niederschlagsmenge fast normal. Der April 2014 brachte teilweise heftige Gewitter mit starken bis sehr starken Niederschlägen (teilweise als Schnee) in der Mittelmeerregion einschließlich der Iberischen Halbinsel und des Balkan. Der Niederschlagsüberschuss auf dem Balkan entsprach Summen über dem 80. Perzentil bezogen auf die Referenzperiode 1981-2010.
Der **Mai 2014** war in West-, Mittel- und Nordeuropa, sowie auf dem Balkan, in der Westtürkei und im Nahen Osten feuchter als normal. Der Niederschlagsüberschuss im Südosten sowie im Nordwesten Europas überstieg den 80. Perzentilewert der Referenzperiode 1981-2010. Starke Niederschläge führten auf dem Balkan zu schweren Überschwemmungen. Trockener als normal waren Westskandinavien, die Iberische Halbinsel, Südfrankreich, Norditalien, Griechenland und Teile Westrusslands.

Sommer 2014
Der **Sommer 2014** (Abb. 5, Mitte unten) war in Süd- und Mitteleuropa mit Ausnahme der Iberischen Halbinsel feuchter als normal. Die höchsten positiven Anomalien traten auf dem Balkan und im nord-westlichen Teil der Türkei auf. In Kroatien belief sich der Niederschlagsüberschuss auf mehr als +70 mm/Monat und die relativen Abweichungen lagen im Bereich von 100-300 % des mehrjährigen Sommermittels.
In Zentral-, West-, Südwest- und Mittel-Osteuropa war der **Juni 2014** trockener als normal. In Deutschland lag dieser Juni auf dem 14. Platz der trockensten Monate seit 1881. In Süddeutschland wurde die Trockenheit als schwerwiegend eingestuft. Weitaus mehr Niederschlag als normal fiel im Westen der Türkei und auf dem Balkan aber auch im europäischen Russland und in den baltischen Staaten. Mitte Juni 2014 führte ein Tief im Mittelmeer zu sehr starken bis zu extrem starken Niederschlägen in der Balkanregion und in dem zentralen und östlichen Mittelmeerraum. Viele Stationen registrierten 50 mm oder mehr in der Zeit vom 14. bis 19. Juni. Einige Stationen verzeichneten mehr als 100 mm in diesem Zeitraum. In Varna (Bulgarien) wurden 178 mm gemessen, d.h. beinahe das 5-fache der mittleren monatlichen Niederschlagssumme für diese Station. Demzufolge kam es zu einer Überschwemmung am 19. Juni mit mindestens 5 Todesopfern.
Die Niederschlagsverteilung im **Juli 2014** war fast das genaue Gegenteil vom Juni mit überdurchschnittlich viel Regen in West- und Südeuropa. Ursache dafür waren viele Starkniederschlagsereignisse in Verbindung mit konvektiver Aktivität. Mehr Niederschlag als normal

verzeichnete auch der östliche Teil des europäischen Russlands. Trockener als normal war es in einem Band von den Britischen Inseln bis nach Nord- und Osteuropa. In Deutschland lag der Juli 2014 auf dem 10. Platz seit 1881.

Der **August 2014** war in Mitteleuropa feuchter als normal, in Südeuropa und Teilen des Nahen Ostens sowie im südlichen Teil Russland und in der Ukraine trockener als normal. Der Hitzerekord im Baltikum am 04.08.2014 wurde durch nächtliche Unwetter und Gewitterstürme in Litauen und Polen beendet, bei denen viele Keller voll Wasser liefen und viele Haushalte ohne Strom blieben. Am 8. August überquerte eine Gewitterfront Frankreich mit starken Windböen und Starkniederschlägen, die Bäume entwurzelten und Stromleitungen zerstörten.

Herbst 2014

Im **Herbst 2014** (Abb. 5, unten) zeichnete sich das Niederschlagsverteilungsmuster durch eine Zweiteilung aus: Unterdurchschnittliche Niederschläge im Westen, Norden, Osten und in der Mitte Europas, Niederschlagsüberschuss in Südeuropa.

Der **September 2014** war in West-, Nord- und Osteuropa trockener als normal. In Großbritannien war es der zweittrockenste September seit dem Jahr 1910 nur der September 1959 war trockener. In Portugal registrierten mehrere Stationen 100-160 mm Regen, was mehr als 300% des vieljährigen Mittels ausmachte. Von Mitteleuropa (Tschechien) über den Balkan bis zur Türkei erstreckte sich ein Band mit hohen monatlichen Niederschlägen von teilweise mehr als 300 mm und in Italien mit sogar 479,3 mm an der Station Monte S. Angelo. Die relativen Niederschlagsanomalien erreichten Werte von 400 % des Normalwertes in dieser Region. In Montenegro beliefen sich die monatlichen Niederschlagssummen auf 137-503 mm oder 168 % bis 455 %.

Der **Oktober 2014** war im östlichen Spanien, in Südfrankreich und Italien trockener als normal. Auch im nördlichen Skandinavien und Russland sowie in einem Gebiet von Polen, Weißrussland über die Ukraine und Russland bis nach Kasachstan wurden geringere Niederschlagsmengen beobachtet. Einige norwegische Stationen meldeten dagegen mehr als 250 % des normalen Niederschlags was zu vielen Überschwemmungen führte. Teile des Balkans und der Türkei registrierten übernormale Niederschläge, stellenweise mehr als 200 %. Auch in Süditalien gab es starke Niederschläge an einigen Stationen so z.B. an der Station Termoli wurden dabei gleich zwei Rekorde gebrochen, das tägliche Niederschlagsmaximum stieg von 65,1 auf 91,6 mm und das monatliche von 130,8 auf 168,8 mm.

Die Anomalien im **November 2014** zeigten negative Werte in Mittel- und Osteuropa. Überdurchschnittlich hohe Niederschläge wurden in Portugal, Spanien, Südfrankreich, der Schweiz, Südösterreich und Norditalien beobachtet. Der Überschuss belief sich in Österreich auf bis zu +254 % an der Station Kötschach-Mauthen. Die in der Schweiz beobachtete Niederschlagssumme erreichte an der Station Lugano 587 mm oder 462 %. Viele weitere Stationen meldeten auch Starkniederschläge mit nachfolgenden Überschwemmungen am Lago Maggiore und Lago di Lugano. In Südfrankreich wurden fünf Episoden von Starkniederschlägen mit bis zu 500 mm registriert. Viele monatliche Rekorde wurden dabei gebrochen so z.B. an der Station Oletta mit 318 mm, Lanas mit 387 mm, Nizza mit 563 mm und Bormes-les-Mimosas mit 575 mm.

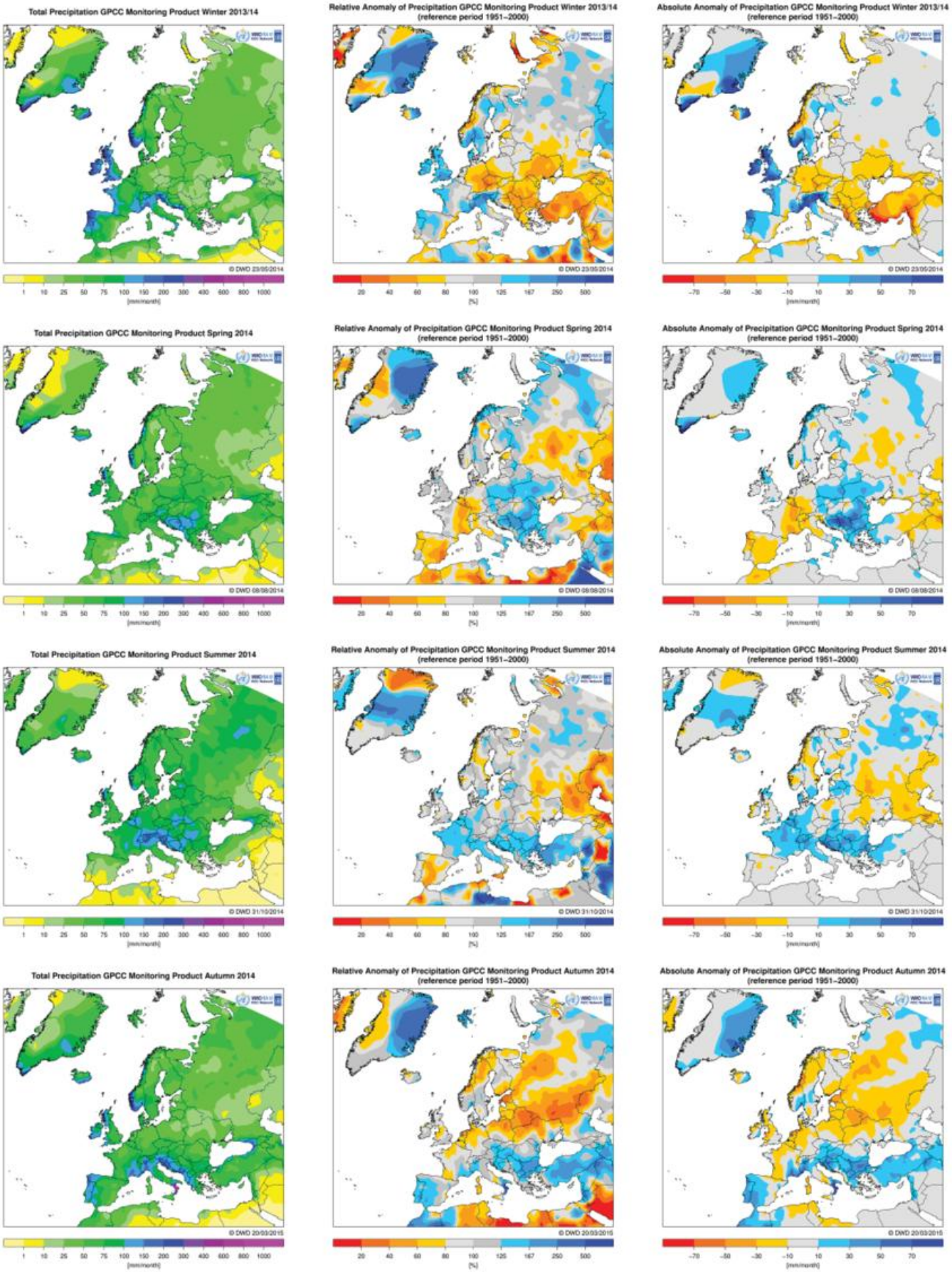


Abb.5: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links), relative Abweichung in % (Mitte) und absolute Abweichung in mm/Monat (rechts) vom langjährigen Mittel 1951–2000 für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014, Herbst 2014
Die hohen Abweichungen über Grönland sind Datenfehler.

Luftdruck und Zirkulation

Die Luftdruckverteilung über Europa wird vor allem vom Islandtief und Azorenhoch bestimmt. Im Jahre 2014 (Abb. 6) war das Azorenhoch normal ausgeprägt und das Islandtief etwas intensiver mit Anomalien von -6 bis -2 hPa, die von Grönland über Island bis zur Biskaya reichten. Übers Jahr hinweg etablierte sich über Finnland, dem Baltikum und Nordwestrussland eine positive Druckanomalie von +2 bis +6 hPa.

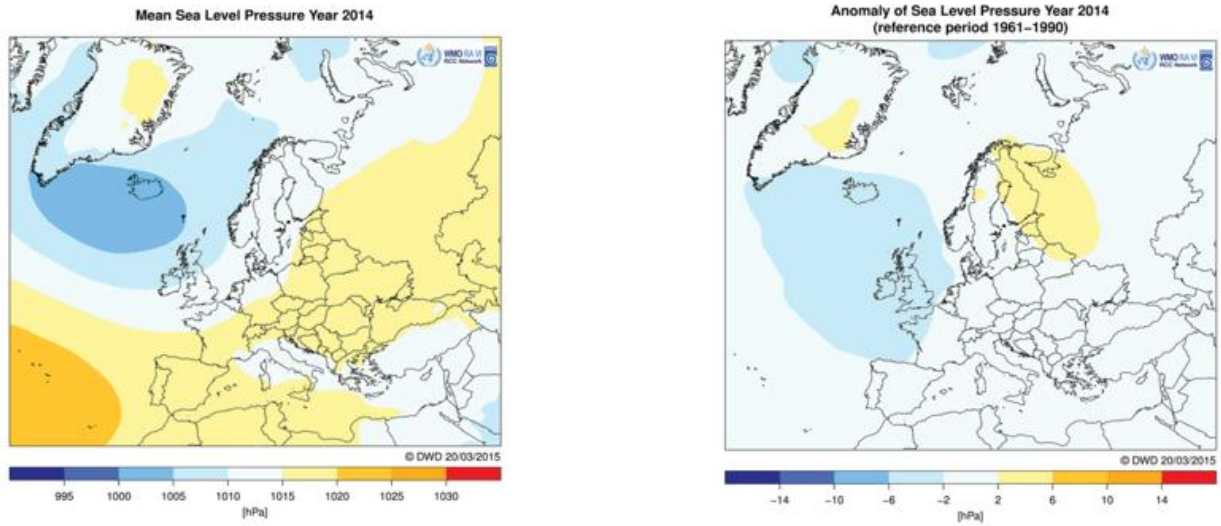


Abb. 6: Bodendruck in hPa: Jahresmittel (links) und -anomalie (rechts, zum Bezugszeitraum 1961-1990) für das Jahr 2014

Jahr	Monat	NOA	EA	EA/WR	SCA	POL	AO
2013	12	0,79	1,20	-0,36	-0,73	-0,83	1,475
2014	1	-0,17	1,37	-1,32	1,75	-0,79	-0,969
2014	2	1,07	2,23	-1,93	1,10	-1,86	0,044
2014	3	0,44	0,92	-0,11	-0,47	0,04	1,206
2014	4	0,19	0,52	1,23	-0,66	1,02	0,972
2014	5	-0,80	0,38	-1,45	-0,49	0,98	0,464
2014	6	-0,67	-1,03	0,03	0,19	-0,01	-0,507
2014	7	0,21	0,58	-0,31	1,56	-0,93	-0,489
2014	8	-2,28	0,75	-1,69	-0,59	1,57	-0,372
2014	9	1,72	0,20	0,47	1,14	1,10	0,102
2014	10	-0,87	1,02	-0,37	1,11	-1,03	-1,134
2014	11	0,58	0,43	1,28	1,77	1,75	-0,530
2014	12	1,63	-0,59	-0,44	-0,40	-0,93	0,413

Tab. 2: Jahresgänge der für Europa relevanten standardisierten Zirkulationsindizes der Nordhemisphäre von Januar bis Dezember 2014

Anmerkung: Alle Werte sind bezüglich des Zeitraums 1981-2010 standardisiert. (Nordatlantik Oszillation (NOA), Ostatlantik Muster (EA), Ostatlantik/Westrussland Muster (EA/WR), Skandinavien Muster (SCA), Polar/Eurasien Muster (POL), Arktische Oszillation (AO); nach Daten des NOAA Climate Prediction Center, weitere Erklärungen sind bei http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml und http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ zu finden).

Winter 2013/2014

Im Mittel des **Winters 2013/2014** (Abb. 7, oben) zeigte das Islandtief einen Bodendruck von weniger als 995 hPa und lag südlich von Island. Das Gebiet negativer Luftdruckanomalien erstreckte sich über den gesamten Nordatlantik von der Ostküste Nordamerikas bis an die Westküste Europas und vom Nordmeer bis nach Nordspanien. Die negativen Anomalien unterschritten den Wert von -14 hPa. Das Azorenhoch war nach Südwesten verschoben, so dass die Azoren außerhalb des Hochdruckzentrums (mit mehr als 1025 hPa) lagen. Das Azorenhoch und das asiatische Hoch waren über den größten Teil des europäischen Kontinents und des Mittelmeerraumes miteinander verbunden. Die positiven Anomalien bewegten sich im Bereich von +2 bis +6 hPa in der Azoren-Region, in Südosteuropa und im Nahen Osten sowie in der russischen Arktis. Das Jahreszeitenmittel des Nordatlantischen Oszillations-Indexes (NAO) und der Arktischen Oszillation (AO) waren 0,55 und 0,176. Die Verschiebung beider Zentren nach Süden ist der Grund, dass die Indizes relativ klein sind.

Der **Dezember 2013** wurde durch ein Tiefdruckgebiet über Island mit Werten unter 995 hPa geprägt das von Südgrönland nach Nordnorwegen reichte. Das Hochdruckgebiet über Südeuropa hatte 2 Zentren: Eins über Spanien und das zweite über dem Balkan (über 1025 hPa). Die höchsten positiven Anomalien von +6 bis +10 hPa erstrecken sich über das zentrale Mittelmeer, den Balkan und das Schwarzen Meer. Die höchsten negativen Abweichungen von -14 hPa waren bei Island zu finden. Der NAO-Index für Dezember 2013 von nur 0,79 fällt wegen des nach Südosten verschobenen Azorenhochs etwas geringer aus als vermutet, dafür liegt der AO-Index höherer bei einem Wert von 1,475.

Im **Januar 2014** lag das Islandtief weit nach Süden verschoben mit einem mittleren Druck unter 995 hPa. Dies bedeutet eine negative Abweichung von mehr als -14 hPa zwischen den Britischen Inseln und Island. Die positiven Anomalien waren am höchsten über dem Eismeer mit bis zu +10 hPa. Die starken Gradienten zwischen Nordatlantik und den Azoren verursachten mehrere Stürme mit hohen Windgeschwindigkeiten.

Der **Februar 2014** war durch ein stark ausgeprägtes Islandtief gekennzeichnet, dessen Kerndruck im Monatsmittel unter 995 hPa lag. Es reichte bis zu den Britischen Inseln und erfasste den westlichen und nördlichen Teil Europas. Die negativen Anomalien unterschritten -14 hPa. Das Azorenhoch war schwach und nach Süden verschoben. Ein zweites Hochdruckgebiet mit einem Luftdruckmittel von mehr als 1030 hPa erstreckte sich von der Ostukraine über Russland bis in die Kaukasus-Region und den Nahen Osten. Die positiven Abweichungen von mehr als +10 hPa waren über Nordrussland zentriert.

Frühjahr 2014

Die mittlere Luftdruckverteilung im **Frühjahr 2014** (Abb. 7, Mitte oben) entsprach in den meisten Gebieten dem normalen Zustand. Nur über dem Nordmeer und Nordrussland herrschten negative Anomalien von weniger als -10 hPa. Auch das Islandtief lag mit seinem Zentrum westlich von Island mit negativen Anomalien von unter -6 hPa. Der mittlere NAO-Index für das Frühjahr 2014 lag bei -0,27 und der mittlere AO-Index bei 0,88.

Im **März 2014** wurde das Luftdruckverteilung durch 2 Tiefdruckzentren geprägt: Eins zwischen Grönland und Island gelegen mit einem Kerndruck unter 995 hPa und das andere über Nowaja Semlja mit Kerndruck unter 1000 hPa. Der Kern des Azorenhochs mit einem Druck von über 1025 hPa war nach Südwesten verschoben. Die positiven Anomalien von +2 bis +6 hPa lagen im Bereich des Azorenhoch. Die negativen Anomalien konzentrierten sich auf den Norden und Nordosten mit -14 hPa im Tief über Nowaja Semlja, weniger als -6 hPa über Grönland, über dem nördlichen Nordatlantik und Russland und weniger als -2 hPa über Nord- und Osteuropa.

Im **April 2014** setzte sich über dem Nordatlantik und über Nordeuropa im Prinzip die Luftdruckkonstellation vom März mit 2 Tiefdruckzentren fort. Die beiden Zentren, das Island Tief und das Tief über Nowaja Semlja, waren mit negativen Anomalien von etwa -6 hPa bis unter -14 hPa intensiver als im vieljährigen Mittel. In den übrigen Teilen Europas herrschten beinahe normale Luftdruckverhältnisse vor.

Die Luftdruckverteilung im **Mai 2015** wurde von einem nur mäßig ausgeprägten Islandtief mit dem Kern (1005-1010 hPa) südwestlich von Island und einem Azorenhoch mit Kern (1025-1030 hPa) über den Azoren dominiert. Auffällig war eine gut ausgebildete Hochdruckbrücke von Grönland über Skandinavien nach Russland mit einem Hochdruckzentrum (1020-1025 hPa) nordöstlich von Island. Die positiven Anomalien in diesem Gebiet beliefen sich auf +2 - +6 hPa im Vergleich zum vieljährigen Mittel 1961-1990. Die positiven Anomalien im östlichen Teil des Azorenhochs hatten die gleiche Größenordnung. Im Bereich des Islandtiefs erreichten die Anomalien Werte von -2 hPa bis -6 hPa.

Sommer 2014

Die Druckverteilung für den **Sommer 2014** (Abb. 7, Mitte unten) war relativ normal. Die Ausnahme war hoher Druck über Grönland und über der Norwegischen See mit Druckanomalien von mehr als +6 hPa über Grönland. Dies war auch der Grund für den negativen NAO-Index. Das Azorenhoch lag über den Azoren mit einem Kerndruck von mehr als 1020 hPa.

Im **Juni 2014** befand sich die NAO weiterhin in einer negativen Phase (Indexwert -0,67). Das Bodenluftdruck-Muster dominierte eine sich von den Azoren - Westeuropa erfassend - über die Nordsee bis zum Nordatlantik erstreckende Hochdruckbrücke. Über dem Nordatlantik den Britischen Inseln, Nordwegen und Nordschweden erreichten die positiven Anomalien +2 - +6 hPa. Die höchsten positiven Anomalien bis +10 hPa traten in einem Gebiet östlich von Island auf. Östlich der Azoren wurden negative Anomalien von -2 bis -6 hPa beobachtet. Über Nordrussland lag ein Tiefdruckgebiet. Ein weiteres Tiefdruckgebiet

mit einem Kern von unter 1000 hPa erstreckte sich über dem Nahen Osten. Die Anomalien in diesen Tiefdruckgebieten oszillierten mit ± 2 hPa um den Mittelwert, wie auch fast über ganz Kontinentaleuropa.
Die Luftdruckkonstellation im **Juli 2014** prägten zwei Hochdruckgebiete: Das Azorenhoch und ein ausgedehntes Hochdruckgebiet das den Nordatlantik, Skandinavien und Westrussland erfasste. Die beiden Gebiete waren mit einer schmalen Hochdruckbrücke über Frankreich, den Britischen Inseln und die Nordsee miteinander verbunden. Während im Bereich des Azorenhochs die Luftdruckverhältnisse in etwa dem Mittelwert entsprachen, war der Luftdruck über Nordrussland um +6 - +10 hPa höher als normal. Das Islandtief war mit einer Anomalie von -2 bis -6 hPa im Julimittel etwas stärker. Das Tief über dem Mittleren Osten zeigte keine auffälligen Unterschiede zum mittleren Zustand. Tiefer als normal war allerdings der Luftdruck über Nordostrussland, Nordostfrankreich, von Süddeutschland bis nach Norditalien und von Tschechien bis in den nördlichen Teil der Balkanhalbinsel. Die Anomalien schwankten hier zwischen -2 und -6 hPa.
Der **August 2014** präsentierte sich mit einer relativ außergewöhnlichen Luftdruckverteilung. Über dem Nordatlantik südlich von Island, Nordirland, Schottland und über ganz Skandinavien herrschte niedriger Luftdruck mit Anomalien von -2 bis -6 hPa, die bis nach Norddeutschland, Polen und die baltischen Staaten reichten. Die niedrigsten Anomalien bis zu -10 hPa wurden über Südnorwegen notiert. Im Bereich des Azorenhochs dagegen entsprach der Luftdruck den mittleren Verhältnissen.

Herbst 2014

Das Zirkulationsmuster im **Herbst 2014** (Abb. 7, unten) war von einem stark entwickelten Islandtief mit Kern südwestlich von Island (unter 1000 hPa) und einem Russland-Hoch mit einem Kerndruck von 1020-1025 hPa geprägt. Die negativen Anomalien reichten von Grönland bis zur Iberischen Halbinsel mit Werten von weniger als -6 hPa südwestlich von Irland. Das Azorenhoch lag westlicher als normal auf den Atlantik verschoben. Positive Druckabweichungen befanden sich über Skandinavien und Nordrussland mit Werten von mehr als +6 hPa.
Im **September 2014** wurde die gut ausgebildete subpolare Tiefdruckrinne mit einem Tiefdruckkern (unter 1000 hPa) an der südöstlichen Spitze Grönlands von einem breiten Hochdruckrücken mit 3 Zentren (Kerndruck über 1020 hPa) begleitet. Das 1. Zentrum lag weit nordwestlich von den Azoren, das 2. über der Mitte der Britischen Inseln und das 3. war etwa über dem nördlichen Teil Weißrusslands positioniert. Dementsprechend konzentrierten sich die positiven Anomalien auf den nördlichen Teil des Hochdruckrückens, vom Atlantik bis nach Russland und erreichten höchste Werte (+6 - +10 hPa) in einem Bereich vom Atlantik nordwestlich der Britischen Inseln über Südskandinavien bis etwa nach Estland. Positive Temperatur- und Sonnenscheindauer sowie wenig Niederschlag waren hier die Begleiterscheinungen. Negative Anomalien von -2 bis -6 hPa traten über den Azoren bis zu der Iberischen Halbinsel und im Osten über der Türkei sowie angrenzenden Gebieten auf.
Im **Oktober 2014** wurde der überwiegende Teil Europas von höherem Luftdruck (über 1015 hPa) beherrscht, wobei das Zentrum (über 1020 hPa) über Zentral-Osteuropa lag. Das gut ausgebildete Islandtief lag allerdings südlicher als normal. Diese Luftdruckkonstellation sorgte für eine negative NAO-Phase (Index: -0,87). Die negativen Anomalien waren über dem Atlantik von den Azoren bis nach Island verbreitet, wobei die niedrigsten Werte von unter -6 hPa über dem Nordatlantik zwischen den Britischen Inseln und Island notiert wurden. Höherer Luftdruck als normal wurde vom Nordmeer über den östlichen Teil Skandinaviens und Westrussland bis in die Ukraine beobachtet. Die höchsten Anomalien (über +10 hPa) - abgesehen von Grönland - traten über Nowaja Semlja auf.
Der **November 2014** zeichnete sich durch einen außergewöhnlich hohen Luftdruck über Osteuropa aus; über Zentralrussland wurden Werte von 1030 hPa überschritten. Die positiven Anomalien erreichten die höchsten Werte von über +14 hPa über Finnland und angrenzenden Gebieten Russlands. Entsprechend war die Sonnenscheindauer überdurchschnittlich. Über dem Atlantik war das südöstlich von Island gelegene Islandtief intensiver als normal mit einem Kerndruck unter 995 hPa und einer Anomalie von -14 hPa. Die Ausläufer des Islandtiefs reichten bis an die Biskaya und Westfrankreich, wobei die negativen Luftdruckanomalien ganz Westeuropa beherrschten und bis nach Nordafrika reichten. Dieses Luftdruckanomaliemuster brachte West- und Zentraleuropa höhere Temperaturen als normal und in Südwesteuropa mehr Niederschlag.

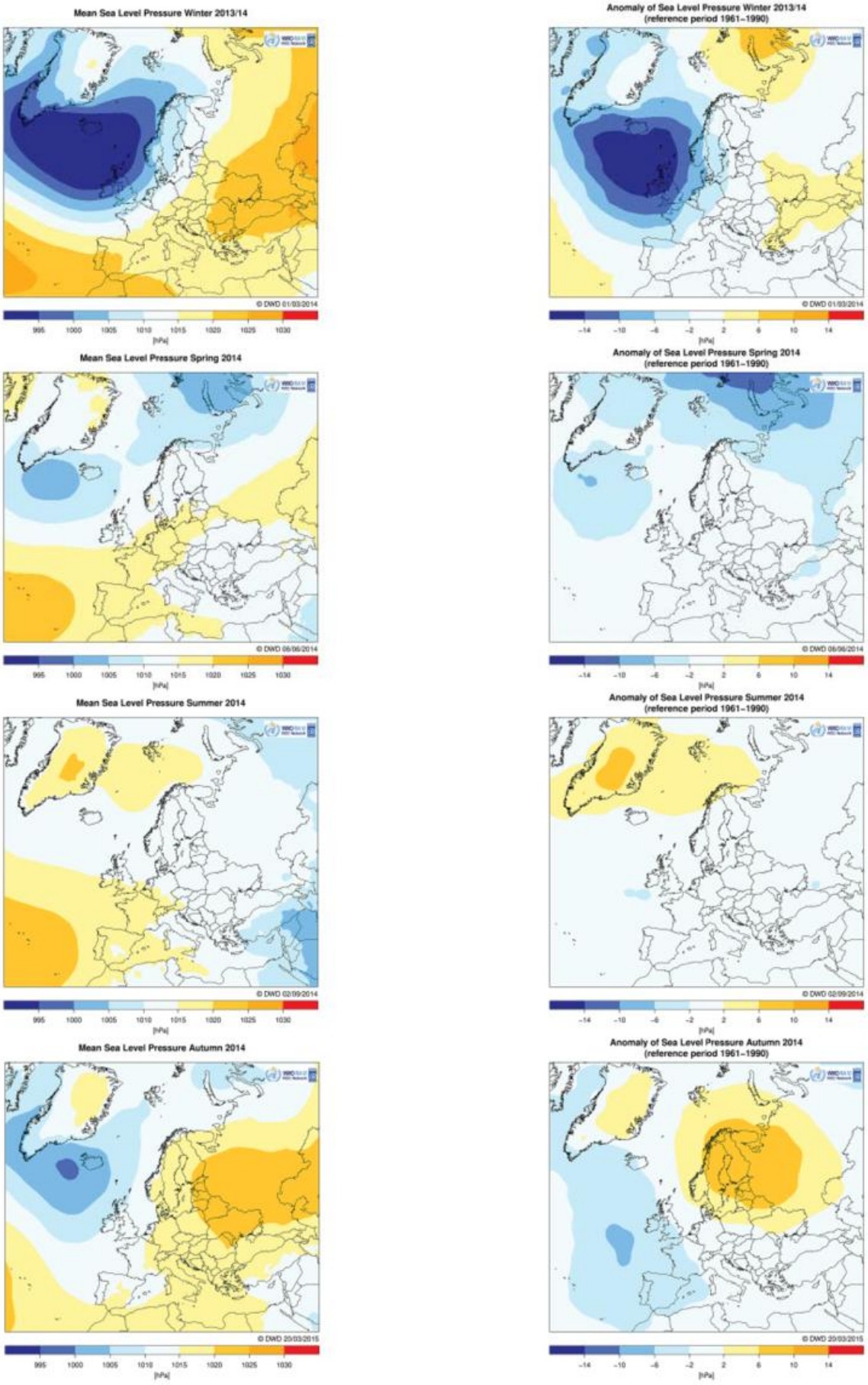


Abb. 7: Mittelwerte des Luftdrucks auf Meeresniveau in hPa (links) und deren Anomalien (rechts) vom langjärigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

Sonnenscheindauer und Bewölkung

Die in Abb. 8 dargestellten Karten der jahreszeitlichen Summen der Sonnenscheindauer und ihrer relativen Abweichung zur Referenz 1961-1990 basieren auf Beobachtungsdaten von ausgewählten Stationen, die monatlich international ausgetauscht werden (CLIMAT). Hinweise zur Datenanalyse sind in http://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_suncli.html zu finden. In Abb. 9 und 10 sind die jahreszeitlichen Verteilungen der Anzahl der trüben (Tagesmittel der Bewölkung 7/8 oder mehr) bzw. der heiteren (Tagesmittel der Bewölkung unter 2/8) Tage und ihrer absoluten Anomalien (Referenz 1982-2009) dargestellt. Die Datengrundlage dafür sind Daten des AVHRR Instruments auf den polarumlaufenden Satelliten (NOAA, METOP). Daher weicht aufgrund der Datenverfügbarkeit auch der Referenzzeitraum von der Normalperiode 1961-1990 ab. Der Vorteil der satellitengestützten Karten liegt u.a. in der vollständigen räumlichen Abdeckung, während die Karten auf der Basis von Beobachtungsstationen nur auf dem Land Informationen liefern.
Nachteile ergeben sich aus der Tatsache, dass die Satelliten, die Wolken unterer Stockwerke der Atmosphäre nicht erfassen können, wenn gleichzeitig höhere Wolken auftreten. Daher sind die Satellitendaten mit in situ Beobachtungen des Bedeckungsgrades oft nicht vergleichbar. Generell stellt die räumliche Verteilung der Sonnenscheindauer ein Negativbild der Verteilung von Bewölkung und Niederschlag dar.

Winter 2013/2014

Der **Winter 2013/2014** (Abb. 8, oben) war sonniger als normal im Süden Großbritanniens, in West- und Zentraleuropa, im überwiegenden Teil des Balkans, in der Türkei sowie im Nahen Osten. In Deutschland belegte er den 11. Platz in der Rangliste der sonnigen Winter seit 1951. Unterdurchschnittliche Sonnenscheindauer verzeichneten große Teile Nord- und Osteuropas als auch der westliche Teil des Mittelmeerraumes.
In Übereinstimmung mit der Luftdruckverteilung im **Dezember 2013** notierten die Iberische Halbinsel, Westeuropa, der südöstliche Teil der Britischen Inseln und weite Teile Osteuropas eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer. Weniger Sonnenstunden als normal registrierten Irland, Schottland, Süd- und Nordskandinavien sowie der überwiegender Teil Russlands und der Nahe Osten. In Relation zum Mittelwert 1961-1990 meldeten die „sonnigen" Gebiete 150 % Sonnenstunden, während Nordrussland weniger als 25 % des Normalwertes zeigte.
Im **Januar 2014** waren vor allem das europäische Russland, der östliche Teil der Ostseeregion und der Mittlere Osten überdurchschnittlich sonnig. Weniger Sonnenstunden als normal zählten vor allem Westeuropa, teilweise Skandinavien und die Balkanstaaten. In Zentraleuropa dagegen war das Verteilungsmuster der über- und unterdurchschnittlichen Werte recht heterogen.
Der **Februar 2014** brachte insbesondere Zentraleuropa, dem Balkan und dem Nahen Osten überdurchschnittlich viele Sonnenstunden. In Polen und Ostdeutschland wie auch in der Türkei und im Nahen Osten belief sich der Überschuss auf mehr als 150 % des Normalwertes. Stark bedeckt war es dagegen in Skandinavien und im europäischen Russland aber auch in Westeuropa. Finnland und anschließende Teile Russlands verzeichneten weniger als 25 % der mittleren Sonnenscheindauer. Die starke Bewölkung reduzierte die langwellige Ausstrahlung und so wurde beispielsweise in Finnland der zweitwärmste Februar mit Temperaturanomalien bis zu +8,2 K beobachtet.

Frühling 2014

Der **Frühling 2014** (Abb, 8, Mitte oben) war in weiten Teilen Europas, von der Iberischen Halbinsel bis nach Skandinavien und dem europäischen Teil Russlands sonniger mit +25 - +50 % mehr Sonnenstunden als normal. In Belgien an der Station Ukkel schien die Sonne 572 Stunden was gegenüber dem Mittel für Frühjahr von 463 Stunden einer Zunahme von rund +23 % entsprach. Nordosteuropa, Teile des Balkans,

der Türkei sowie der Nahe Osten haben teilweise weniger als 95% der normalen Sonnenstunden gemessen.
Die positiven Sonnenscheinanomalien im Frühjahr gehen vor allem auf den sehr sonnigen **März 2014** zurück. Positive Anomalien von über +50 % traten z. B. im Südosten Großbritanniens, in Zentral-, Nord- und Ostfrankreich, in den Niederlanden, in fast ganz Deutschland, Ostösterreich, Zentralpolen, in Teilen von Tschechien, Slowakei und Ungarn sowie in der Ostukraine und Südwestrussland auf. In den Niederlanden war der März 2014 der sonnigste seit 1901 und in Frankreich seit 1950. In Deutschland belegte er den 3. Platz seit 1951. An der Station Ukkel (Belgien) wurden in diesem März 197 Sonnenscheinstunden gemessen (Mittel 1961-1990 = 114 Stunden).
Auch der **April 2014** war in weiten Teilen Europas sonniger als normal, besonders rund um die Ostsee. Beispielsweise in Litauen, wo im vieljährigen Monatsmittel 240-290 Sonnescheinstunden gemessen werden, waren es im April 2014 60-98 Stunden oder +25 - +34 % mehr. Weniger Sonnenscheinstunden als normal hatte der äußerste Norden und Osten der Region VI, die Balkanhalbinsel und die Atlantikküsten Westeuropas zu verzeichnen.
Der **Mai 2014** präsentierte sich vor allem auf der Iberischen Halbinsel, im westlichen Mittelmeerraum, im nördlichen Teil der Balkanhalbinsel, in Polen, Nordskandinavien und in dem Zentralen Teil Osteuropas mit mehr Sonnenstunden als normal. Trübes und wolkenreiches Wetter herrschte auf den Britischen Inseln, in Deutschland, den Baltischen Staaten, in Gebieten rund um das Schwarze Meer und im Nahen Osten. Irland z.B. notierte nur 98,7 Sonnenstunden, d.h. nur 56 % des Normalwertes.

Sommer 2014

Der **Sommer 2014** (Abb. 8, Mitte unten) war vor allem in Osteuropa und Skandinavien aber auch auf den Britischen Inseln und Spanien von der Sonne verwöhnt. Beispielsweise zählte Finnland gebietsweise über +50 %, Polen über +25 % mehr Sonnenstunden als im vieljährigen Mittel. Weniger Sonne als normal erhielten Frankreich, Norditalien, das Baltikum, die Türkei, der Nahe Osten und der östliche Teil des europäischen Russlands. Beispielsweise registrierte Litauen ein Sonnenscheindefizit von fast -25 %, die Türkei sogar von bis zu -50 %.

Der **Juni 2014** war vor allem in West- und Zentraleuropa sowie im zentralen Teil Finnlands sonniger als normal. Eine Sonnenscheindauer von mehr als +25 % über dem Mittel wurde in Westengland, Ostfrankreich, Süddeutschland, Österreich, Slowakei, in Teilen Polens und Ungarn gemeldet. In Österreich war das der sonnigste Juni seit 2003 mit 28 % mehr Sonnenscheinstunden als im Mittel 1961-1990. Unterdurchschnittliche Sonnenscheindauer notierten Gebiete rund um die Nordsee, Nordeuropa, der Ostbalkan und der Nahe Osten.

Der **Juli 2014** wartete mit überdurchschnittlich vielen Sonnenstunden in einem Gebiet von Großbritannien, Nord- und Mitteldeutschland, Polen über die Baltischen Staaten bis nach Skandinavien auf. Schweden meldete an allen Stationen mehr Sonnenstunden als normal mit dem höchsten Wert von 407 Stunden an der Station Luleå. Positive Anomalien von über +50 % wurden in Finnland und Polen beobachtet. In Dänemark war das der siebtsonnigste Juli seit 1920. Nur etwa 75 % der normalen Sonnenscheindauer registrierten Teile Südosteuropas, Teile Frankreichs, die Schweiz und Italien.

Der **August 2014** fiel vor allem in Zentraleuropa (Frankreich, Deutschland, Österreich, Schweiz, Norditalien und Tschechien) wie auch in der Türkei und dem Nahe Osten mit weniger Sonnenstunden als normal auf. In der Türkei z.B. wurden gebietsweise nur 25 % des Normalwertes gemessen. Positive Anomalien hatten die Iberische Halbinsel, Nordengland und Irland, weite Teile Osteuropas und Skandinaviens zu verzeichnen.

Herbst 2014

Der **Herbst 2014** (Abb. 8, unten) brachte in einem Gebiet von Polen, über Weißrussland, Ukraine, Westrussland bis ans Schwarze Meer teilweise über +50 % mehr Sonne als normal. Auch der Westteil Frankreichs, das östliche Spanien, Irland und die Nordseeküsten zeigten positive Anomalien. Die größten Sonnenscheindefizite traten im südöstlichsten Teil der Region VI auf, einem Gebiet, das sich vom Nahen Osten über die Türkei, den Balkan, Norditalien bis nach Deutschland erstreckt.

Der **September 2014** war vor allem in Skandinavien, den Baltischen Staaten und Osteuropa sonniger als normal. Auch die Küsten der Nordsee, Irland, Frankreich und ein großer Teil Spaniens bekamen mehr Sonne. In Schweden wurde an vielen Stationen u. a. mit 243 Stunden (in Stockholm) ein neuer Sonnenscheindauerrekord für die Zeitreihe seit 1908 notiert. In Polen und Finnland schien die Sonne gebietsweise um +50 % länger als im Mittel. Durch eine unterdurchschnittliche Sonnenscheindauer zeichnete sich das große Gebiet von Deutschland über den Balkan bis in die Türkei und den Nahen Osten aus. Die höchsten Sonnenscheindefizite traten in Südosteuropa auf; in Kasachstan waren es weniger als 50 % des Normalwertes.

Im **Oktober 2014** ähnelte das räumliche Verteilungsmuster der Sonnenscheindaueranomalien in groben Zügen dem im September. Von Nordskandinavien über Polen und die Ukraine bis ans Schwarze Meer traten positive Anomalien auf. Länger als normal schien die Sonne auch in Irland, Spanien, in großen Teilen Frankreichs und in Italien. Sonnenscheindefizite wurden in einem Streifen von Südskandinavien, Großbritannien über Deutschland, den Balkan bis in die Türkei und den Nahen Osten beobachtet. Auch weite Teile Osteuropas bekamen weniger Sonne als normal.

Im **November 2014** zog sich ein Band mit Sonnenscheinüberschüssen von den Niederlanden, Belgien, Norddeutschland über Polen, Weißrussland und die Ukraine bis nach Westrussland. Nord- und Südeuropa hatten dagegen Sonnenscheindefizite zu verzeichnen.

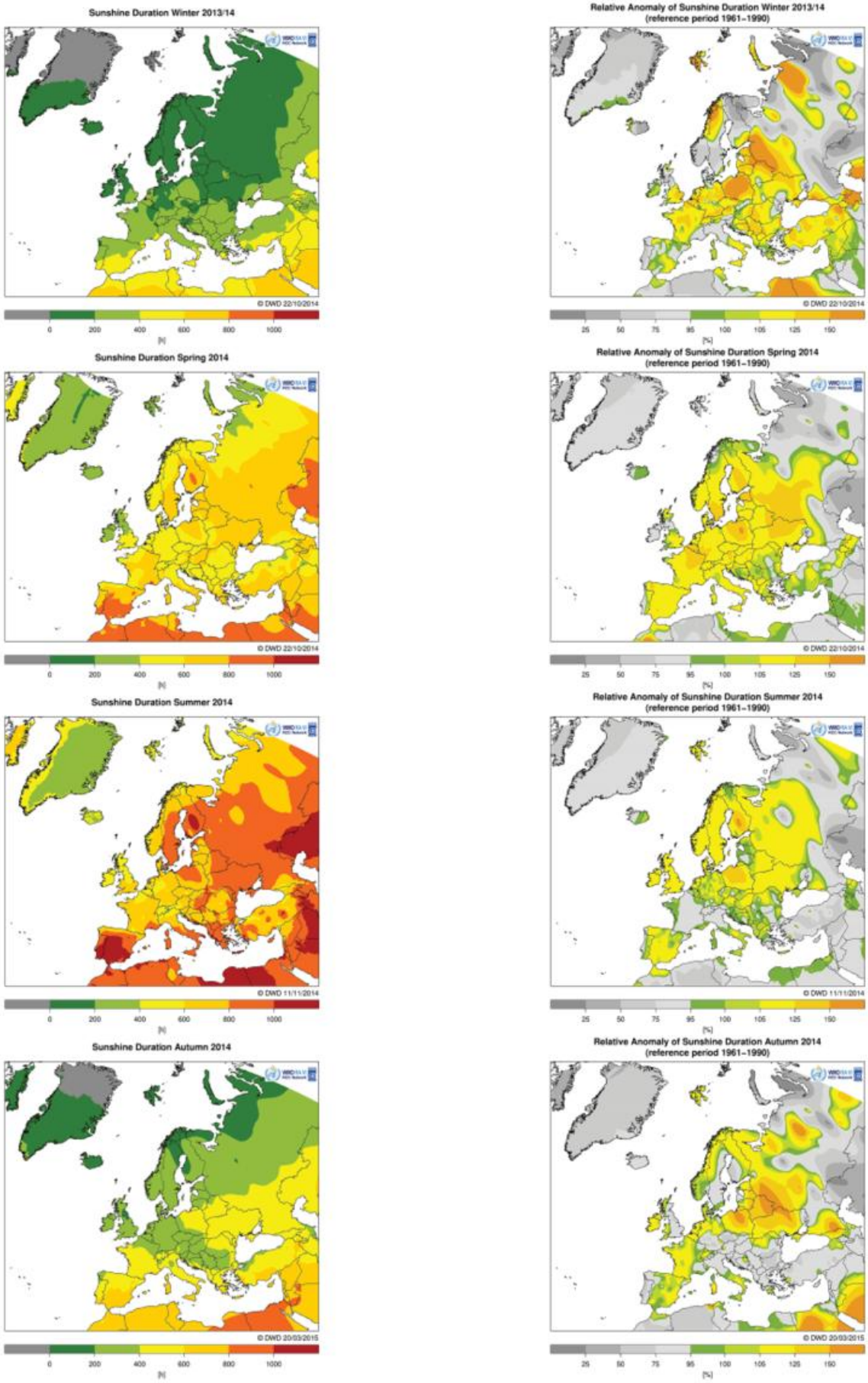


Abb. 8: Mittlere Sonnenscheindauer in h (links) und deren Abweichungen in % vom langjährigen Mittel 1961-1990 aus Stationsbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

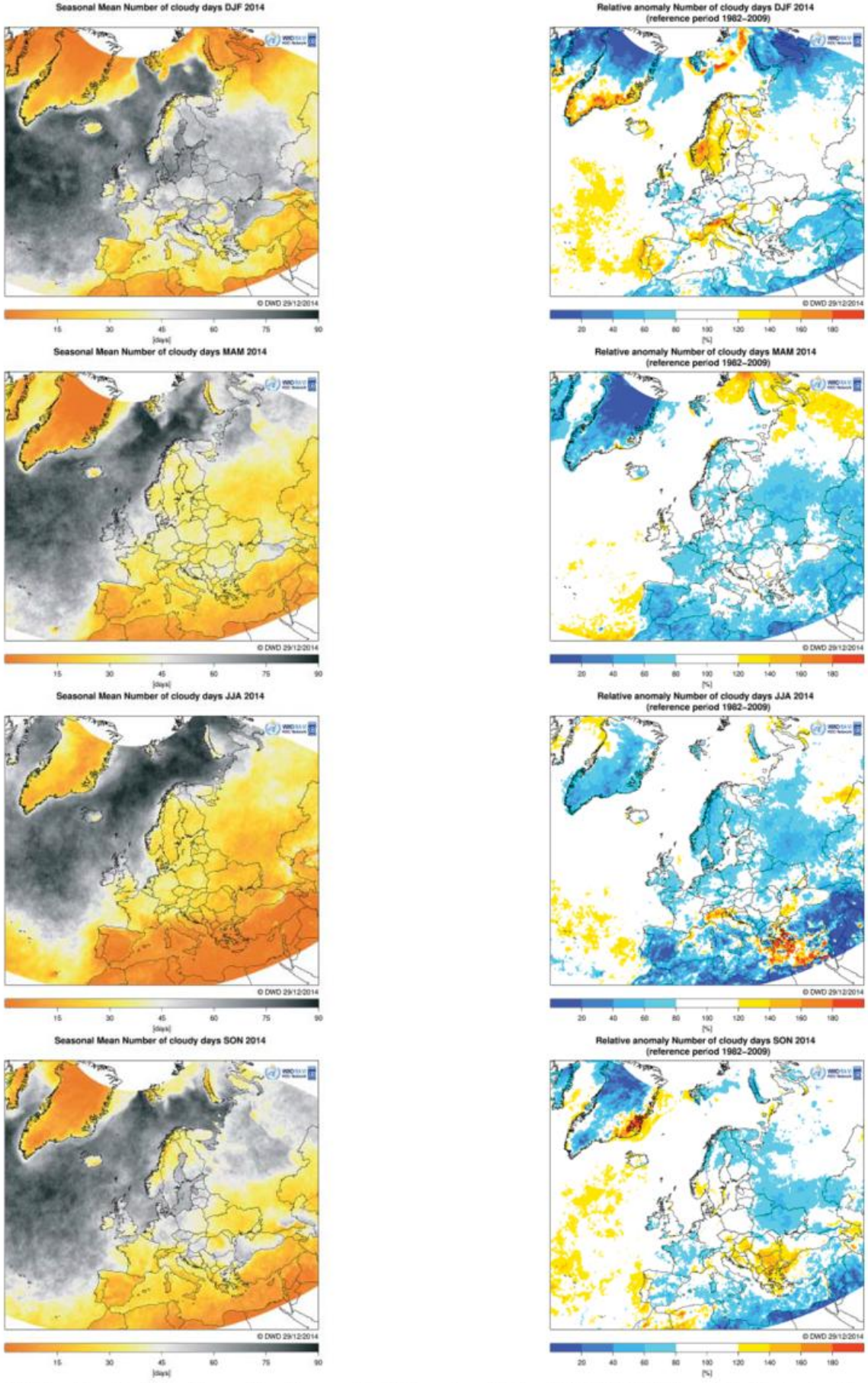


Abb. 9: Anzahl trüber Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

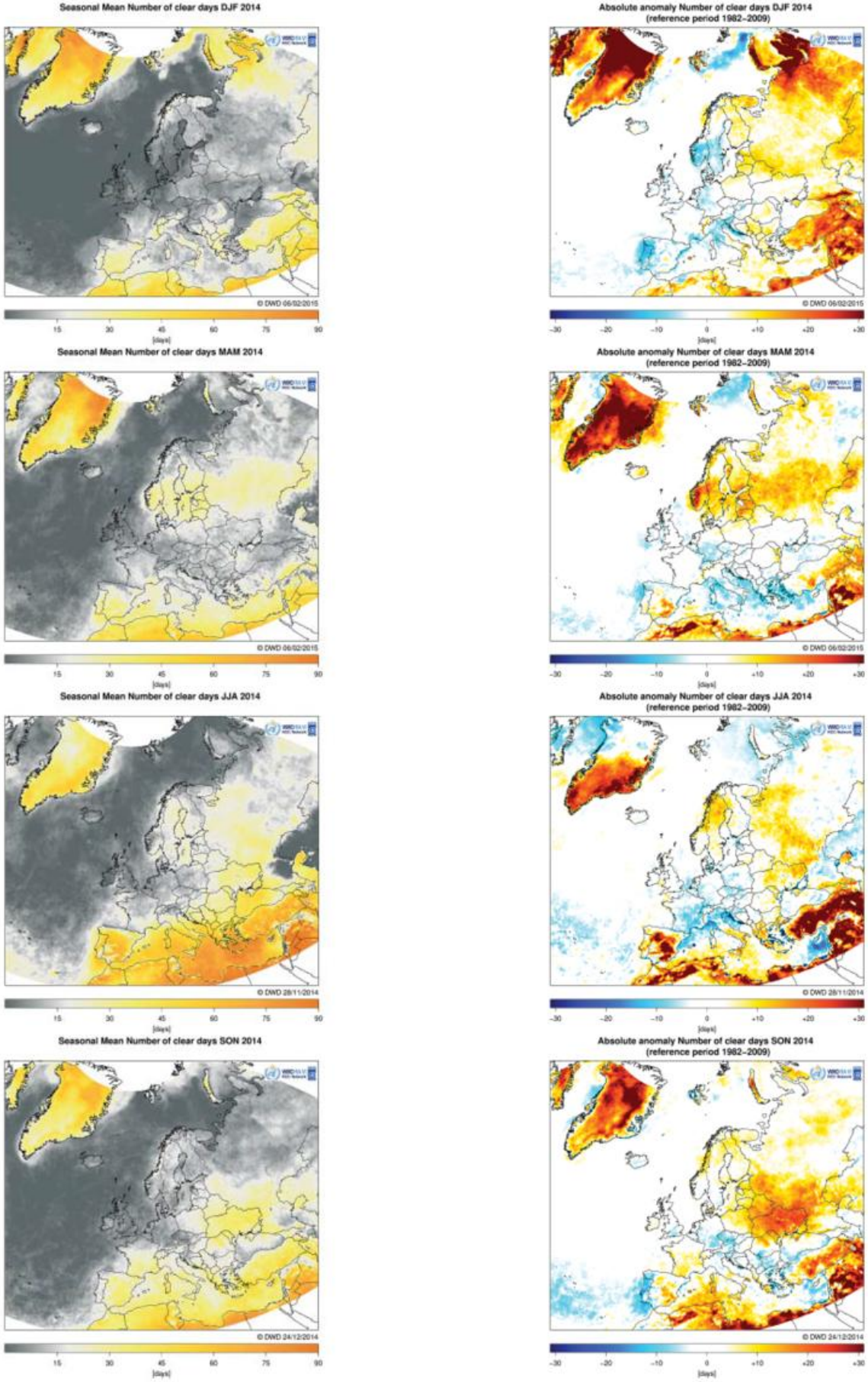


Abb. 10: Anzahl heiterer Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich auch die Jahreszeiten hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben. Aus den verfügbaren Indizes wurden für jede Jahreszeit je ein repräsentativer Index für die Temperatur und den Niederschlag ausgewählt. Diese sind in Abb. 11 dargestellt.

Winter 2013/2014

Anhand der Anomalien für die Zahl der Eistage (Maximumtemperatur < 0°C, Abb. 11, linke Spalte, oben, ID) wird der warme **Winter 2013/2014** in Zentral-, Nord- und Osteuropa deutlich mit zum Teil weniger als 30 Eistagen als normal. West- und Südosteuropa weisen nur geringer Unterschiede zum Normalwert auf. Das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage zeigt keine eindeutige Tendenz, nur in den Gebirgsregionen der Pyrenäen, Alpen und Apenninen sind deutlich höhere Niederschläge gefallen (Abb. 11, rechte Spalte, oben, RX5day).

Frühjahr 2014

Das **Frühjahr 2014** zeichnet sich in ganz Europa durch eine geringere Anzahl kühlerer Tage als normal aus d.h. es gab 10-20 Tage weniger an denen die Tagesmitteltemperatur unter den 10 %-Perzentilwerten liegt (Abb. 11, linke Spalte, Mitte oben, TG10p). Das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage (Abb. 11, rechte Spalte, Mitte oben, RX5day) zeigte überdurchschnittlich viel Niederschlag im Ostbalkan, den Beneluxländern und Norddeutschland sowie Südwestnorwegen. Die anderen Gebiete schwanken um den Mittelwert 1961-1990.

Sommer 2014

Im **Sommer 2014** ist die positive Anomalie der Anzahl der Tropennächte (Abb. 11, linke Spalte, Mitte unten, TR) vor allem im Mittelmeerraum und am Schwarzen Meer bemerkenswert, die von überdurchschnittlicher Bewölkung begleitet war. In den restlichen Gebieten schwanken sie um den Mittelwert. Das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage zeigt überdurchschnittliche Niederschläge über Italien und dem Balkan (Abb. 11, rechte Spalte, Mitte unten, RX5day). Auch die Rekordniederschläge vom Juni, in Norwegen und Finnland, treten deutlich hervor.

Herbst 2014

Im **Herbst 2014** zeigt die Zahl der Sommertage dass es in Südwest- und Nordeuropa wärmer als Normal war. (Abb. 11, linke Spalte, unten, SU). Die übrigen Gebiete zeigen ein uneinheitliches Bild. Die extremen Starkniederschläge, dargestellt durch das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage (Abb. 11, rechte Spalte, unten, RX5day), waren im Herbst 2014 nicht sehr markant und in Zentral- und Osteuropa geringer als normal.

ID (ice days)	Eistage: Maximumtemperatur < 0°C
TG10p	Kalte Tage oder Tage mit Tagesmitteltemperatur unterhalb der 10 % Perzentilwerte
TR	Tropennächte: Minimumtemperatur > 20°C
SU	Sommertage: Maximumtemperatur > 25°C
RX5day	Maximum der 5-tägigen Niederschlagshöhe

Tab. 3: Definitionen der in Abb. 11 verwendeten Klimaindizes

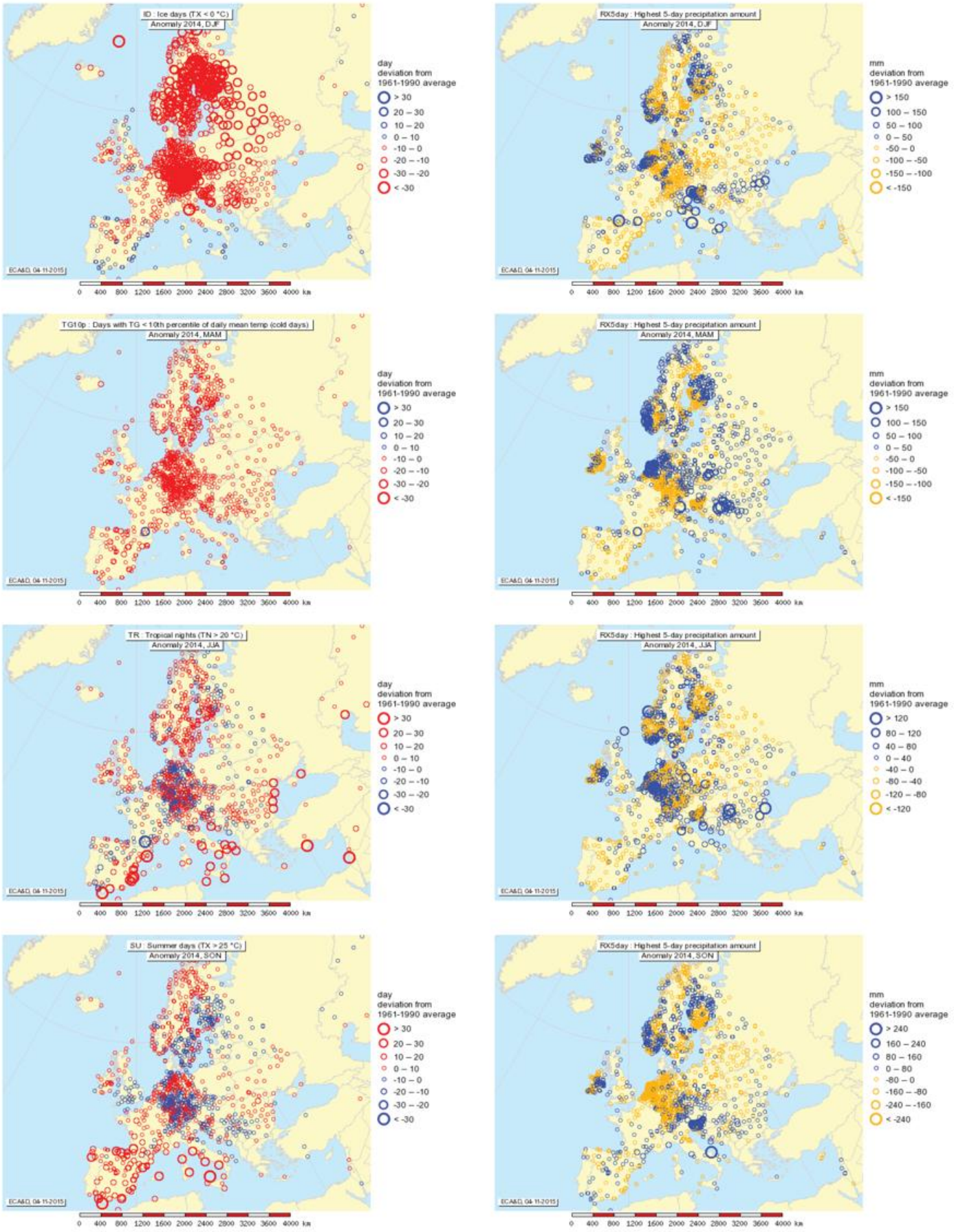


Abb. 11: Anomalien ausgewählter Klimaindizes für Temperatur (links) und Niederschlag (rechts) nach ECA&D für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

Besondere Ereignisse

Winter 2013/2014

- Besonders warm: Nordatlantik nördlich von Island, Nord- und Zentralskandinavien einschließlich Südschweden und Nordwestrussland; Mehr warme Tage an fast allen betrachteten Stationen Europas.
- Mehr Niederschlagstage an der Mehrzahl der Stationen, feuchter als normal besonders Irland, Britische Inseln, Nordwestfrankreich, Nordwesten der Iberischen Halbinsel und der südliche Alpenraum.
- Sehr trocken im östlichen Mittelmeerraum und im Nahe Osten.
- Stürmische Winde (Stürme) vor allem an den Nordatlantik-, Nordsee-, und Ostseeküsten hier besonders Irland und die Britischen Inseln betroffen. Auch an den Mittelmeerküsten stürmische Winde.

Frühjahr 2014

- Besonders warm in Nordrussland; Mehr warme Tage an allen betrachteten Stationen Europas.
- Mehr Niederschlagstage an fast allen Stationen, feuchter als normal besonders Nordskandinavien, Mittelosteuropa (Polen, Ukraine), Südosteuropa, Süditalien, teilweise auch der Nahe Osten.
- Stürmische Winde (Stürme) vor allem an den Nordatlantik-, Nordsee-, und Ostseeküsten hier besonders der Norden der Britischen Inseln betroffen, auch an den Mittelmeerküsten stürmische Winde

Sommer 2014

- Mehr warme Tage an fast allen betrachteten Stationen Europas; nur an einigen wenigen Stationen mehr kalte Tage.
- Mehr Niederschlagstage an fast allen Stationen, feuchter als normal besonders Nordwestfrankreich, größter Teil Italiens, Südosteuropa mit der Türkei und teilweise auch der Nahe Osten.
- Stürmische Winde (Stürme) vor allem an den Küsten Norwegens und Schottlands, auch Mittelmeerküste von stürmischen Winden betroffen (Gewitterböen).

Herbst 2014

- Mehr warme Tage an fast allen betrachteten Stationen Europas; nur an einigen wenigen Stationen mehr kalte Tage.
- Mehr Niederschlagstage an fast allen Stationen, feuchter als normal besonders Südosteuropa (Balkan, Türkei), teilweise der Nahe Osten und Süditalien, Golf von Genua mit Südfrankreich sowie der Südwesten der Iberischen Halbinsel.
- Sehr trocken teilweise das östliche Baltikum, Weißrussland, Nordukraine und angrenzendes Gebiet Russlands.
- Stürmische Winde (Stürme) vor allem an den Küsten Norwegens und Schottlands und der Bretagne auch Mittelmeerküsten von stürmischen Winden betroffen (Gewitterböen).

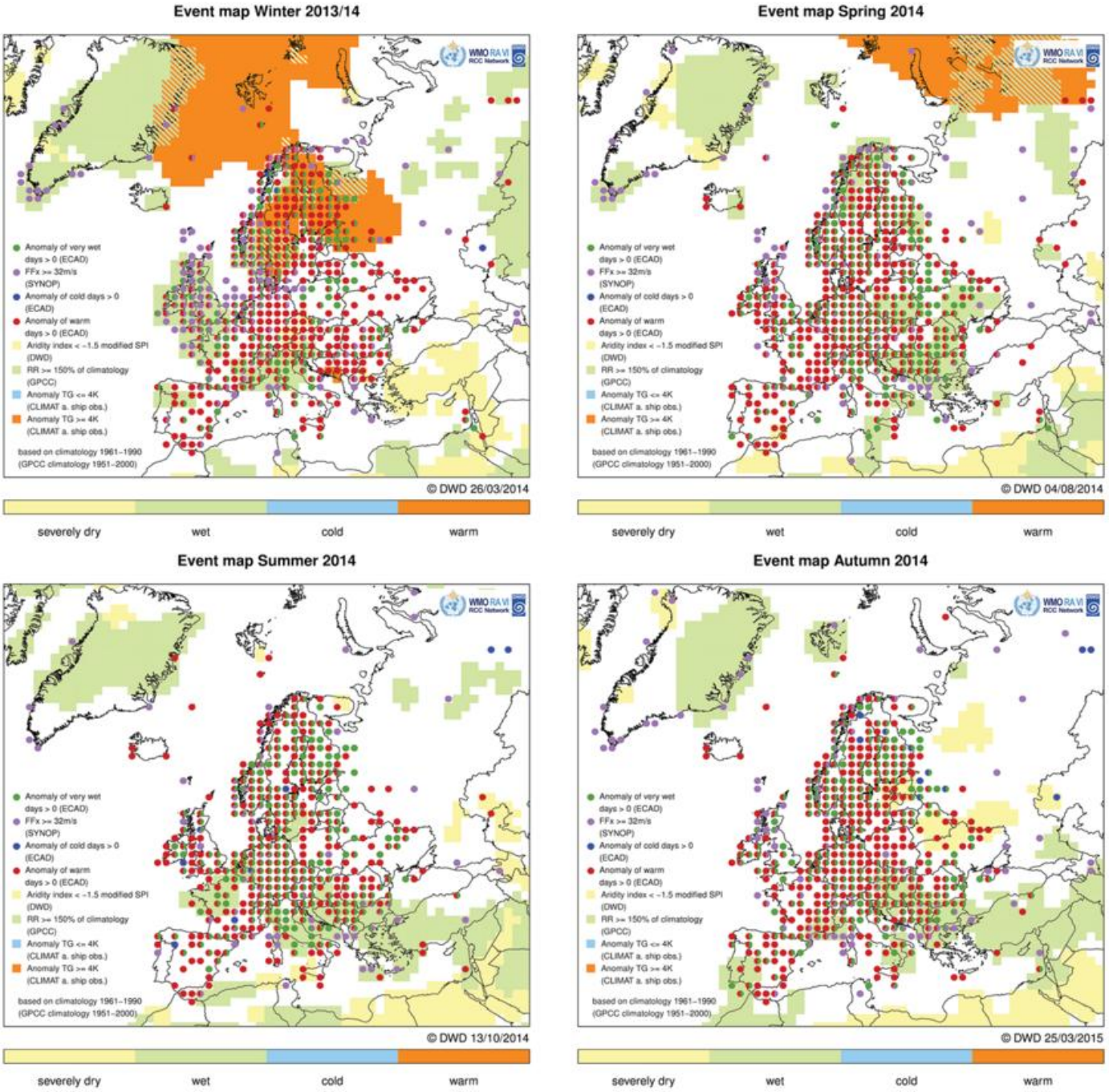


Abb. 12: Ereigniskarten für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühjahr 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

Legende zu Abb. 12:

- Anomalie sehr nasser Tage > 0 (ECAD)
- Anomalie sehr warmer Tage > 0 (ECAD)
- Windböen (>=32 m/s) (SYNOP)
- Anomalie sehr kalter Tage > 0 (ECAD)

Temperaturabweichungen der Monatsmittel von der Referenzperiode(CLIMAT und Schiffsbeobachtungen)

- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≤ -4K
- Dürreindex < -1.5 modifizierter SPI (GPCC)
- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≥ 4K
- Niederschlag ≥ 150 % der Klimatologie (GPCC)

Basierend auf der Referenzperiode 1961-1990 (GPCC Referenzperiode: 1951-2000)

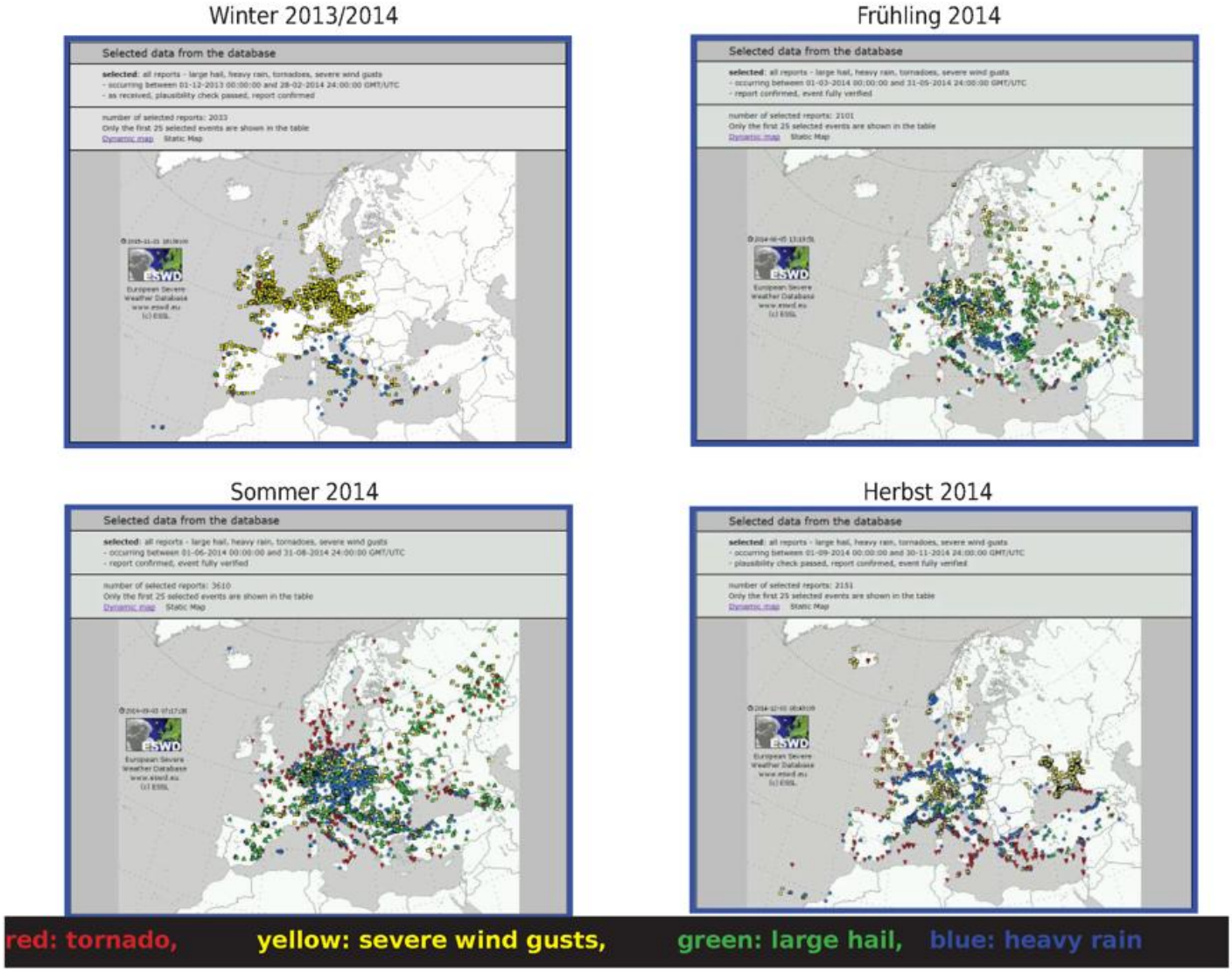


Abb. 13: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene Tornado, Sturm, Hagel und Starkregen für die Jahreszeiten Winter 2013/2014, Frühling 2014, Sommer 2014 und Herbst 2014

Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten 2014 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2014

Mehrere Stürme über dem Atlantik und dem Ärmelkanal führten zu heftigen Niederschlägen in Westeuropa. In den ersten 5 Tagen im Januar 2014 war Westfrankreich (Quimperlé in Finistère) betroffen mit lokal mehr als 100 mm bzw. 60-85 % des normalen Monatsniederschlags was zu Überschwemmung des Flusses Laïta führte. Vom 16.-19. Januar wurden im Südosten Frankreichs Mengen von 220-250 mm Niederschlag gemessen die auch zu Murenabgängen führten. Im Stau der Pyrenäen summierte sich der Niederschlag vom 23.-26. auf über 100 mm, stellenweise über 200 mm (MeteoFrance: Bulletin climatique). In Frankreich und Italien forderten die Sturzfluten und Erdrutsche 3 Tote und einen Schaden von 450 Mio. US$ (gemäß Münchener Rück)

Februar 2014

Der Februar 2014 startete mit einigen Extremniederschlagsereignissen in den Südalpen bzw. Italien. Tief Mayla sorgte mit intensiven Hebungsprozessen an den Alpen für Starkniederschläge vor allem in Italien und an den Südalpen fielen extreme Schneemengen. Diese heftigen Schneefälle reichten bis zum Balkan. Laut Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG, Österreich) fielen vom 30. Januar bis 1. Februar 2014 in Dellach im Drautal 131 cm Schnee, eine 48-stündige Schneehöhe, die statistisch gesehen nur alle 75 bis 100 Jahre vorkommt. Dies führte dazu, dass die höchste Lawinenwarnstufe ausgerufen wurde, spontane Lawinenabgänge führten zu Verkehrssperren, zudem gab es Probleme mit der Stromversorgung sowie Sperrungen

wichtiger Verkehrsverbindungen. Umstürzende Bäume beschädigten Stromleitungen und das österreichische Bundesheer entfernte die gefährliche Schnee- und Eislasten von Dächern. Mit der einsetzenden Schneeschmelze im Zeitraum zwischen dem 18. und 22. Februar kam es in Kärnten zu Überflutungen von Kellern und Feldern. Versicherungen beziffern den Schaden in Österreich auf 15 Millionen Euro.
Am 1./2. Februar wurden von einem Sturmtief über dem Nordostatlantik an der spanischen und französischen Atlantikküste sowie im Bereich des westlichen Ärmelkanals meterhohe Wellen ausgelöst. Die Sturmfluten verursachten hohe Schäden und forderten mindestens ein Menschenleben. Bis zu 10 m hohe Wellen zerstörten Strandpromenaden und Hafenbefestigungen. Im nordspanischen Luarca (Asturien) wurde das Meeresmuseum schwer beschädigt, während in San Sebastián das Wasser bis zu 1,5 m in den Straßen stand. Im Fischereihafen von Bermeo nahe Bilbao (Baskenland) sanken drei Schiffe (Haeseler und Lefebvre 2014).
Die Zugbahnen der Sturmtiefs im Januar und Februar 2014 verliefen meist südlicher als üblich, wodurch die Britischen Inseln besonders betroffen wurden. Schwere Schäden (1.500 Mio. US$ gemäß Münchener Rück) entstanden durch Stürme mit Orkanböen, Hochwasser und Überschwemmungen durch häufige und kräftige Niederschläge, wie auch durch hohen Wellengang in den Küstenregionen. Der Sturm vom 12. Februar führte zu sehr hohen Wellen von 25 m, wie an einer Gasplattform vor der Südküste von Irland gemessen wurde (Haeseler 2014).

März 2014
Im März 2014 sorgten zwei Sturmtiefs über Norwegen für heftige Niederschläge. Am 8. März brachte Tief JORUNN im Norden Norwegens Spitzenböen von 38,1 m/s mit Wellenhöhen von 11,6 m. Auch Schweden meldete Böen von 38 m/s. Am 11. März brachte Tief KYRRE in Norwegen mit einem Mittelwind von 33,1 m/s und Böen von 44,8 m/s und einem Niederschlag von 170 mm/72 Stunden.

April 2014
April brachte sehr schwere Gewitter mit starkem Niederschlag und Wind, aber auch mit großem Hagel oder Graupel und vielen ungewöhnlich intensiven Blitzen, die Schäden und sogar Todesfälle verursachten. Solche Ereignisse wurden von Dänemark und der Türkei in der ersten Hälfte des Monats und von Frankreich, den Niederlanden, Deutschland, Österreich, Polen und der Tschechischen Republik in der zweiten Hälfte des Monats gemeldet Vom 16. - 22. April 2014 führten hohe Niederschläge im Balkan mit 5-Tagesniederschlagssumme von über 100 mm zu Überschwemmungen vor allem in Rumänien.

Mai 2014
Der Mai brachte großflächige Niederschläge über dem Balkan, vor allem vom 12.-16. Mai mit einer 5-Tagesniederschlagssumme von über 150 mm. Die Länder Tschechien, Slowakei, Polen, Ungarn, Serbien, Slowenien, Kroatien, Bosnien und Herzegowina, Rumänien und Bulgarien waren betroffen. Die meisten Schäden durch Überschwemmungen ereigneten sich in Serbien und Bosnien und Herzegowina wobei 86 Menschen starben und sich der Schaden auf 3.600 Mio. US$, gemäß Münchener Rück, belief. Die Einzugsgebiete der Save, der Morava, der unteren Drau und unteren Theiß, welche alle in der Region um Belgrad in die Donau münden waren von den Überschwemmungen betroffen. Diese Gebiete waren im Balkankrieg vermint worden. Die vom Wasser weggeschwemmt Minen behinderten nicht nur die notwendigen Rettungsmaßnahmen, sondern machen alle bisherigen Kartierungen dieser Minenfelder nutzlos.

Juni 2014
Zu einer außergewöhnlichen Hitzewelle (Tagesmaximumtemperaturen über 30°C) in Mittel- und Westeuropa kam es vom 7. bis 13. Juni 2014. Diese wurde durch Gewitter mit Starkregen, Sturm, Hagel und schweren Blitzschlag begleitet. In Deutschland kam es in Düsseldorf durch umgestürzte Bäume am 9. Juni zu 6 Todesopfern und erheblichen Schäden. Fast 70 Personen wurden verletzt. Laut der Deutschen Rückversicherung bezifferte sich der versicherte Gesamtschaden von Sturmtief ELA bundesweit auf rund 650 Mio. €, in ganz Europa 3.500 Mio. US$ gemäß Münchener Rück.
Die 2. Dekade des Juni 2014 brachte in mehreren Phasen sehr schwere bis extrem starke Niederschläge in den zentralen und östlichen Mittelmeerraum sowie den Balkan. An vielen Stationen wurden 50 mm oder mehr in der Zeit vom 14.-19. Juni gemessen. An der Station Varna wurden 178 mm aufgezeichnet was etwa der 5-fachen mittleren monatlichen Niederschlagssumme beträgt. Dies verursachte eine Überschwemmung am 19. Juni in Varna mit mindestens 5 Todesopfern.

Juli 2014
Juli 2014 zeichnete sich durch viele Tage mit Gewitter verbunden mit extrem starken Winden, starken bis extrem starken Niederschlägen, teilweise Hagel sowie bemerkenswert viele intensive Blitzschläge aus. Schäden wurden aus Frankreich, den Niederlanden, Deutschland, der Schweiz, Österreich, Polen, Italien und der Türkei gemeldet.

August 2014
Im Sommer 2014 herrschte in Finnland eine außergewöhnlich lange Hitzewelle (Temperaturen von mehr als 25°C) von 38 Tagen. Im Sommer 1973 wurde in Finnland ebenfalls eine Hitzewelle von 38 Tagen beobachtet. Seit beginn der verfügbaren Messungen 1961 kamen solche außergewöhnlich lange Hitzewelle noch 1973, 2003 und 2010 vor. Dieses Jahr im Juni war die Hitzewelle im ganzen Land spürbar, während 2010 die Hitze sich auf den südlichen Landesteil beschränkte. Dennoch wurden 2010 in vielen Teilen Finnlands Temperaturrekorde gebrochen. Finnlands Rekord Maximumtemperatur von 37,2°C wurde

am 29. Juli 2010 am Joensuu Flughafen in Liperi beobachtet. Die höchste Temperatur in diesem Sommer war 32,8°C gemessen an der Station Pori am 4. August. In Schweden führte die Trockenheit mit starken Winden zu einem Waldbrand bei dem 25 Häuser/Gebäude zerstört und mehr als 150 km² Wald vernichtet wurden.

September 2014

Positive Temperaturanomalien gab es im September 2014 in fast ganz Europa. Irland berichtet über höhere Mitteltemperaturen als im August 2014 an mehr als der Hälfte der Stationen. Die höchste mittlere Monatstemperatur von 15,7°C wurde am Valentia-Observatory beobachtet (wärmster September seit 1991). In Dänemark betrug die Tagesmitteltemperatur im September 2014 14,6°C, es war der siebtwärmste September seit Beginn der verfügbaren Temperatur Messungen im Jahre 1874 und der wärmste seit 2006. In Norwegen lag der September unter den 10-wärmsten seit Beginn der Messungen. Die wärmste Station war Sognefjellhytta mit einer Temperaturabweichung von +3,8 K vom vieljährigen Mittel.

Zu Beginn des Monats führte konvektiver Niederschlag an der Adriaküste in Italien zu einigen Niederschlagsrekorden. An der Station ENAV di Pescara verdoppelte sich der monatliche Rekordniederschlag von 214,8 mm aus dem Jahr 1973 auf 479,3 mm. Vom 16. bis 20. und am 29. September 2014 fanden zwei extreme Niederschlagsereignisse in Südfrankreich statt. Das Ergebnis waren schwere Überschwemmungen und Schlammlawinen. Der Schaden war beträchtlich mit mehreren Verletzten. Der Tagesniederschlag von 299,5 mm in Montpellier hatte eine Wiederkehrzeit von 100 Jahren. Die Summe des monatlichen Niederschlags in Montpellier betrug 503 mm.

Oktober 2014

Die mittlere monatliche Maximumtemperatur in Dänemark war mit 14,5°C die drittwärmste und lag 0,4°C unter dem des absoluten Maximums aus dem Jahr 2006. Die mittlere monatliche Minimumtemperatur belegte mit 9,3°C Platz zwei. Die Monatsmitteltemperatur lag bei 12,1°C, somit war dies der zweitwärmste Oktober seit Beginn der Messungen (1874). Diese lag nur 0,1°C unter der des wärmsten Oktober im Jahre 2006 mit 12,2°C. Auch die Schweiz vermeldete den viertwärmsten Oktober seit Messbeginn vor 150 Jahren. In Locarno-Monti erreichte der Oktober 2014 Platz 2 mit 14,5°C, ähnlich wie der Oktober 2006. Nur der Oktober 2001 war wärmer mit 14,8°C. Die homogene Messreihe von Locarno-Monti beginnt im Jahr 1883.

Am 25. kam es zu heftigen frontalen Niederschlägen über Westschottland mit ungewöhnlich hohen Summen von 200 mm in drei Tagen. Die Monatssumme betrug 141 % des durchschnittlichen Solls und war der drittnasseste Oktober in Schottland seit die historische Reihe 1910 begann, und der feuchtesten Oktober seit 1954.

November 2014

In Österreich lag die Monatsmitteltemperatur im November 2014 +3,6 K über dem vieljährigen Mittel und ist somit der wärmste November seit Beginn der verfügbaren Messungen im Jahr 1767. Der bisherige Rekord wurde im November 1926 mit +3,4 K über dem Mittelwert registriert. Der November ist bereits der neunte Monat des Jahres, der wärmer als der Durchschnitt war. Nur Mai und August waren in Österreich etwas kühler als die jeweiligen klimatologischen Mittel.

Auch in der Schweiz beobachteten mehrere Stationen Temperatur Allzeitrekorde. An der Station Elm wurde eine Anomalie von +4,5 K gemessen, der wärmste November seit Beginn der Messungen im Jahr 1878. Für die gesamte Schweiz ergab sich eine Anomalie von +3,1 K, der zweitwärmste November seit Beginn der Messungen im Jahr 1864.

Gleichzeitig wurde an der Schweizer Station Lugano im November eine Rekordniederschlagssumme von 587 mm beobachtet. Es war die höchste monatliche Niederschlagssumme in der 151-jährigen Messreihe. Der bisherige Rekord von 536 mm wurde im November des Jahres 2002 gemessen. Vom 2. bis 17. November 2014 registrierte die Station Camedo in Centovalli 1080 mm Niederschlag. Als Ergebnis dieser enormen Niederschläge traten Überschwemmungen am Lago Maggiore und Lago di Lugano auf. Diese Unwetter in Frankreich, Italien und der Schweiz forderten 20 Todesopfer und einen Sachschaden von 260 Mio. US$ (gemäß Münchener Rück).

Dezember 2014

Im Dezember 2014 überquerten mehrere atlantische Tiefdruckgebiete mit Stürmen und Starkniederschläge Irland, Schottland, Dänemark und Norwegen. Am 9. Dezember verzeichnete Edinburgh 53 mm Regen und Böen von 34 m/s in. Ein anderes Tiefdruckgebiet brachte am 10. Dezember Windböen von bis zu 32 m/s über den Norden Großbritanniens. Böen von 40 m/s wurde bei Needles (Isle of Wight) am 12. Dezember aufgezeichnet. In Dänemark war es der viertfeuchteste Dezember, seit Messbeginn im Jahre 1874 zusammen mit 1993. Auch Windböen von bis zu 30 m/s wurden in Dänemark gemessen. Norwegen berichtet über Niederschläge von mehr als 200 % an der Westküste mit 642,7 mm an der Station Hovlandsdal. Einige Stationen meldeten neue tägliche Niederschlagsrekorde.

Quellen und Referenzen:

Allgemein:

Annual Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html)

Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71-99, doi:10.5194/essd-5-71-2013.

Blunden, J. and D. S. Arndt, Eds., 2015: State of the Climate in 2014. Bull. Amer. Meteor. Soc., 96 (7), S1–S267.

Brugge, R. (2014): World Weather News 2014; University of Reading, UK; http://www.met.reading.ac.uk/~brugge/world2014.html

Dartmouth Flood Observatory (http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html)

Deutsche Rückversicherung 2015: Sturmdokumentation 2014 Deutschland. (http://www.deutscherueck.de/fileadmin/user_upload/Sturmdoku_2014_WEB.pdf)

European Severe Weather Database ESWD (http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi)

European Climate Assessment & Dataset ECA&D (http://www.ecad.eu/)

Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201"

KNMI/DWD: 2014 warmest year on record in Europe http://cib-dev.knmi.nl/mediawiki/index.php/2014_warmest_year_on_record_in_Europe

Monatliche Berichte und Pressemitteilungen der Nationalen Meteorologischen und Hydrologischen Dienste in der RAVI (Links siehe in http://www.wmo.int/pages/members/region6_en.html)

Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html)

Monthly Event Calendars, (http://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm_int_sse.html)

Münchener Rückversicherungs 2015: TOPICS GEO Naturkatastrophen 2014. (https://www.munichre.com/touch/publications/de/natural_hazards/index.html)

NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2014, published online January 2015, retrieved on August 3, 2015 from http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201413.

Satellite Application Facility on Climate Monitoring CM SAF (http://www.cmsaf.eu)

Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) (http://gpcc.dwd.de)

WMO, 2015: WMO statement on the status of the global climate in 2014. WMO-No. 1152, World Meteorological Organization, 19 pp. https://drive.google.com/open?id=0BwdvoC9AeWjUYVFpSTczelJNTFU&authuser=0

Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

Haeseler S. 2014: Extreme Wellen in Keltischer See und Ärmelkanal am 14./15. Februar 2014 (http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/wellen/20140227_wellen_keltischesee.html)

Haeseler S., C. Lefebvre 2014: Sturmflut an der europäischen Atlantikküste Anfang Februar 2014 (http://www.dwd.de/DE/presse/hintergrundberichte/2014/Sturmflut_Westeuropa_PDF.pdf)

MeteoFrance: Bulletin climatique Janvier 2014

ZAMG, 01.02.2014:Extreme Schneemengen in Sued-Oesterreich

DWD, 5 February 2014: Viel Schnee in den Südalpen - Hochwasser Italien Ende Januar /Anfang Februar 2014

Serbien (Hidmet): Räumliche Verteilung der Niederschläge vom 12 bis 18 Mai 2014

Slovenien: News 16 May 2014: Extrem hohe Niederschläge Mitte Mai 2014 (google translation)

Serbien (Hidmet): 5 Juni 2014: MESEÈNI BILTEN ZA SRBIJU MAJ 2014. godine

Ziese M., A. Becker 2014: Sechstageregen bringt Europa schon das zweite „Jahrhunderthochwasser" innerhalb von 12 Monaten

Das Jahr 2014 im globalen Überblick

A. Becker, C. Lefebvre

Temperatur

Das Jahr 2014 war das wärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Messungen, wobei im Jahresverlauf mehrere Monate (Mai, Juni, August, September, Oktober und Dezember) die weltweit bisher wärmsten Einzelmonate waren. Die globale Jahresmitteltemperatur lag nach Angaben der WMO um 0,57 ± 0,09 K über dem Mittel des internationalen Referenzeitraums 1961-1990, wobei sich dieser Wert aus dem Mittel der globalen Temperaturdatensätze des UK Met Office Hadley Centre und der Climate Research Unit der University of East Anglia, des National Climate Data Centre der NOAA und des Goddard Institute for Space Studies der NASA ergibt. Besonders bemerkenswert ist dabei, dass anders als in den bisher wärmsten Jahren, das Jahr 2014 nicht mit einer El Niño-Phase begann. Erst zum Jahresende hin entwickelten sich im tropischen Ostpazifik überdurchschnittliche Oberflächentemperaturen, die in den Grenzbereich eines El Niño-Ereignisses gerieten.

Nach der neuesten Version des Datensatzes der globalen Oberflächentemperatur der NOAA, dem NOAAGlobalTemp v4.0.0, in die der neu erstellte Datensatz der Meeresoberflächentemperaturen, ERSST.v4, eingeht (beide im Juni 2015 veröffentlicht), betrug der Anstieg der Globaltemperatur von 2000 bis 2014 pro Dekade 0,112 K. Dadurch liegt auch dieser im Wertebereich, den der Weltklimarat 2013 für den langfristigen Trend von 1951-2012 mit 0,12 [0,08 – 0,14] K pro Dekade veröffentlicht hat. Damit wird die Diskussion über die Bedeutung des sogenannten Hiatus der globalen Erwärmung mit lediglich 0,05 K pro Dekade von 1998-2012 zunehmend hinfällig.

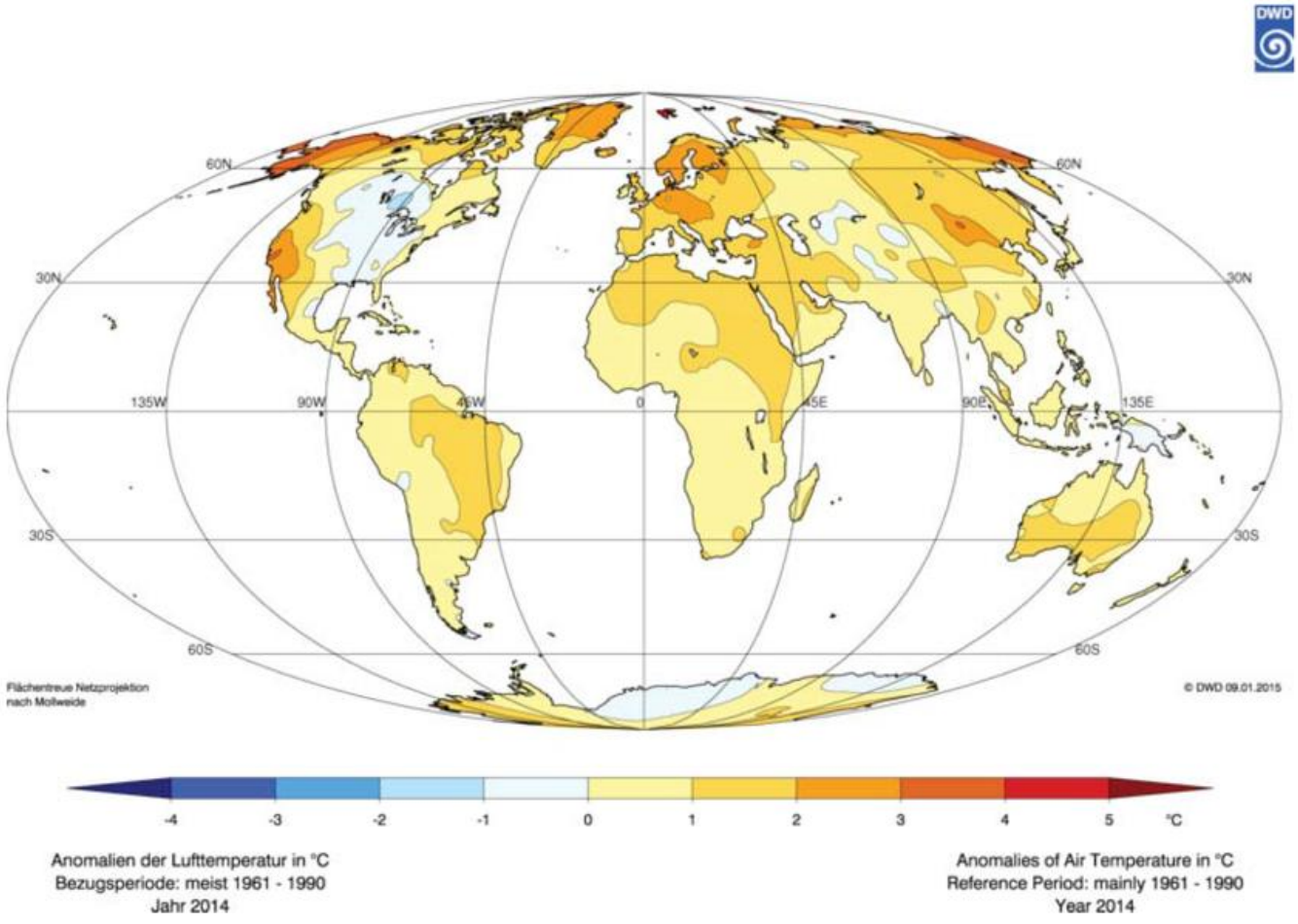


Abb. 1: Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 2014 vom Mittel des Zeitraums 1961-1990

Die regionale Verteilung der Anomalien der Jahresmitteltemperaturen (Abb. 1) zeigt, dass die höchsten positiven Abweichungen mit bis zu +4 K im Südwesten der USA, in Alaska, auf Spitzbergen, in Ostsibirien und in der Mongolei beobachtet wurden. Aber auch in Mittel- und Nordeuropa, auf Grönland und im Norden Sibiriens war es noch bis zu +3 K zu warm. In Europa verzeichneten 19 Länder das bisher wärmste Jahr. Dagegen blieben die Temperaturen im Osten der USA und Kanadas weiträumig unter dem Durchschnitt

Hier war besonders der Winter 2013/2014 ungewöhnlich kalt, im Bereich der Großen Seen sogar um bis zu -5 K. Aber auch im Frühling lagen die Temperaturen unter dem Durchschnitt, im zentralen Kanada sogar noch um -2 bis -3 K, was dazu führte, dass zwei Drittel der Großen Seen bis Anfang April zugefroren blieben. Die markanten Temperaturunterschiede zwischen dem Westen und Osten Nordamerikas wurden vor allem durch einen stabilen Höhentrog verursacht, mit dem laufend Kaltluft in den Osten des Kontinents und gleichzeitig milde Meeresluft nach Europa geführt wurde. Kanada verzeichnete das kälteste Jahr seit 1996. Im Osten der USA gehört 2014 in 6 Staaten zu den 10.-kältesten, während es im Südwesten der USA in 8 Staaten zu den 10.-wärmsten zählt. In Alaska, Kalifornien, Arizona und Nevada war es sogar das bisher wärmste Jahr, ebenso in Mexiko. Das Jahr 2014 war auch für Europa das bisher wärmste Jahr, so wie für 19 seiner Staaten, unter anderen Deutschland, Österreich, Frankreich, Belgien, Großbritannien und Schweden. Der Winter fiel mit Ausnahme der Iberischen Halbinsel und Irlands um mehr als +2 K zu mild aus. In Mitteleuropa war er verbreitet um +3 bis +4 K und in Skandinavien sogar um +4 bis +5 K zu warm. Auch der Frühling war in Europa fast durchweg um +2 bis +3 K wärmer als üblich. Noch höher waren jedoch die Abweichungen zu den Mittelwerten in Russland, wo der wärmste Frühling seit Beginn regelmäßiger Messungen 1936 beobachtet wurde. In West- und Mittelsibirien bewegten sich die Anomalien weiträumig zwischen +4 und +7 K, was dazu führte, dass am Fluss Ob das Eis im April so früh aufbrach wie es in den letzten 100 Jahren nicht geschehen war.

In Afrika waren der Norden und verbreitet auch der Osten nördlich des Äquators um +1 bis +2 K zu warm. Im Norden waren alle Jahreszeiten verbreitet um +1 bis +2 K zu warm. Herbst und Frühling regional auch um +2 bis +3 K.

Auch Australien verzeichnete Wärmerekorde. Besonders heiß war es um den Jahreswechsel 2013/2014 und im Januar, als der Kontinent, insbesondere die Osthälfte, mehrere Hitzewellen erlebte, bei denen die Temperaturen weiträumig 40°C und mehr erreichten. Teilweise lagen die Tagesmaxima um bis zu +12 K über den vieljährigen Mittelwerten. Der darauf folgende Herbst war weiträumig um +1 bis +2 K zu warm und der 3.-wärmste des Kontinents. Der Frühling, in dem die Temperaturen in der Südhälfte weitflächig um +2 bis +3 K über dem Durchschnitt lagen, war der bisher wärmste und so traten schon früh Busch- und Waldbrände auf. Nach dem bisher wärmsten Jahr 2013 wurde 2014 das 3.-wärmste Jahr des Kontinents.

Für Südamerika war 2014 das zweitwärmste Jahr nach 2012. Hier waren Winter und Frühling vor allem in der Osthälfte überwiegend um +1 bis +2 K zu warm, der Frühling in zentralen Teilen des Kontinents um +2 bis +3 K.

Niederschlag

Die globale Niederschlagshöhe lag nach Aussagen des National Climate Data Centers der NOAA (USA) im Bereich des Mittelwerts des Referenzzeitraums 1961-1990 von 1.033 mm. So wurde auf Basis des Global Historical Climatoloy Networks (GHCN) der NOAA über Land das Jahressoll im Mittel nur um -2 mm unterschritten. Das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) stellt auf Basis seines Monitoring Produktes eine Unterschreitung um immerhin -16 mm fest. Dabei ist die Abweichung der globalen Mittel beider renommierter Datenzentren voneinander um mehr als 10 mm bemerkenswert, da sie historisch gesehen (seit 1900) nur selten vorkommt, zuletzt allerdings neben 2014 auch im außerordentlich nassen La Ninja Jahr 2010. Eine Ursache für Abweichungen kann im verstärkten Auftreten von extremen und kleinräumigen Niederschlagsereignissen liegen. Wie die Abb. 2 und 3 zeigen, gab es nämlich regional durchaus große Abweichungen zu den Mittelwerten.

Diese waren in Nordafrika besonders auffällig. Sehr ergiebiger Regen führte im Herbst zu Überschwemmungen in Äthiopien, dessen Niederschlag im Oktober teilweise das Vierfache des Solls überstieg. Marokko war vor allem im November betroffen. Sich sehr weit nach Süden verlagernde Tiefdruckgebiete und überdurchschnittlich hohe Wasseroberflächentemperaturen brachten neben der Iberischen Halbinsel, dem Nordwesten Afrikas und den Kanarischen Inseln ungewöhnlich viel Regen, der Sturzfluten und Überschwemmungen auslöste. In mehreren Regionen Marokkos fiel in wenigen Tagen hintereinander teilweise so viel Niederschlag wie sonst in einem Jahr. Mindestens 30 Menschen fanden den Tod. In Agadier (Al Massira) gab es mit 381 mm knapp das 13-fache des Monatssolls, das gerade mal 30 mm beträgt. Alleine in den 24 Stunden bis zum 29. November, 6 UTC gingen 117 mm Regen nieder.

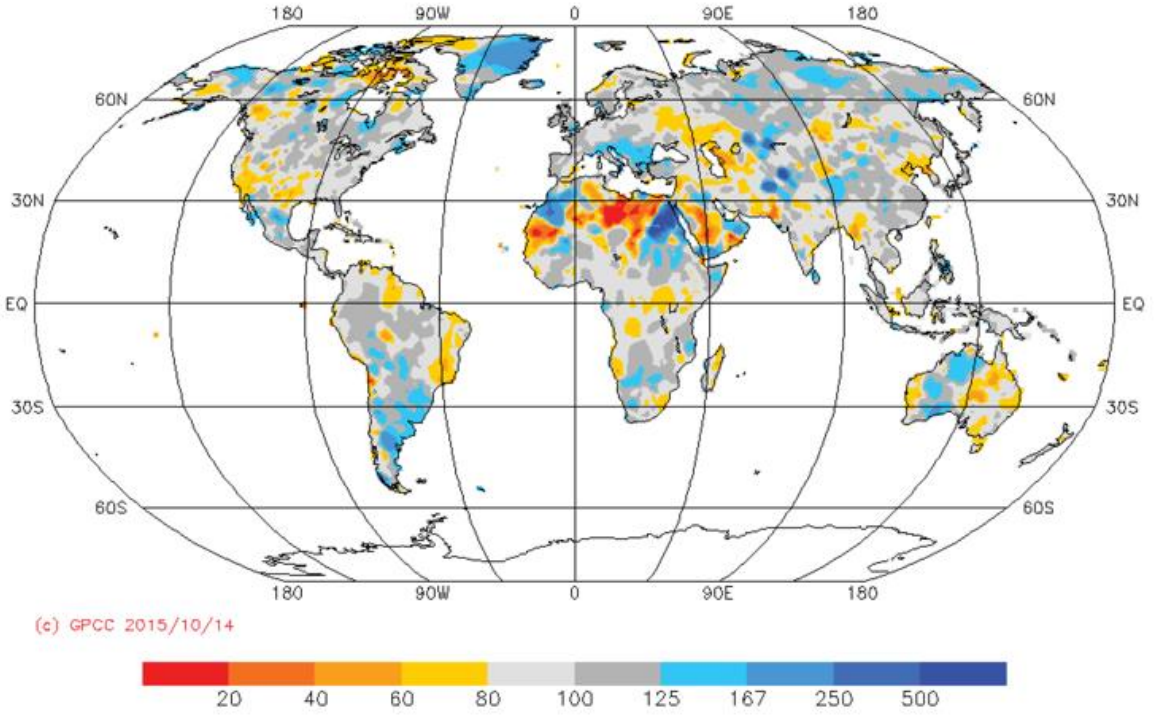


Abb. 2: Niederschlagshöhen des Jahres 2014 in Prozent vom Mittel des Zeitraums 1951-2000 (Analyse des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie)

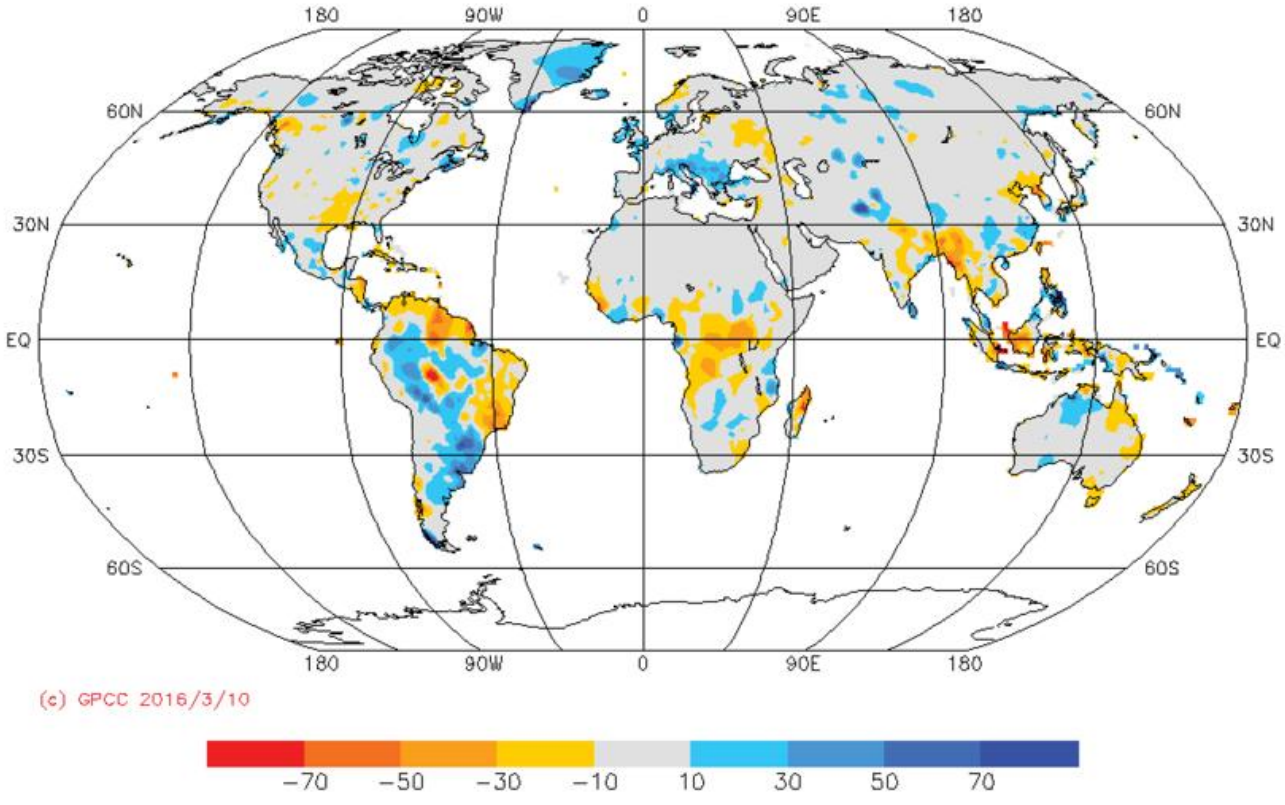


Abb. 3: Abweichungen der Niederschlagshöhen des Jahres 2014 vom Mittel des Zeitraums 1951-2000 (Analyse des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie) in mm pro Monat.

Jahresniederschläge, die die Mittelwerte weiträumig um die 50 % oder mehr überstiegen, wurden vor allem im Raum um den Norden Argentiniens, Paraguays, Boliviens und Südbrasiliens verzeichnet. Erstmals seit 2003 verzeichnete Argentinien wieder einen überdurchschnittlichen Jahresniederschlag, was auf den ungewöhnlich niederschlagsreichen Zeitraum von Januar bis Oktober zurückzuführen war. Vom Süden Boliviens über Paraguay bis nach Südbrasilien fielen Mai und Juni mit mehr als 250 % der vieljährigen Mittelwerte ungewöhnlich nass aus. Dagegen war es in der Mitte und im Osten Brasiliens wie auch im äußersten Norden des Kontinents ungewöhnlich trocken. Gebietsweise gab es zum Ende des Jahres erheblichen Wassermangel, so auch im Raum São Paulo.

Von Jahresniederschlägen, die die Mittelwerte um 50 % und mehr überstiegen, wurde Südosteuropa betroffen. Hier fielen vor allem im Mai Starkniederschläge, die zu Überschwemmungen und Schlammlawinen in Bosnien und Herzegowina, Kroatien, Serbien, Rumänien, Bulgarien und der Slowakei führten. Und auch im September gab es dort noch einmal mehr als das Doppelte der Mittelwerte, in Tschechien mehr als das 3-fache und in der Türkei teilweise mehr als das 5-fache. In Frankreich fiel im Juli und August zusammen noch nie so viel Regen wie im Jahr 2014. Portugal verzeichnete das nasseste Jahr der letzten 25 Jahre und Großbritannien erlebte den nassesten Winter seit Beginn der Messreihe 1910. Im Januar und Februar verursachten eine Reihe kräftiger Tiefdruckgebiete über dem Nordostatlantik neben kräftigem Regen auch Sturm, hohen Wellengang mit signifikanten Wellenhöhen bis um 10-11 m und an den Küsten Westeuropas Sturmfluten, die hohe Schäden verursachten.

In Indien setzte der Südwestmonsun um etwa 5 Tage später als gewöhnlich ein und brachte 88 % der mittleren Niederschlagssumme. Durch Starkniederschläge im Nordosten Indiens und in Bangladesch im August und September sowie in Pakistan im September wurden Überschwemmungen ausgelöst, von denen insgesamt fast 4 Mio. Menschen betroffen waren. Mehr als 200.000 Menschen mussten zeitweise ihre Wohnorte verlassen.

Eine schwere Dürre herrschte dagegen im Westen der USA. Schon seit 2011 leidet insbesondere Kalifornien unter Trockenheit. Zwischen November 2013 und Ende Oktober 2014 fielen lediglich 59 % der erwarteten Niederschlagsmenge (Bezugsperiode 1961-1990). Schon Mitte Januar wurde der Dürrenotstand mit dem Gebot Wasser einzusparen ausgerufen. Im Februar betraf eine „außergewöhnliche Dürre" (D4, höchste Skalenausprägung) ca. 25 % des Staatsgebietes, von Juli bis Oktober 2014 waren es 58 %. Aber auch in den mittelamerikanischen Staaten Honduras, das im Juli den Notstand ausrief, wie auch Guatemala, El Salvador und Nicaragua. Deutliche Niederschlagsdefizite gab es aber auch um das Kaspische Meer, im Nordosten Chinas und in der Osthälfte Australiens.

Nach Aussagen des Global Snow Lab an der Rutgers Universität der USA, lag die Schneebedeckung der Nordhalbkugel im Winter über dem vieljährigen Mittel, im Frühling war sie die 3.-niedrigste und im darauf folgenden Herbst die bisher höchste der 1966 beginnenden Zeitreihe. Auch Nordamerika verzeichnete im Herbst die bisher höchste Schneebedeckung. Mitte November führte ein Schneesturm im Bundesstaat New York zum Lake-Effekt, bei dem ungewöhnlicher Weise in 24 Stunden bis zu 127 cm Schnee fielen. Alles in allem fiel das Jahr durch seine hohe hydro-klimatische Intensität mit starken regionalen und saisonalen Anomalien und eher unauffälligen Jahresmitteln auf.

Tropische Wirbelstürme

Die Zahl der tropischen Wirbelstürme lag mit 78 weltweit unter dem Mittel von 89 des Zeitraums 1981-2010. So verhielt es sich auch mit der Anzahl im Nordatlantik. Hier gab es 8 benannte Stürme (im Mittel 12), von denen sich 6 zu Hurrikanen entwickelten. Eine größere Anzahl wurde hingegen im östlich Nordpazifik beobachtet, wo im Mittel 15 benannte Tropenstürme gezählt werden. Hier traten zwischen dem 22. Mai und dem 5. November 20 Tropenstürme auf, wovon ungewöhnlicherweise gleich zwei Hawaii bedrohten. Am 8. August überquerte Hurrikan ISELLE die Hauptinsel und löste hier örtlich mehr als 300 mm Regen und Sturm mit Böen bis um 100 km/h aus. Zeitgleich näherte sich von Osten Hurrikan JULIO, der aber nordöstlich an der Inselgruppe vorbeizog. Die Hawaii-Inseln im zentralen Pazifik werden nur sehr selten direkt von einem tropischen Sturm überquert. Zuletzt machte dies 1992 der Kategorie-4-Hurrikan INIKI. Im September zog dann Hurrikan ODILE direkt über die Kalifornische Halbinsel hinweg und brachte hier Starkniederschläge. Im Nordwestpazifik entwickelten sich im Jahresverlauf 22 benannte Wirbelstürme, womit der Mittelwert von 26 leicht unterschritten wurde. Davon erreichten 11 Taifunstärke. Hervorzuheben ist der Taifun RAMASSUN, der am 15. Juli 2014 mit Windgeschwindigkeiten (1-Minuten-Mittel) bis um 200 km/h zunächst den Norden der Philippinen überquerte, wo er u.a. in 6 Stunden 181 mm Regen (Wetterstation Legazpi) auslöste und mehr als 90 Tote hinterließ. Er zog weiter über das Südchinesische Meer und mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 250 km/h (1-Minuten-Mittel) als Supertaifun über den Nordosten der Insel Hainan auf das südostchinesische Festland. Laut dem chinesischen Wetterdienst war er der stärkste Taifun seit 1973, der in Südchina auf Land traf. Insgesamt machten 2014 fünf Taifune Landgang auf dem chinesischen Festland, wodurch ein wirtschaftlicher Schaden von 10 Mrd. US$ entstand. Über dem Nordindischen Ozean entwickelten sich drei tropische Zyklonen, womit der Mittelwert von vier im Zeitraum 1981-2010 leicht unterschritten wurde. Von ihnen gelangte HUDHUD mit Windgeschwindigkeiten von 170-180 km/h bei

Visakhapatnam in den Osten Indiens. Obwohl vorweg fast 400.000 Menschen in Sicherheit gebracht worden waren, kamen im Bundesstaat Andrah Pradesh noch mehr als 30 Personen ums Leben. Über dem Südwestindik entwickelten sich in der Saison 2013/2014 insgesamt 9 tropische Zyklonen, was dem vieljährigen Mittel entspricht. Auch über dem australischen Seegebiet wurde mit 11 tropischen Wirbelstürmen der vieljährige Mittelwert getroffen. Am stärksten war der Zyklon ITA, der in seinem Anfangsstadium als tropisches Tief Anfang April zunächst auf den Salomonen, einer Inselgruppe im Südpazifik nordöstlich von Australien, für Starkregen und Überschwemmungen sorgte. Am 11. April überquerte er mit der Stärke eines Kategorie-4-Hurrikans (Saffir-Simpson-Skala) Lizard Island, eine Insel nordnordwestlich von Cape Flattery, bevor er kurz darauf unweit dieses Kaps an Land ging. Von dort aus zog er bis zum 12. April im Küstenbereich südostwärts, um dann wieder auf das Wasser zurückzukehren. ITA löste entlang der Ostküste von Queensland innerhalb von 24 Stunden extreme Niederschläge von 100 bis 300 mm aus. Im Südwestpazifik blieb die Zahl der tropischen Wirbelstürme mit nur 5 in der Saison 2013/2014 deutlich unter dem vieljährigen Mittelwert von 12.

Meereis

Die Eisbedeckung des arktischen Meereises hat einen ausgeprägten Jahresgang mit der größten Ausdehnung im März und der geringsten im September. Die geringste Eisbedeckung wurde mit 5,02 Mio. km^2 am 17. September beobachtet. Sie war damit der des Vorjahres sehr ähnlich und verdrängte diese von Platz 6 der niedrigsten Eisausdehnung in der Zeitreihe der Satellitenbeobachtungen seit 1979. Demgegenüber erreichte die Meereisbedeckung in der Antarktis, die im September die größte Ausdehnung einnimmt, mit 20,11 Mio. km^2 nun schon im dritten Jahr in Folge einen neuen Spitzenwert.

Quellen:

BAMS, 2015: The State of the Climate in 2014, BAMS Vol.96, No. 7 http://www.ncdc.noaa.gov/bams-state-of-the-climate/2014.php

Becker, A., Haeseler, S., Lefebvre, C., Ziese, M., Bissolli, P., 2014: Anhaltend meridionale Strömung und hohe Wassertemperaturen von Mittelmeer und Ostatlantik sorgen für extreme Niederschlagsanomalien in Europa und Nordafrika. http://www.dwd.de

Haeseler, S., Lefebvre, C., 2014: Hitzewellen in Australien im Sommer 2013/2014. http://www.dwd.de

Haeseler, S., Lefebvre, C., 2014: Sturmflut an der europäischen Atlantikküste Anfang Februar 2014. http://www.dwd.de

Haeseler, S. 2014: Anhaltende Dürre in Kalifornien im Januar 2014. http://www.dwd.de

Haeseler, S. 2014: Hawaii wird im August 2014 innerhalb weniger Tage durch zwei Hurrikans, ISELLE und JULIO, gefährdet. http://www.dwd.de

Haeseler, S. 2014: Supertaifun RAMMASUN zieht im Juli 2014 über die Philippinen und Südchina. http://www.dwd.de

Haeseler, S. 2014: Tropischer Zyklon ITA trifft am 11. April 2014 auf die Nordostküste Australiens. http://www.dwd.de

NOAA National Centres for Environmental Information, 2015: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature Version 4 http://www.ncdc.noaa.gov/news/extended-reconstructed-sea-surface-temperature-version-4

Wittich, K.-P., Ziese, M., Becker, A., 2015: Selbst am Ende der Regenzeit: Keine Entspannung für Dürreperiode in Kalifornien. http://www.dwd.de

WMO, 2015: WMO statement of the global climate in 2014, WMO-No 1152 https://www.wmo.int/media/sites/default/files/1152_en.pdf

Erste Ansätze einer Phänologischen Klimatologie als Optimierungswerkzeug im Pflanzenbau

J. Peter und F. Böttcher

Neben den pedologischen Eigenschaften eines Standortes bestimmen die klimatischen Verhältnisse entscheidend die Eignung des Standortes für den Anbau von Kulturpflanzenarten im Garten- und Landbau und das Ertragspotenzial. Das Klima übt einen wesentlichen Einfluss auf das Vorhandensein und die Vielfalt von Arten und Vegetation in verschiedenen Gebieten aus. Umfang und Auftreten verschiedener Arten wirken im Gegenzug auf das Klima. (HEYER 1998) Extremereignisse waren und sind für den Landbau bedeutsam, in Hinblick auf die Eignung und Nutzungsmöglichkeiten (ESSL 2013). Zu den wichtigsten Extremereignissen zählen länger andauernde Trockenzeiten, Starkniederschlagsereignisse, Zeiten die durch Kälte oder Hitze geprägt sind sowie auftretende Stürme (ESSL 2013).

Vor dem Hintergrund der rezenten und projizierten Änderungen der klimatischen Randbedingungen stellt sich die Frage, ob es möglich ist, mittels einer geänderten klimatologischen Auswertemethodik, beispielsweise das Ertragspotenzial eines Standortes noch präziser zu erfassen und zu beschreiben, um im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel technologische Optimierungsmöglichkeiten, die Landtechnik und moderne Pflanzenbausysteme sowie Fortentwicklungen in den Bereichen Düngung und Pflanzenschutz heute bieten, anwenden zu können. Es wird versucht, die Zusammenhänge zwischen Ertrag und klimatischen Randbedingungen im Raum Dresden einerseits über die Betrachtung der monatsbezogenen klimatologischen Auswertungen und andererseits über die klimatologischen Beobachtungen, die sich auf der Basis der phänologischen Jahreszeiten ableiten lassen, zu beschreiben.

Dazu wurde eine Auswahl von Klimaelementen und Auswerteprozeduren getroffen, denen im Kulturpflanzenbau besondere Bedeutung zugeschrieben werden. Die hier ausgewerteten meteorologischen Daten wurden an der DWD-Wetterwarte Dresden-Klotzsche gewonnen. Die landwirtschaftlichen Ertragsdaten stammen aus den um die Stadt Dresden gelegenen Landkreisen.

Bedeutung der Klimaelemente für den Kulturpflanzenanbau

Solarstrahlung und Temperatur

Die Pflanzen benötigen Energie für die Fotosynthese. Die Hauptenergiequelle der Pflanzen stellt die Sonne, mit der von ihr ausgehenden Solarstrahlung, dar und bildet damit die Grundlage der Fotosynthese. (HEYER 1998). Die Globalstrahlung setzt sich aus direkter und indirekter Strahlung zusammen, die die Erdoberfläche auf direktem Weg erreicht. Diese Messgröße erlaubt es, Aussagen über die auf einer horizontalen Fläche der Erde ankommende Strahlungsenergie zu treffen. Diese kann in Wärme gewandelt werden (MALBERG 1994).

In niedrigen Pflanzenbeständen reduziert sich die Globalstrahlung. Die Strahlungsinterzeption beschreibt den Verlust der Strahlung. Diese Größe definiert nicht das Verhältnis der Blattfläche zur Bodenfläche, wie es beim Blattflächenindex üblich ist, sondern das Verhältnis zum Bestandsvolumen. Damit besteht die Möglichkeit den vielfältigen Blattanordnungen und -stellungen verschiedener Kulturen gerecht zu werden. Der Neigungswinkel der einfallenden Strahlung ist ein weiterer Einflussfaktor. Die Flussdichte der Strahlung nimmt von der Oberfläche des Bestandes bis zum Boden ab. Die Stärke des Rückgangs ist abhängig von der Bedeckung. Der überwiegende Teil der Strahlung, der auf die Bestandsfläche trifft, wird reflektiert, absorbiert oder transmittiert. Diese Vorgänge sind abhängig von der Wellenlänge. Bei grünen Flächen wird ein Maximum an Reflektion bei einer Wellenlänge von 550 nm erreicht. Nahezu 40 % der auftreffenden Strahlung werden bei dieser Wellenlänge reflektiert. Der für die Fotosynthese relevante Anteil der Strahlung beträgt etwa 28 bis 30 % der Globalstrahlung. Etwa 45 % aus dem Wellenlängen- und Energiebereich von 400 bis 700 nm sind für Pflanzen zur Fotosynthese nutzbar. Die spektrale Zusammensetzung der Solarstrahlung am Boden einer Vegetation und deren Oberfläche unterscheidet sich aufgrund der Strahlungsinterzeption. (HEYER 1998)

Eine hohe Sonneneinstrahlung in Kombination mit einer warmen, trockenen Witterung führt dazu, dass Pflanzen transpirieren und den daraus entstehenden Wasserdampf hauptsächlich über die Stomata an die Außenwelt abgeben. Die anschließende Verdunstung ermöglicht den Pflanzen eine Regulierung ihrer Temperatur. Das Aktivieren der sogenannten Verdunstungskühlung ist durch das Öffnen und Schließen der Stomata in einem Grenzbereich möglich. Zwischen Pflanzenarten und ihren Entwicklungsstufen treten Unterschiede in der physiologischen Funktion zur Regulierung der Pflanzentemperatur auf. (HÄCKEL 2008)

Ertragsbegrenzende Faktoren sind im landwirtschaftlichen und gärtnerischen Produktionsanbau von besonderer Bedeutung. Zu diesen Faktoren zählt das Lichtklima. Prozesse des generativen und vegetativen Wachstums sowie Assimilationsvorgänge sind abhängig vom Lichtklima. Das Temperaturklima ist ein weiterer Faktor. Im Nutzpflanzenbau sind Temperaturen, die 5°C überschreiten von wesentlicher Bedeutung. Die Zeit, in

der 5°C nicht unterschritten werden, ist als Vegetationszeit definiert. Bei sensiblen Pflanzen ist es möglich, dass die Vegetationszeit durch die Anzahl frostfreier Tage zu bestimmen ist. Die Tagestiefsttemperaturen haben im Pflanzenanbau zunächst größere Bedeutung, als die Tageshöchsttemperaturen. Die Länge der Vegetationszeit steht in direktem Zusammenhang mit der Anbauwürdigkeit von Kulturpflanzen. Steigende Temperaturen und die daraus entstehende Intensivierung biochemischer Reaktionen, wirken hingegen begünstigend auf das Wachstum und die Entwicklung. Vollzieht sich ein Temperaturanstieg von +10 K innerhalb eines Temperaturintervalls von 0°C bis 30°C, bewirkt dies eine Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit. Der mit dem Temperaturanstieg verbundene Zuwachs steht direkt in Zusammenhang mit dem Bodenwasserhaushalt. Bei Wassermangel mit einhergehendem Temperaturanstieg besteht die Möglichkeit physiologischer Schäden, die ertragsmindernd wirken. Dies verdeutlicht die enge Verbundenheit der Klimaelemente miteinander. Eine individuelle Betrachtung von Faktoren ist zwar möglich, jedoch nicht aussagekräftig in Bezug auf den landwirtschaftlichen Anbau. Eine Phase, in der die Temperatur über einen längeren Zeitraum zwischen 0°C und 6°C liegen muss, damit der Eintritt in das generative Entwicklungsstadium bei Pflanzen erfolgt, wird Vernalisation genannt. (DIEPENBROCK et al. 2009)

Extremereignisse sind in der Agrarmeteorologie von besonderer Bedeutung. Eine Möglichkeit, um thermische Extremereignisse beschreiben zu können, sind die Ereignistage. Sie beschreiben das Vorkommen oder Ausbleiben von Wetterphänomen. Sie werden bestimmt, indem Tage gezählt werden an denen die Temperatur über oder unter einem definierten Wert liegt. (HEYER 1998)

Niederschlag und Bodenfeuchte

Physikalische Vorgänge, beispielsweise das Gefrieren, Kondensieren, Verdunsten oder Schmelzen, ermöglicht es dem Wasser auf der Erdoberfläche die Aggregatzustände flüssig, fest oder gasförmig anzunehmen (HÄCKEL 2008). Nicht alle Niederschläge sind erfassbar. Der Begriff Interzeption beschreibt jene Niederschläge die nicht den Boden erreichen, da sie beispielsweise an Blattoberflächen oder anderen Teilen der Vegetation verbleiben, und an dieser Stelle verdunsten bevor sie messtechnisch zu erfassen sind (HÄCKEL 2008). Mit zunehmendem Blattflächenindex steigt die Interzeption. Die Hafer- und Kartoffelkultur verzeichnet beispielsweise besonders hohe Interzeptionsverluste, während bei der Weizenkultur vergleichsweise geringe Verluste auftreten (HÄCKEL 2008). Das Element Wasser stellt für die Fotosynthese neben der Solarstrahlung und dem Kohlenstoffdioxid einen tragenden Faktor dar (HEYER 1998). Lediglich ein Prozent des Wassers ist durch den Einbau in Kohlehydrate in Kombination mit Kohlenstoffdioxid an der Photosynthese beteiligt (DIEPENBROCK et al. 2009).
Aus dem Boden aufgenommene Nährstoffe und Assimilate werden im Wasser transportiert. Neben den Merkmalen die der Boden an einem bestimmten Standort aufweist, sind es der Witterungsverlauf, die Verdunstung sowie der Verbrauch an Wasser durch die vorhandene Vegetation, die den Wasserhaushalt prägen. Vegetation bewirkt eine Oberflächenvergrößerung. Der Pflanzenbestand auf Flächen bewirkt eine natürliche Regulierung des Wasserabflusses. Treten Extremwetterereignisse, beispielsweise Starkregen auf, vermeidet Vegetation Bodenabtrag. Areale, auf denen sich Vegetation befindet, produzieren mehr Wasserdampf als unbewachsene Flächen. Dieser entweicht in die Atmosphäre. Pflanzen geben Feuchtigkeit hauptsächlich über Stomata während der Transpiration ab. Neben dem Guttations- und dem Interzeptionswasser, leistet ein feuchter Boden einen Beitrag zur Verdunstung. Bevor Wasser ungehindert in die Atmosphäre verdunstet, sind Widerstände in der Atmosphäre, im Boden und im Bestand zu überwinden. In dichten Pflanzenbeständen ist die Verdunstungsrate rückläufig. Hierbei spielt die verminderte Strahlung in den unteren Regionen des Pflanzenbestandes eine wesentliche Rolle. Der Verbrauch von Wasser durch die Pflanzen ist in etwa proportional zu ihrer Grünfläche (HEYER 1998).

Niederschläge wirken in Abhängigkeit ihrer Höhe, Verteilung und Form unterschiedlich (DIEPENBROCK et al. 2009). Bei der Verteilung von Niederschlägen sind Starkregenereignisse einerseits, sowie lang andauernde Niederschläge andererseits bedeutend. Daneben spielt natürlich auch die Niederschlagsphase (fest oder flüssig) eine Rolle. Im landwirtschaftlichen Produktionsanbau ist die Bodenfeuchte eine Größe mit großer Aussagekraft über den Bodenwasserhaushalt (HEYER 1998). Je nach Bodenart kann der Boden unterschiedliche Wassermengen speichern. Die Feldkapazität definiert die Wassermenge die der Boden gegen die Schwerkraft halten kann, ohne dass Wasser versickert (HÄCKEL 2008). Die für Pflanzen tatsächlich verfügbare Wassermenge ist geringer als die Feldkapazität und wird als nutzbare Feldkapazität definiert. Die Differenz zwischen dem Welkepunkt und der Feldkapazität entspricht der nutzbaren Feldkapazität. Wenn es den Pflanzen nicht mehr möglich ist, Wasser aus dem Boden über ihre Wurzeln aufzunehmen, ist der Welkepunkt erreicht. Zeigt die Bodenfeuchte Werte zwischen 60 und 80 %, entspricht dies einer optimalen Versorgungsgrundlage für Pflanzen. Ertrags- und Qualitätsmindernd wirken sich Bodenfeuchten aus, die unter 30 % nutzbarer Feldkapazität liegen. Überschreitet die nutzbare Feldkapazität über einen längeren Zeitraum 80 % kann dies ebenfalls zu physiologischen Schäden führen, die in der Folge ertrags- und qualitätsmindernd sind (HEYER 1998).

Phänologische Jahreszeiten

Insgesamt gibt es 10 phänologische Jahreszeiten. Der Übergang in eine phänologische Jahreszeit ist gleichgesetzt mit dem Übergang in eine neue Entwicklungsphase der Vegetation. Eine phänologische Jahreszeit wird durch eine Leitphase eröffnet und endet mit dem Einsetzen der folgenden phänologischen Jahreszeit. (DWD 2013) Die Un-

terteilung in die phänologischen Jahreszeiten ermöglicht es, zeitliche Abschnitte mit verschiedenen klimatischen Verhältnissen zu unterscheiden. Zu den nativen Hauptjahreszeiten des natürlichen Kalenders zählen der Vorfrühling, Erstfrühling, Vollfrühling, Frühsommer, Hochsommer, Spätsommer, Frühherbst, Vollherbst, Spätherbst und Winter. Der Beginn des Vorfrühlings wird durch die Blüte der Schneeglöckchen und Haselnussträucher eingeleitet und endet mit der Blüte der Salweiden. Sobald es die Feuchtigkeit im Boden erlaubt, beginnen die Arbeiten auf den Feldern und das Sommergetreide wird ausgebracht. Der Erstfrühling wird hingegen durch die Blattentfaltung der Stachelbeeren signalisiert. In dieser Jahreszeit blühen erste Obstgehölze (bspw. Stachelbeeren und Johannisbeeren) und das Sommergetreide geht auf. Das Ende dieser Jahreszeit deutet die Blattentfaltung von Rotbuche, Linde und Ahorn an. Frühblühende Äpfel oder die Blüte von Fliederbäumen bringen den Vollfrühling. In dieser Jahreszeit beginnt das Schossen beim Wintergetreide und der Roggen bildet erste Ähren. Neben blühenden Gräsern kündigt die Blüte der Holundersträucher den Wechsel in den Frühsommer an. Bei den späteren Getreidearten bilden sich Ähren oder Rispen. Der Hochsommer wird durch die Blüte der Linde oder Kartoffel eingeleitet. In dieser Jahreszeit beginnt die Getreideernte. Eine Leitphase des Spätsommers ist der Blühbeginn des Heidekrauts. Mit dem Reifen der Holunderbeeren endet der Spätsommer und der Frühherbst beginnt. Die Reife der Rostkastanien ist eine Leitphase die den Beginn des Vollherbstes ankündigt. Zu Beginn dieser Jahreszeit wird das Wintergetreide ausgebracht. (SCHNELLE 1955) Diese geht zum Ende des Vollherbstes oder Beginn des Spätherbstes bereits auf. Dann verfärben sich auch die Blätter der Stieleiche und wenn diese Blätter dann fallen, steht der phänologische Winter in den Startlöchern, der dann wider durch den Vorfrühling abgelöst wird, und auch als Vegetationsruhe bezeichnet wird.

Zusammenhang zwischen den Getreideerträgen und der Dauer phänologischer Jahreszeiten

Eine Untersuchung, ob ein Zusammenhang zwischen der Dauer phänologischer Jahreszeiten und ausgewählten Getreideerträgen besteht, wurde in verschiedenen Korrelationsanalysen untersucht. Beispielhaft sind jene Ergebnisse in Tab. 1 dargestellt, die die Beziehungen zwischen der Dauer der phänologischen Jahreszeiten vom Vorfrühling bis zum Hochsommer und den Getreideerträgen beschreiben. Aus den Analysen gingen schwach negative bis mittlere positive Korrelationen hervor. Zwischen der Dauer des Vorfrühlings und des Weizenertrages gesamt bestand beispielsweise eine schwach positive Korrelation, belegt durch einen Korrelationskoeffizienten von 0,4. Ein naheliegender Rückschluss wäre die Existenz einer Beziehung zwischen einem hohen Weizenertrag gesamt und einem lang andauernden Vorfrühling. Eine Betrachtung der einzelnen Größen der Korrelation, in diesem Fall der Entwicklung des Weizenertrages gesamt sowie der Dauer des Vorfrühlings, lässt jedoch weitere Rückschlüsse zu. Auf Seiten des Ertrages zeigte sich über den Zeitraum von 1981 bis 2010 im Raum Dresden, neben einigen Ausnahmen, eine positive Ertragsentwicklung. Ebenso ergab sich über den genannten Zeitraum eine Entwicklung, bezogen auf die mittlere Dauer des Vorfrühlings. Im dreißigjährigen Mittel dauerte dieser 35 Tage. In der ersten Dekade des Betrachtungszeitraumes zählte der Vorfrühling 30 Tage, in der zweiten 37 Tage und in der dritten 38 Tage. Aus diesen Daten ist zu schließen, dass die schwach positiven Korrelationskoeffizienten, die zunächst auf einen Ertragszuwachs in Zusammenhang mit einem lang andauernden Vorfrühling schließen lassen, tatsächlich den Zusammenhang zwischen dem positiven Ertragstrend und der Zunahme der Anzahl Tage im Vorfrühling widerspiegeln. Die Korrelationskoeffizienten, die die Beziehung zwischen den Getreideerträgen und der Dauer des Frühsommers beschreiben, festigen diese Schlussfolgerung. Koeffizienten zwischen 0,2 (Sommerweizen) und 0,5 (Roggen und Gerste) belegen schwach positive bis mittlere positive Korrelationen. Der Frühsommer dauerte in der ersten Dekade 15 Tage, in der zweiten 19 Tage und in dritten 21 Tage. Aus den phänologischen Beobachtungsdaten des dreißigjährigen Betrachtungszeitraumes erschloss sich für den Frühsommer eine mittlere Dauer von 18 Tagen. Die genannten Entwicklungen bestätigen einen Zusammenhang zwischen dem positiven Ertragstrend und den länger andauernden Vorfrühling sowie Frühsommer, welche durch positive Korrelationen belegt sind. Folglich belegen negative Korrelationskoeffizienten den Zusammenhang zwischen Ertragszunahme und einer Verringerung in der Anzahl der Tage einer phänologischen Jahreszeit im Betrachtungszeitraum. Beispielsweise sind die Beziehungen zwischen der Dauer des Erstfrühlings sowie des Hochsommers und den Ertragsdaten mit Koeffizienten zwischen -0,1 und -0,3 zu beschreiben. Aus den entsprechenden Korrelationsergebnissen wäre zunächst auf einen Zusammenhang zwischen einem hohen Getreideertrag und einem kurzen Erstfrühling beziehungsweise Hochsommer zu schließen. Tatsächlich zeichnete sich sowohl für den Erstfrühling als auch für den Hochsommer ein Rückgang in der Anzahl Tage, die diese Jahreszeit dauerte, ab. Der Erstfrühling, der im dreißigjährigen Mittel 28 Tage zählte, dauerte in der ersten sowie zweiten Dekade im Mittel 30 Tage und in der dritten 25 Tage. Der Hochsommer hingegen zählte in der ersten Dekade im Schnitt 51 Tage, in der zweiten 50 Tage und in der dritten 43 Tage. Im gesamten Jahresverlauf war der Hochsommer mit 48 Tagen nach dem Winter die längste Jahreszeit. Die schwach positiven bis schwach negativen Korrelationen im Bereich von -0,1 bis 0,1, zwischen der Dauer des Vollfrühlings und den Getreideerträgen begründen sich ebenfalls in der Anzahl Tage dieser Jahreszeit und dem positiven Ertragstrend. Diese phänologische Jahreszeit dauerte in der ersten Dekade 33 Tage, in der zweiten 28 Tage und in der dritten 32 Tage. Der Vollfrühling ist somit die einzige von den hier fünf aufgezeigten phänologischen Jahreszeiten, für die sich kein Trend bezogen auf die Zunahme oder Abnahme der Anzahl Tage ableiten ließ.

	Phänologische Jahreszeit				
Getreideertrag	Vorfrühling	Erstfrühling	Vollfrühling	Frühsommer	Hochsommer
Weizen (Gesamt)	0,4	-0,3	-0,1	0,4	-0,3
Winterweizen	0,3	-0,2	-0,1	0,4	-0,2
Sommerweizen	0,3	-0,2	0,1	0,2	-0,2
Roggen	0,4	-0,1	-0,1	0,5	-0,1
Gerste	0,4	-0,1	0,1	0,5	-0,1

Tab. 1: Korrelationsergebnisse zwischen Getreideerträgen und der Dauer vom Vorfrühling bis Hochsommer.

Vergleich der allgemeinen mit der phänologischen Klimatologie an ausgewählten Beispielen

Ein Vergleich der Mittelwerte meteorologischer Einflussgrößen in den phänologischen Jahreszeiten und in den einzelnen Monaten diente zur Darstellung und Herauskristallisierung von Unterschieden zwischen der allgemeinen und phänologischen Klimatologie. Aus einer Gegenüberstellung der Mittelwerte meteorologischer Einflussgrößen im März und Vorfrühling ging hervor, dass die Temperaturwerte, genauer die mittlere Lufttemperatur, die mittleren Tageshöchst- sowie Tagestiefsttemperaturen und die im Mittel niedrigste am Boden gemessene Temperatur, in einem Bereich zwischen 0,7 und 1,0 K voneinander abwichen. Der Vorfrühling war im Mittel wärmer als der März. Die mittlere Globalstrahlung war hingegen im Vorfrühling geringer als im März. Der Vorfrühling begann im Mittel am 25. Februar und endete am 31. März. Über die einzelnen Dekaden zeichnete sich jedoch die Tendenz eines früheren Einsetzens dieser phänologischen Jahreszeit ab. In der ersten Dekade begann der Vorfrühling im Schnitt am 05. März, in der zweiten bereits am 22. Februar und in dritten im Mittel einen weiteren Tag früher, genauer am 21. Februar. Entsprechend der Regeln der Winter- und Sommersonnenwende nimmt die mittlere Globalstrahlung ausgehend vom Dezember bis hin zum Juni zu und von diesem Punkt ausgehend wieder ab. Da in den Vorfrühling, entsprechend der zeitlichen Einordnung dieser phänologischen Jahreszeit, die Werte der mittleren Globalstrahlung aus dem Februar eingehen, ist die im Mittel niedrigere Globalstrahlung trotz der durchschnittlich höheren Temperaturen, logisch begründet.

Ein Vergleich der mittleren Temperaturgrößen im April und jenen im Erstfrühling verdeutlichte hingegen, dass die phänologische Jahreszeit im Schnitt etwas kühler war, als der April. Die mittlere Lufttemperatur lag beispielsweise im April bei 9,0°C und im Erstfrühling, welcher im dreißigjährigen Mittel vom 01. April bis 29. April dauerte, bei 8,9°C. Interessant ist die Entwicklung der Bodenfeuchte, kategorisiert nach der Anzahl Tage mit einer nutzbaren Feldkapazität gleich oder weniger 30 %, zwischen 30 und 80 % sowie 80 % und mehr, im April. Im Betrachtungszeitraum zeichnete sich für den April deutlich eine Zunahme der Anzahl Tage ab, an denen die Bodenfeuchte einer nutzbaren Feldkapazität zwischen 30 % und 80 % entsprach. In der ersten Dekade entfielen 53,3 % der Tage des Aprils in diese Kategorie, in der zweiten 63,7 % der Tage und in der dritten 72,3 % der Tage. Gleichzeitig war ein Rückgang der Anzahl Tage zu bemerken, an denen die Bodenfeuchte einer nutzbaren Feldkapazität von 80 % und mehr entsprach, denn in der ersten Dekade entfielen 46,7 % der Tage des April in diese Kategorie, in der zweiten 36,3 % der Tage und in der dritten 27,3 % der Tage. Im Erstfrühling zeichnete sich hingegen keine ähnliche Entwicklung ab. In der ersten Dekade entsprachen 56,2 % der Tage des Erstfrühlings einer nutzbaren Feldkapazität zwischen 30 und 80 %, in der zweiten 49,3 % der Tage und in der dritten 55,7 % der Tage. In die Kategorie 80 % und mehr nutzbare Feldkapazität waren in der ersten Dekade 43,8 % der Tage einzuordnen, in der zweiten 40,7 % der Tage und in der dritten 44,2 % der Tage.

Ein weiteres aussagekräftiges Beispiel im Vergleich der allgemeinen mit der phänologischen Klimatologie ging aus der Gegenüberstellung der Mittelwerte meteorologischer Einflussgrößen im Spätsommer und August hervor. Der Spätsommer dauerte im Mittel 24 Tage, begann am 05. August und endete am 28. August. Die Temperaturwerte differenzierten maximal um 0,1 K. Die zeitliche Übereinstimmung begründet die minimalen Abweichungen. Bei den mittleren Tagestiefsttemperaturen zeichnete sich jedoch eine interessante Entwicklung ab (Vgl. Abb. 1). Im August lagen diese im Schnitt bei 13,6°C und im Spätsommer bei mittleren 13,5°C. In der ersten Dekade betrug diese meteorologische Einflussgröße im August 13,2°C, in der zweiten 13,6°C und in der dritten 14,0°C. Aus diesen Daten ergab sich eine Abweichung zwischen der ersten und dritten Dekade von 0,8 K. Mit einer Abweichung von 1,9 K zwischen der ersten und dritten Dekade ist der Anstieg der mittleren Tagestiefsttemperaturen im Spätsommer des Betrachtungszeitraumes noch intensiver ausgeprägt. Die Entwicklung dieser Temperaturgröße verhielt sich in der phänologischen Jahreszeit wie folgt: In der ersten betrugen die Tagestiefsttemperaturen im Schnitt 12,6°C, in der zweiten 13,4°C und in der dritten 14,5°C. Aus diesen Ergebnissen ist zu entnehmen, dass sowohl in der phänologischen als auch in der allgemei-

nen Klimatologie sich Veränderungen in Bezug auf die Intensität der klimatischen Einflussgrößen vollziehen. Die Stärke der Beziehung, zwischen den mittleren Tagestiefsttemperaturen und der Dauer des Spätsommers, ist auf Basis der Ergebnisse aus Korrelationsanalysen mit einem Koeffizienten von 0,1 zu definieren. Demnach handelt es sich um eine schwach positive Korrelation. Die Auswertung der phänologischen Beobachtungsdaten über die einzelnen Dekaden wies auf einer Verfrühung des Einsetzens dieser phänologischen Jahreszeit hin. In der ersten Dekade begann diese Jahreszeit im Mittel am 11. August, in der zweiten am 05. August und in der dritten am 29. Juli.

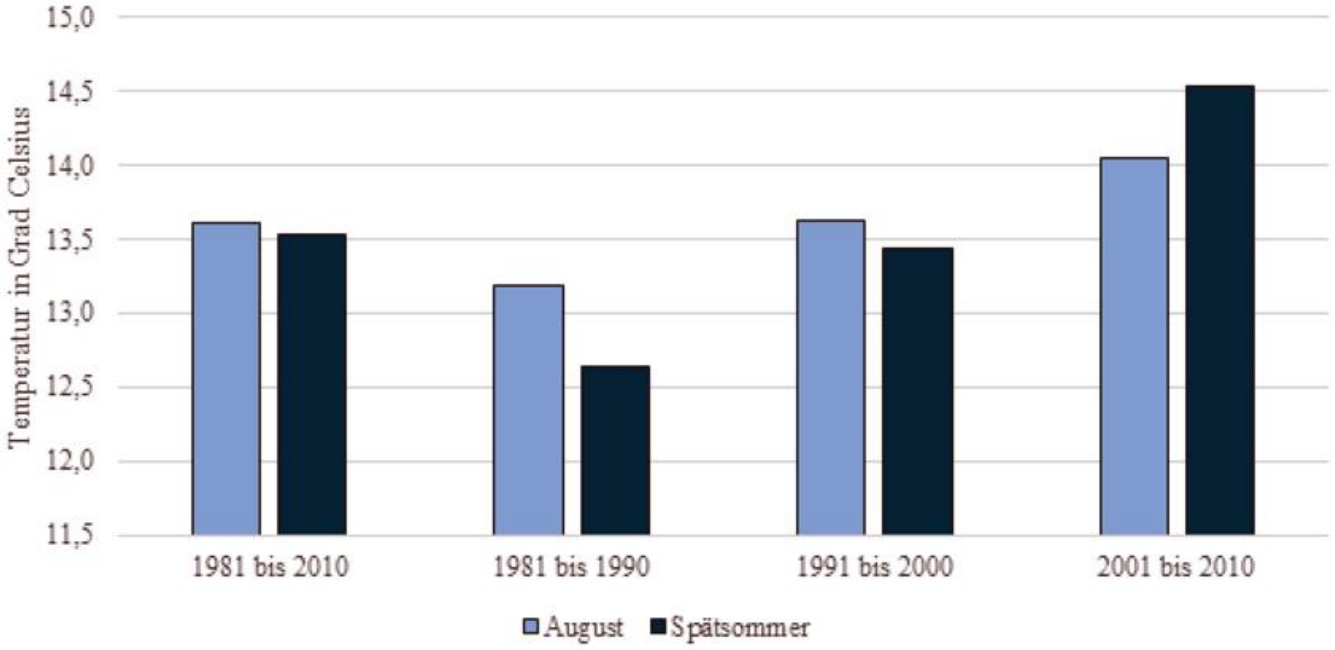


Abb. 1: Entwicklung der mittleren Tagestiefsttemperaturen in den Dekaden im Vergleich zum gesamten Betrachtungszeitraum.

Dem Winter kommt eine besondere Bedeutung zu, denn er umfasst den Zeitraum außerhalb der Vegetationszeit. Im Jahresverlauf ist er mit durchschnittlich 116 Tagen die längste phänologische Jahreszeit, begann im Mittel am 01. November und endete am 24. Februar. Entsprechend des großen Zeitraumes den diese Jahreszeit einnimmt, bot sich eine Gegenüberstellung dieser, separat mit den Monaten Dezember, Januar und Februar, an. Aus diesem Vergleich ging hervor, dass die mittleren Temperaturwerte in den einzelnen Monaten unterhalb der Mittelwerte des Winters lagen. Beispielsweise betrug die mittlere Lufttemperatur im Winter im Schnitt 1,7°C, im Dezember 1,1°C, im Januar 0,1°C und im Februar 0,9 °C. Die Abweichung der mittleren Lufttemperatur war zwischen dem Januar und Winter mit einer Temperaturdifferenz von 1,6 K die deutlichste. Diese Abweichungen der Temperaturwerte resultieren aus dem großen Zeitraum, den der Winter im Jahresverlauf einnimmt und der neben den Vergleichsmonaten auch den November umfasst. Dessen mittlere Lufttemperatur betrug im Betrachtungszeitraum 4,5°C.

Aus den phänologischen Beobachtungsdaten ging des Weiteren hervor, dass sich eine Verkürzung des Winters und damit eine Verlängerung der Vegetationszeit innerhalb des Betrachtungszeitraumes ergab. In der ersten Dekade dauerte der phänologische Winter im Mittel 121 Tage, in der zweiten 117 Tage und in der dritten 112 Tage. Diese Veränderung spiegelt sich in der meteorologischen Einflussgröße, der mittleren täglichen Globalstrahlung, wider. Im Mittel betrug diese im Winter der ersten Dekade 354,0 J/cm², in der zweiten 333,9 J/cm² und in der dritten 327,1 J/cm². Die Abnahme der Intensität dieser Größe steht in Zusammenhang mit dem späteren Einsetzen und dem früheren Ende des Winters. Beispielsweise endete der Winter im Mittel der ersten Dekade am 04. März, der zweiten am 21. Februar und der dritten am 20. Februar. Durch die Veränderungen der zeitlichen Rahmenbedingungen lag ein Großteil der Tage des Winters aufgrund der Wintersonnenwende im Bereich niedrigerer Globalstrahlung. Es zeichnete sich ebenfalls ein Rückgang der mittleren täglichen Globalstrahlung im Februar ab, denn in der ersten Dekade betrug diese Einflussgröße 540,6 J/cm², in der zweiten 535,2 J/cm² und in der dritten bei 511,7 J/cm².

Zusammenhänge zwischen der Dauer phänologischer Jahreszeiten und meteorologischen Einflussgrößen

Das eine Veränderung im Bereich phänologischen Klimatologie sich ereignet, geht aus der Auswertung der phänologischen Beobachtungsdaten hervor und wird maßgeblich bestätigt durch die sich verändernden zeitlichen Räume, die die phänologischen Jahreszeiten im Jahresverlauf einnehmen. Ergebnisse aus Korrelationsanalysen,

die den Zusammenhang zwischen der Dauer und der Intensität der meteorologischen Einflussgrößen darstellen, bestätigen des Weiteren einen Zusammenhang zwischen diesen Größen. Dass die Dauer des phänologischen Winters variiert, ist in den vorangegangen Ausführungen erläutert wurden. Die mittlere Lufttemperatur dieser phänologischen Jahreszeit ist mit 1,7°C zu benennen und variierte um 6,7 K. Der Zusammenhang zwischen der Dauer des Winters und der mittleren Lufttemperatur ist mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,8 für den Zeitraum von 1981 bis 2010 zu charakterisieren. Dieser stellt eine stark negative Korrelation dar. Demnach besteht ein Zusammenhang zwischen einem langen Winter und niedrigen mittleren Lufttemperaturen in dieser Jahreszeit. Im Kehrschluss zählte ein Winter mit einer hohen mittleren Lufttemperatur weniger Tage.
Aus den Ergebnissen der Korrelationsanalysen, die den Zusammenhang zwischen der Dauer der phänologischen Jahreszeiten und den meteorologischen Einflussgrößen beschreiben, ging des Weiteren hervor, dass der Einfluss ausgehend vom Winter im Jahresverlauf abnimmt. Dies stellt Abb. 2 bespielhaft dar. Zwischen der mittleren Lufttemperatur und der Dauer des Spätsommers bestand keine Korrelation. Der stärkste Zusammenhang geht mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,8, auf die Beziehung zwischen der mittleren Lufttemperatur im Winter und dessen Dauer zurück. Gefolgt wird dies von der Korrelation zwischen der Dauer des Vorfrühlings und der mittleren Lufttemperatur mit einem Koeffizienten von -0,7. Der Zusammenhang in den phänologischen Folgejahreszeiten, des Erst- und Vollfrühlings, ist hingegen mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,6 belegt.

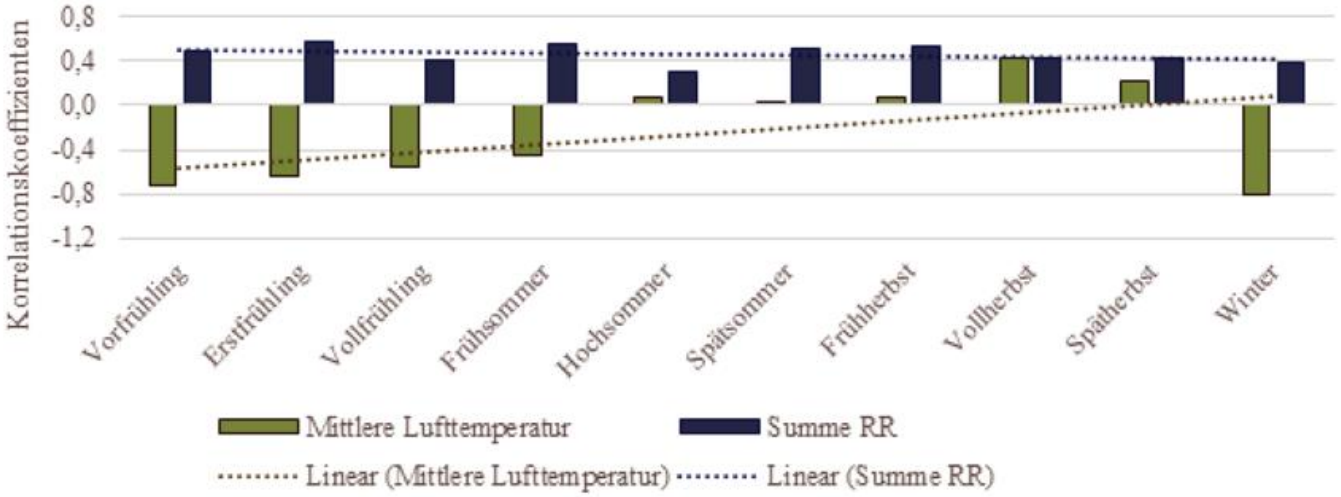


Abb. 2: Korrelationen zwischen der mittleren Lufttemperatur sowie Niederschlagssumme und der Dauer der phänologischen Jahreszeiten von 1981 bis 2010.

Aus den Ergebnissen, die den Zusammenhang zwischen der Dauer der phänologischen Jahreszeiten und den mittleren Lufttemperaturen beschreiben, ist zusammenfassend zu schließen, dass die Pflanzen der phänologischen Leitphasen zu Beginn der Vegetation am stärksten auf die Ausprägung der Temperaturwerte reagierten. Dies bestätigen die Ergebnisse einer Arbeit von Chmielewski et al. von 2003, aus denen hervor ging, dass je näher die Wachstumsphase an dem Temperaturoptimum einer Pflanze liegt, desto geringer ist der Einfluss der Temperatur auf das Wachstum dieser.

Abb. 2 verdeutlicht des Weiteren, dass die Veränderung der Intensität des Einflusses, sich im Wesentlichen auf Temperaturgrößen bezieht. Zwischen der Dauer der phänologischen Jahreszeiten und der mittleren Niederschlagssumme bestanden Korrelationen, die mit Koeffizienten zwischen 0,3 und 0,6 zu beschreiben sind. Zwischen der Dauer der phänologischen Jahreszeiten und den Niederschlagssummen handelt es sich um schwach bis stark positive Korrelationen. Am stärksten war die Beziehung zwischen den Niederschlagssummen im Erstfrühling und dessen Dauer, bestätigt durch einen Korrelationskoeffizienten von 0,6. Zwischen der Dauer des Hochsommers und den in dieser Jahreszeit gefallen Niederschlägen belegt hingegen ein Korrelationskoeffizient von 0,3 die schwächste Beziehung.

Des Weiteren wurde der Zusammenhang zwischen der Dauer der phänologischen Jahreszeiten und der mittleren Globalstrahlung untersucht. Aus diesen Korrelationsanalysen gingen Koeffizienten hervor, die in einem Bereich von -0,6 (Erstfrühling und Vollfrühling) und 0,8 (Winter) schwankten. Zwischen der Dauer des Vollherbstes und der mittleren Globalstrahlung in dieser Jahreszeit bestand eine stark positive Korrelation, die durch einen Koeffizienten von 0,6 bestätigt ist. Mit einer hohen Anzahl der Tage, die ein Vollherbst zählte, stand demnach eine höhere mittlere Globalstrahlung in Verbindung. Aus der Auswertung der phänologischen Beobachtungsdaten ging tatsächlich hervor, dass sich über die Dekaden ein früheres Einsetzen des Vollherbstes abzeichnete. Dem-

nach begann dieser in der ersten Dekade im Mittel am 25. September, in der zweiten am 18. September und in der dritten 15. September. Mit dem früheren Einsetzen dieser Jahreszeit ging gleichzeitig eine Vergrößerung des Zeitraumes, den diese Jahreszeit im Jahresverlauf einnahm, einher. In der ersten Dekade zählte der Vollherbst im Mittel 24 Tage, in der zweiten 25 Tage und in der dritten 30 Tage. Sowohl das frühere Einsetzen als auch die Zunahme der Dauer dieser phänologischen Jahreszeit, begründen die stark positive Korrelation.

Zusammenfassung

Die Zusammenhänge die sich auf Basis der Korrelationsanalyse zwischen den Getreideerträgen und den meteorologischen Daten herauskristallisierten, werden zum Teil stark von dem positiven Ertragstrend im Zeitraum von 1981 bis 2010 beeinflusst, der technologisch bedingt ist. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass bei Nutzung phänologiebasierter klimatologischer Auswertungen die Ertragsentwicklung in Koppelung mit meteorologischen Daten besser beschrieben werden kann als bei Verwendung monatsbezogener Auswertungen. Insofern deutet dies darauf hin, dass eine fruchtartspezifische phänologische Klimatologie eine geeignete Grundlage für eine agrarmeteorologische Optimierung des Pflanzenbaus sein kann.

Literatur:

CHMIELEWSKI, F.-M.; MÜLLER, A. & BRUNS, E. 2003: Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000. Agricultural and Forest Meteorology (121) 2004, S. 69 - 78.

DIEPENBROCK, W.; ELLMER, F. & LÉON, J. 2009: Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 2.Auflage, Eugen Ulmer KG. 366 S.

DWD 2013: Phänologie – Klima und Pflanzen. 4. Auflage; DWD. Faltblatt. Online verfügbar unter: http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/phaenologie/phaeno__faltblatt__download,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/phaeno_faltblatt_download.pdf [Zugriff am 21.10.2014; 10.12 Uhr]

ESSL, F. & RABITSCH, W. (Hrsg.) 2013: Biodiversität und Klimawandel – Auswertungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 458 S.

HÄCKEL, H. 2008: Meteorologie. 6. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 447 S.

HEYER, E. (Begründer) 1998: Witterung und Klima. Hupfer, P. & Kuttler, W. (Hrsg.). 10. Auflage, Teubner, Stuttgart Leipzig. 413 S.

MALBERG, H. 1994: Meteorologie und Klimatologie – Eine Einführung. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 322 S.

Schnelle, F. 1955: Pflanzen – Phänologie. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig. 299 S.

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

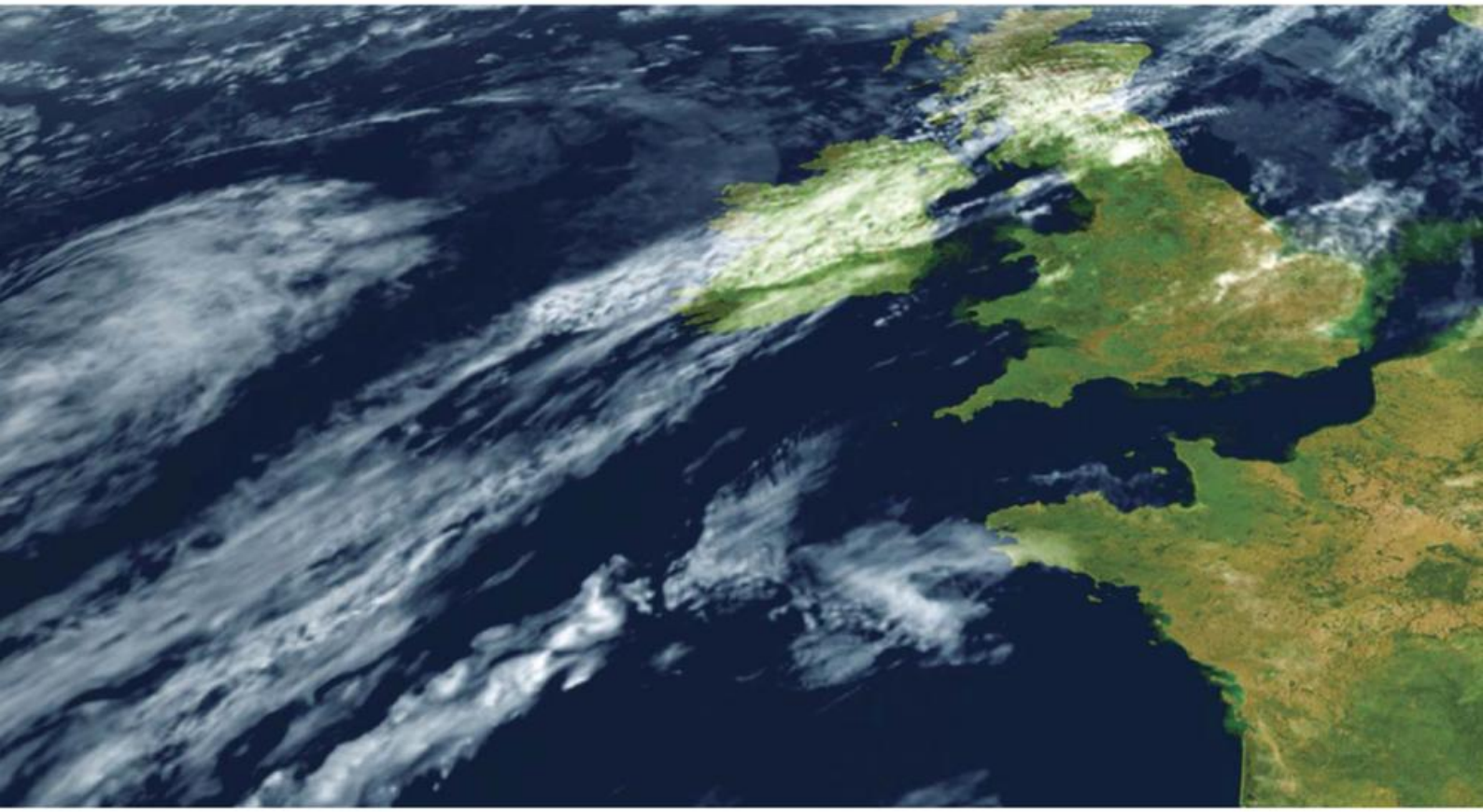
AO	Arctic Oscillation
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
CPC	Climate Prediction Center
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECA&D	European Climate Assessment & Dataset
EM	European-Modell
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GME	Globalmodell
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
KSB	Klimastatusbericht
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
UTC	Universal Time Coordinated
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie

Autorenverzeichnis

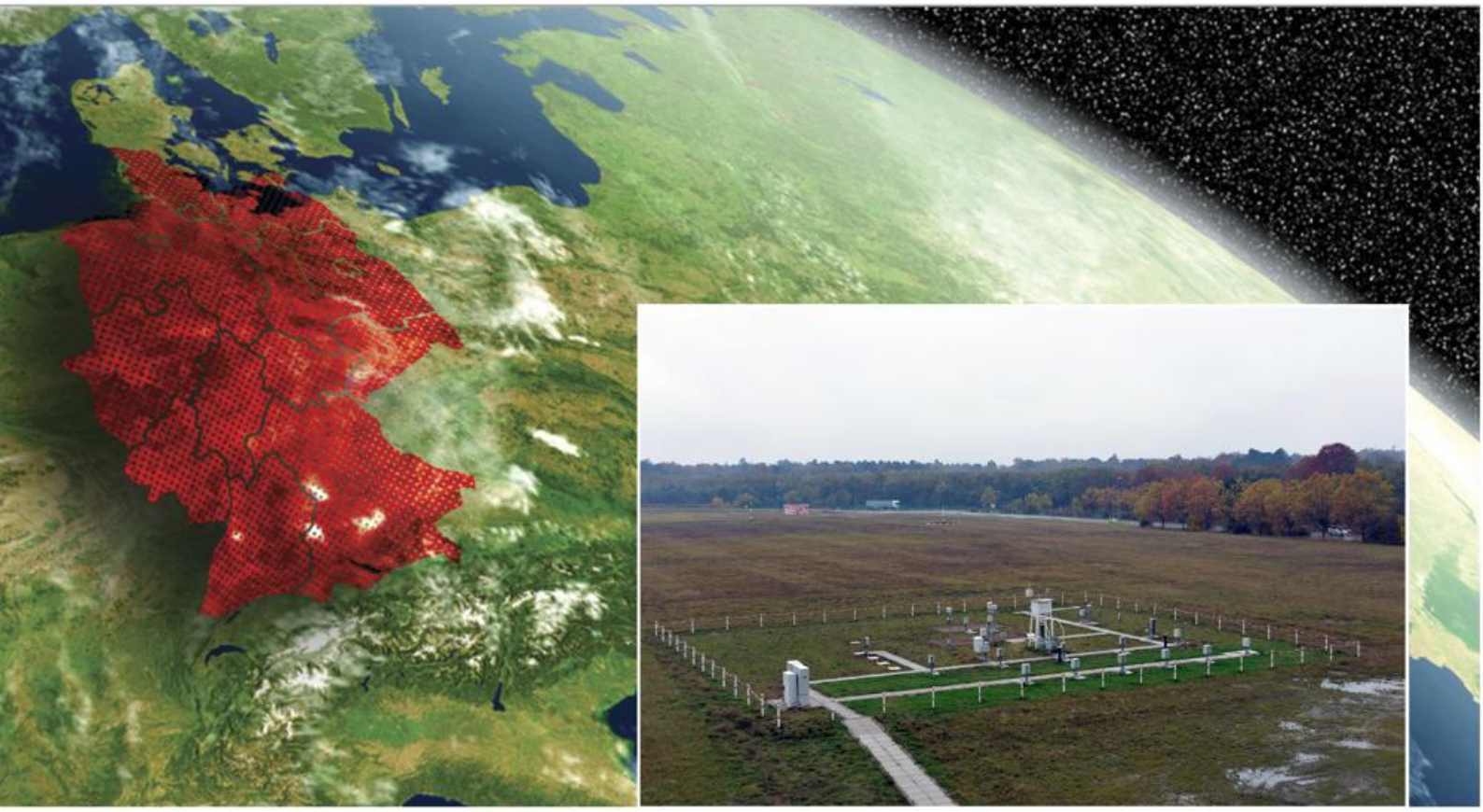
Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dwd.de
Böttcher, Falk	Deutscher Wetterdienst Kärrnerstraße 68 04288 Leipzig	Falk.Boettcher@dwd.de
Deutschländer, Thomas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Thomas.Deutschlaender@dwd.de
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Imbery, Florian	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Florian.Imbery@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Franz-Josef.Loepmeier@dwd.de
Mächel, Hermann	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hermann.Maechel@dwd.de
Peter, Julia	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden Pillnitzer Platz 2 01326 Dresden	peter.julia17@googlemail.com
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de
Riecke, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 78 20359 Hamburg	Wolfgang.Riecke@dwd.de
Schmitt, Hans-Helmut	Deutscher Wetterdienst Kreuzweg 25 65366 Geisenheim	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de

Wegener, Mareen
Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach
Mareen.Wegener@dwd.de

Zimmermann, Kirsten
Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach
Kirsten.Zimmermann@dwd.de



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Klimastatusbericht 2015

- **Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitorings**
- **Langzeitliche Klimaänderungen in Frankfurt/Main**

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Karsten Friedrich
e-mail: karsten.friedrich@dwd.de

Juliane Breyer
e-mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Titelbild: Klimareferenzstation Frankfurt/Main (Quelle: K. Friedrich)

Urheberrecht

Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst“ gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrücklich Genehmigung ist untersagt.

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

das Jahr 2015 legte in Bezug auf die Jahresmitteltemperatur einen regelrechten Endspurt hin. Trotz des zweifachen Auftretens der bisher höchsten in Deutschland gemessenen Temperatur im Juli und August war das Jahr bis Ende Oktober zwar sehr warm, aber nicht auf Rekordkurs. Dann kam ein sehr milder November. Die Jahresmitteltemperatur von Januar bis November rückte unter die zehn wärmsten bisher beobachteten Werte, aber ein Podiumsplatz schien nicht mehr in Sicht. Der Dezember stellte allerdings so ziemlich alles Bisherige in den Schatten. Es wurde eine Temperaturanomalie von +5,7 K gegenüber der international gültigen Referenzperiode 1961-1990 beobachtet. Um +1,7 K wurde der bisherige Rekord der Mitteltemperatur für den Dezember überboten. Am Ende des Jahres erreichte die Jahresmitteltemperatur Platz 2 zusammen mit den Jahren 2000 und 2007.

Weitere Ergebnisse des Klimamonitorings, der Agrarmeteorologie, der Ozonbeobachtungen sowie ein Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten".

Neben dem Standardteil wird in diesem Klimastatusbericht ein Sonderthema beleuchtet. Dies beschäftigt sich mit den Klimaänderungen in Frankfurt/Main.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen des vorliegenden Berichts.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Die Witterung in Deutschland 2015 5

Extremwertkarte 18

Das Strahlungsjahr 2015 19

Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2015 20

Objektive Wetterlagenklassen 2015 24

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2015 31

Wetter und Wein 2015 49

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre 51

Ozon in der Stratosphäre 57

Rückblick auf das Klima in Europa im Jahr 2015 60

Das Klima 2015 im globalen Maßstab 81

Langzeitliche Klimaänderungen in Frankfurt/Main 86

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 103

Autorenverzeichnis 104

Die Witterung in Deutschland 2015

K. Friedrich, F. Imbery

Mit einer Mitteltemperatur von 9,9°C war das **Jahr 2015** mit den Jahren 2000 und 2007 das bisher 2.-wärmste in Deutschland beobachtete Jahr. Damit ergibt sich gegenüber der international gültigen Klimareferenzperiode 1961-1990 eine Abweichung von +1,7 K. Das Jahr begann recht mild. Der Januar war +2,7 K zu warm. Die folgenden Monate waren wärmer als normal, aber noch unter +2 K Abweichung. Erst die Sommermonate Juli und August erreichten wieder Anomalien über +2 K. Ende Oktober lag die Jahresmitteltemperatur 2015 für den Zeitraum Januar - Oktober auf dem 16. Platz. Der sehr milde November brachte den Gesamtzeitraum auf Platz 6 und der extrem milde Dezember mit einer Anomalie von +5,7 K katapultierte das Gesamtjahr sogar noch auf Platz 2. Nach dem bisher wärmsten in Deutschland beobachteten Jahr 2014 mit einer Durchschnittstemperatur von 10,3°C und einer Anomalie von +2,1 K, folgte wieder ein sehr warmes Jahr. Damit wurden nun 7 der 10.-wärmsten Jahre im 21. Jahrhundert beobachtet.

Am 5. Juli 2015 wurde die bisher höchste Temperatur in Deutschland gemessen. Im fränkischen Kitzingen wurden 40,3°C registrierte. Dieser Rekord wurde an der gleichen Station am 7. August erneut erreicht.

Im Vergleich zu 1961-1990 waren insgesamt 10 Monate des Jahres zu warm und nur 2 zu kalt (September und Oktober, Abb. 1).

Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr als Ganzes gesehen zu trocken. Mit 701,3 mm erreichte es 88,9 % der vieljährigen Mittelwerte (1961-1990) und war damit im Vergleich zu beiden Bezugsperioden um -117,5 mm bzw. -87,6 mm zu trocken. Als 103.-nassestes oder 33.-trockenstes Jahr seit 1881 und als 88.-nassestes oder 28.-trockenstes seit 1901 ordnet es sich in die zu trockenen Jahre der Klimazeitreihen ein.

Bei der Betrachtung der Einzelmonate sind erhebliche Unterschiede erkennbar. 10 Monate waren trockener und entsprechend 2 Monate nasser als normal (Abb. 1). Im November wurden die meisten Niederschläge beobachtet. Mit 101 mm wurde das Niederschlagssoll um +52,3 % übertroffen. Der trockenste Monat war der Februar mit lediglich 22,3 mm und einem Niederschlagsdefizit von -27,1 %. Nur der Januar und der November waren zu feucht, alle anderen Monate waren zu trocken.

Insgesamt brachte das Jahr 2015 im Deutschlandmittel 1742,6 Sonnenstunden und somit deutlich mehr Sonnenschein als im vieljährigen Vergleich. Der Überschuss betrug +198,6 Stunden oder +12,9 % gegenüber der internationalen Referenzperiode. Damit ordnet sich das Jahr als 7.-sonnenscheinreichstes Jahr seit 1951 in die vorliegende Klimazeitreihe ein.

Der höchste Sonnenscheinüberschuss wurde mit +71,6 % im Dezember beobachtet. Im Januar schien die Sonne nur an 35,3 Stunden, dies entspricht einem Defizit von -19 %. Nach den Monaten August und Juli war der April mit 224,5 Stunden der 3.-sonnenscheinreichste Monat des Jahres 2015.

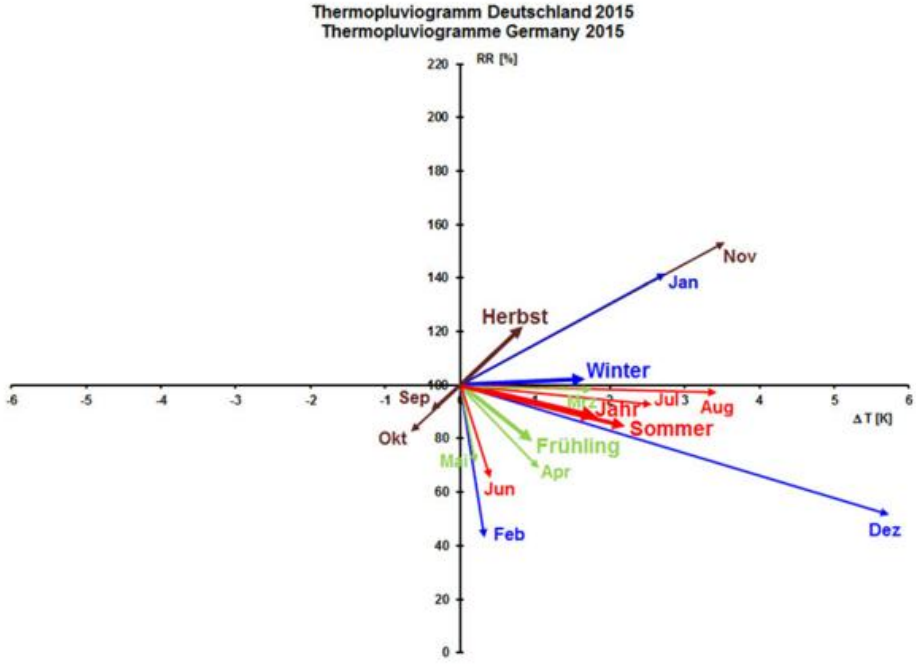


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2015 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Das Thermopluviogramm (Abb. 1) zeigt Abweichungen der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2015 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Flächenmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Flächenmittel vom klimatologischen Flächenwert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen Flächenmitteles der Niederschlagshöhe im Verhältnis zum vieljährigen Flächenmittel in Prozent [%].

Für den Winter werden der Dezember des zurückliegenden Jahres und die Monate Januar und Februar des gezeigten Jahres betrachtet. In der Abb. 1 wird deutlich, wie warm vor allem der Winter und der Sommer und damit das Jahr 2015 waren. Nur der September und der Oktober waren kälter als normal.
Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Nachdem 2014 bereits das wärmste Jahr seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen war, begann auch 2015 mit einer positiven Temperaturanomalie im **Januar**. Bei meist westlichen Wetterlagen wies die erste Hälfte des Monats teilweise frühlingshafte Temperaturen auf, während in der zweiten Januarhälfte in ganz Deutschland Wintertemperaturen einzogen. Insgesamt fiel der Monat sehr mild und niederschlagsreich sowie sonnenscheinarm aus.

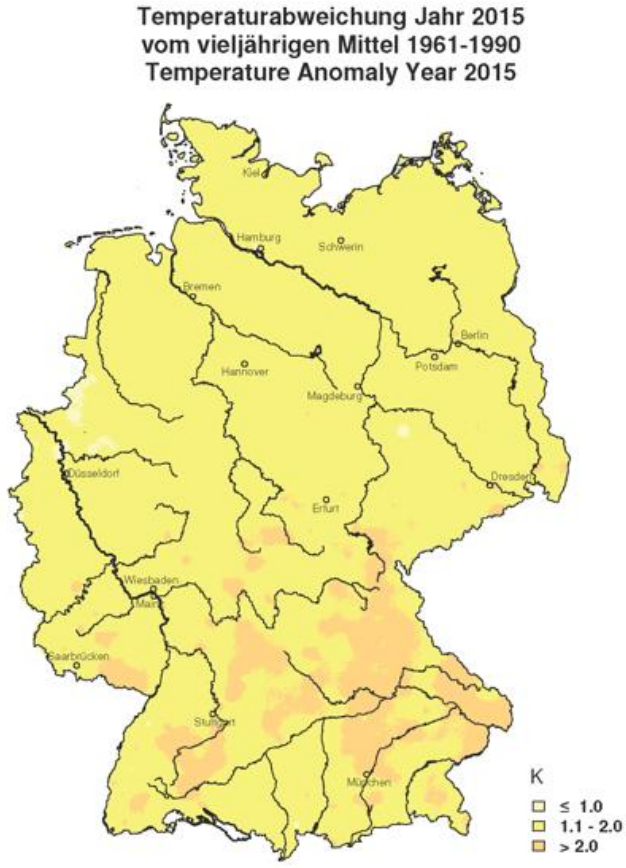
Bei der Betrachtung der Parameter Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer ergibt sich für den **Februar 2015** für Deutschland ein recht unterschiedliches Bild. Während die Regionen nördlich der Mainlinie etwas zu warm waren, war es südlich davon zu kalt. Je weiter man sich von dieser Linie entfernt umso größer werden die Abweichungen vom langjährigen Mittel. Beim Niederschlag ergibt sich eine Teilung in Ost und West. Im äußersten Westen wurde das Niederschlagssoll erreicht, je weiter man sich aber nach Osten bewegt umso größer wird das Niederschlagsdefizit für den Februar 2015. Östlich der Linie Hamburg/Freiburg wurden meist nur 50 % des langjährigen Mittelwertes für den Niederschlag beobachtet. Weiter östlich waren es sogar nur 25 %. In Punkto Sonnenschein treten Sachsen, das südliche Brandenburg und Teile von Thüringen und Sachsen-Anhalt besonders hervor. Dort wurde mehr als das 1,5 fache der vieljährigen Sonnenscheindauer registriert.

Bis zur Hälfte des meteorologischen **Winters 2014/2015** war von Winter nicht viel zu merken. Einem deutlich zu warmen Dezember folgte eine sehr milde erste Januarhälfte. Erinnerungen an den letzten Winter mit einem Totalausfall im Flachland wurden wach. Regen, Wind und wenig Sonnenschein prägte diese Periode. Nur ein kurzer Wintereinbruch zwischen Weihnachten und Neujahr brachte Schnee auch im Flachland. Dann besann sich der Winter, die Temperaturen gingen zurück und bewegten sich um die vieljährigen Mittelwerte. In den Mittelgebirgen und den Alpen gab es reichlich Schnee, der teilweise auch im Flachland einige Tage liegen blieb. Mitte Februar lag Deutschland unter Hochdruckeinfluss, was zu Hochnebel im Flachland und Sonnenschein in den Bergen führte. Im Nordosten Deutschlands und Teilen Bayerns wurden die höchsten Temperaturanomalien beobachtet. Hohe Niederschlagsanomalien wurden besonders im Norden Deutschlands registriert. Vor allem in der ersten Winterhälfte wurde viel Niederschlag beobachtet. Für Schleswig-Holstein ergibt sich der 3.-nasseste Winter seit 1881.

Der **März** zeigte sich meist freundlich mit viel Sonnenschein und tagsüber schon recht angenehmen Temperaturen. Die Nächte waren aber verbreitet noch recht kalt. Der stürmische Monatsausklang brachte deutschlandweit sehr hohe Windgeschwindigkeiten, forderte Todesopfer und hohe Schäden. In Verbindung mit den Tiefdruckgebieten wurde das starke Niederschlagsdefizit zum Monatsende fast ausgeglichen. Die höchsten Temperaturanomalien wurden im Nordosten beobachtet, der meiste Sonnenschein in Baden-Württemberg und Bayern. Fiel im Norden deutlich mehr Niederschlag als im vieljährigen Mittel, war es im Süden verhältnismäßig trocken. In der oberrheinischen Tiefebene wurde meist nur die Hälfte des üblichen Niederschlags beobachtet.

Der **April 2015** zeigte sich von seiner Sonnenseite. Besonders im Südwesten wurden viele Sonnenstunden beobachtet. Im Nordosten war der Sonnenscheinüberschuss nicht ganz so hoch. Die Tagestemperaturen stiegen schon auf angenehme Werte. In der Nacht kühlte es sich aber auf Grund des wolkenfreien Himmels wieder deutlich ab. Im Mittel war der April etwas wärmer als normal. Niederschlag wurde fast ausschließlich am Monatsanfang und am Monatsende beobachtet. Dabei wurde aber das Niederschlagssoll bei weitem nicht erreicht. Dies führte zu einer erhöhten Waldbrandgefahr und auch zu kleineren Waldbränden. Im Norden und im Großraum des Einzugsgebiets des Mains blieb die Niederschlagssumme im April großflächig unterhalb von 50 % des Monatssolls.

Der **Mai 2015** zeigte sich je nach Parameter und Region recht unterschiedlich. Nördlich der Linie Düsseldorf Görlitz war es in Bezug auf die internationale klimatologische Referenzperiode 1961-1990 kälter als normal, südlich davon wurden höhere Temperaturen als normal beobachtet. Beim Niederschlag ist eine Dreiteilung zu erkennen. Während in der Mitte Deutschlands nur sehr wenig Niederschlag gemessen wurde (verbreitet unter 20 mm), konnten im Süden von Deutschland durch wiederholte Tiefdruckgebiete im Mittelmeerraum deutlich über 100 mm registriert werden. Auch in der Küstenregion





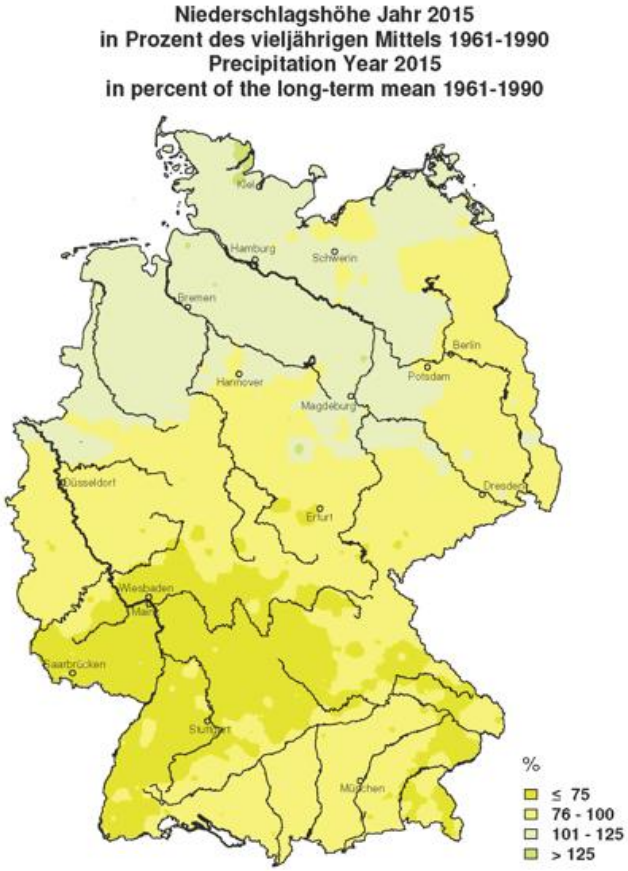


Abb. 2: Jahresabweichung 2015 vom vieljährigen Mittel 1961-1990

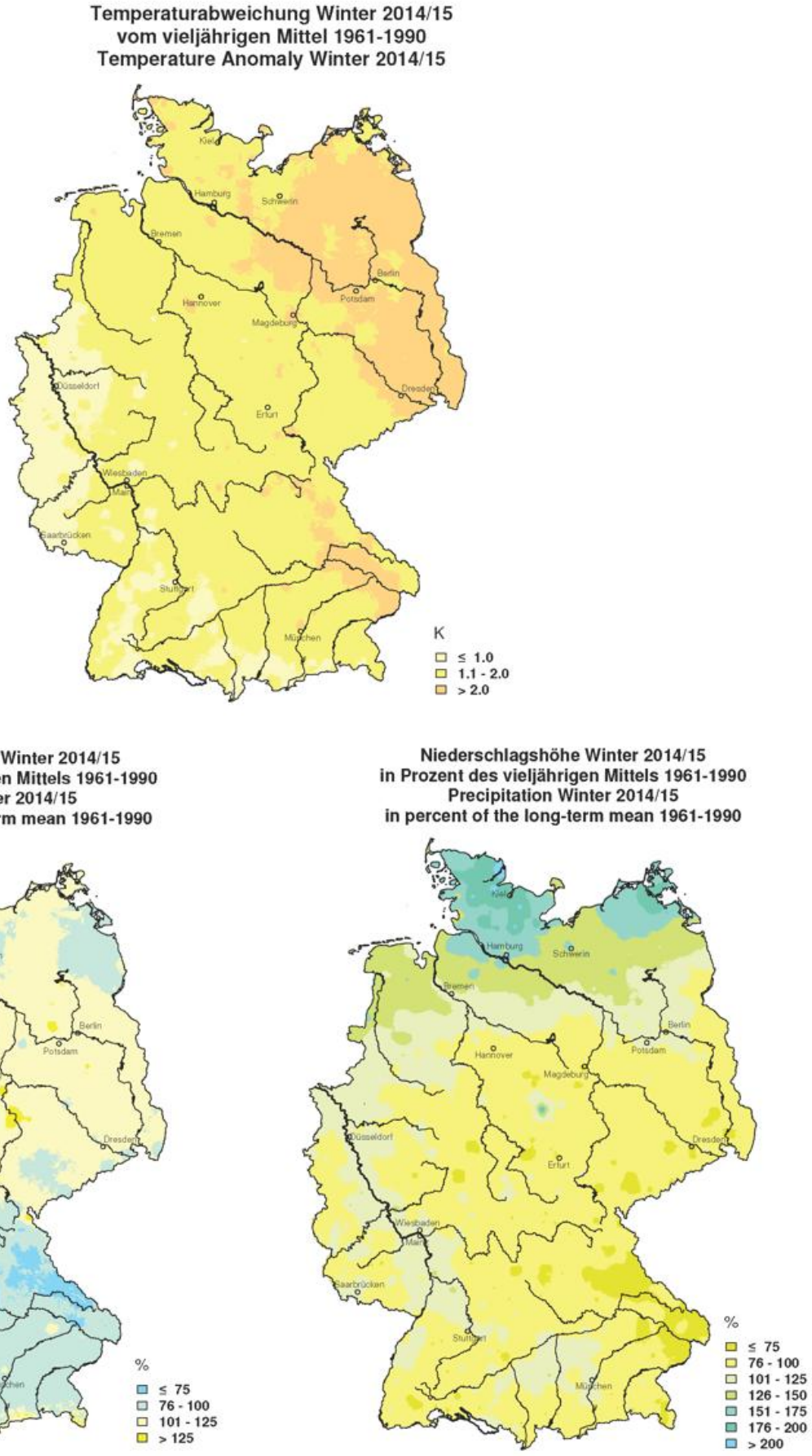
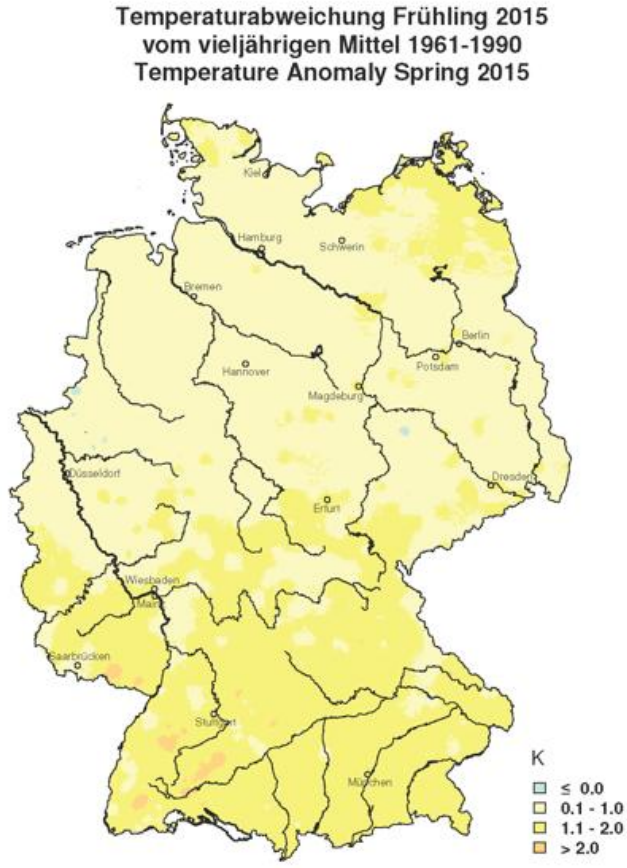
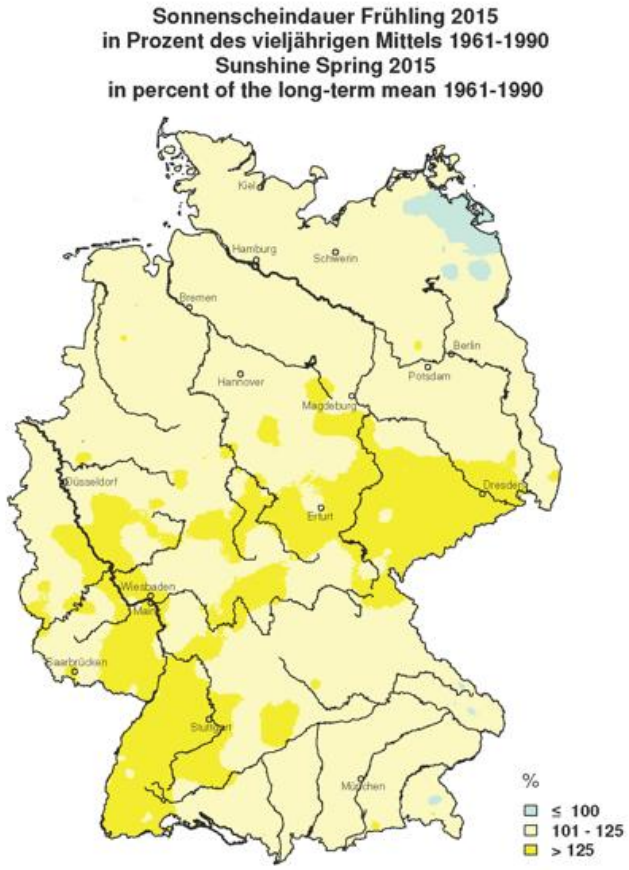


Abb. 3: Abweichung der Jahreszeit Winter des vieljährigen Mittel 1961-1990





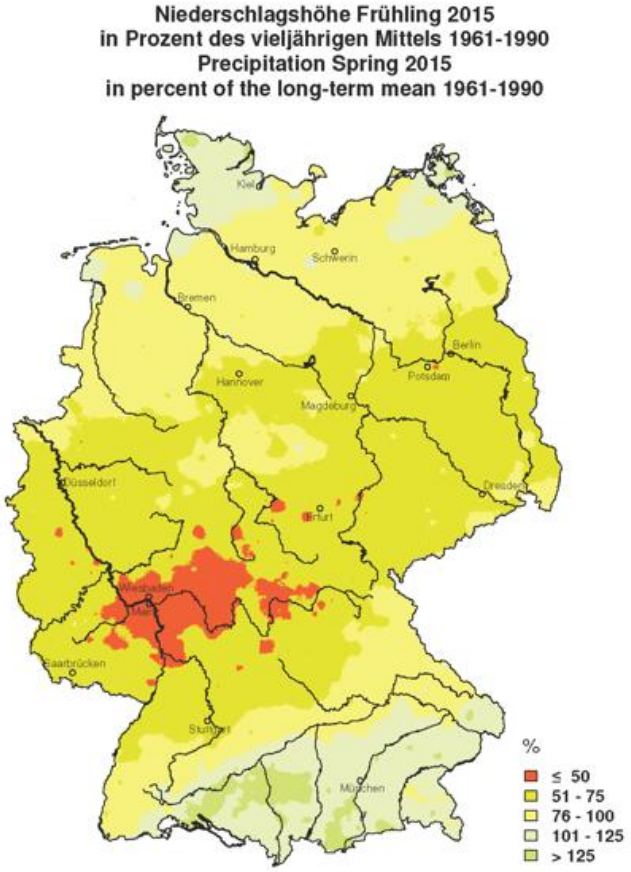


Abb. 4: Abweichung der Jahreszeit Frühling des vieljährigen Mittel 1961-1990

von Nord- und Ostsee wurde das Niederschlagssoll erreicht oder deutlich überschritten. In den Bundesländern Hessen, Thüringen und Sachsen-Anhalt gehört der Mai zu den 10-trockensten Maimonaten seit 1881, in Sachsen wurde sogar der 2.-trockenste Mai beobachtet. In Thüringen, Sachsen-Anhalt und Sachsen wurde das Sonnenscheinsoll im Mai erreicht bzw. überschritten. In den anderen Bundesländern blieb die Sonnenscheindauer unter dem Mittelwert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Im Südosten Bayerns war die beobachtete Sonnenscheindauer am geringsten.

Alle drei **Frühling**smonate waren im Vergleich zum internationalen klimatologischen Referenzzeitraum 1961-1990 wärmer und trockener als normal. Die größte Temperaturanomalie wurde im März, die geringste im Mai beobachtet. Die Niederschlagssumme im März blieb nur knapp unter dem vieljährigen Mittel, im April und Mai wurden nicht einmal dreiviertel der Referenzmenge gemessen. Der sonnenscheinreichste Frühlingsmonat war der April. Obwohl der Mai etwas sonnenscheinärmer war als normal, ist für den Frühling ein deutlicher Sonnenscheinüberschuss zu verzeichnen.

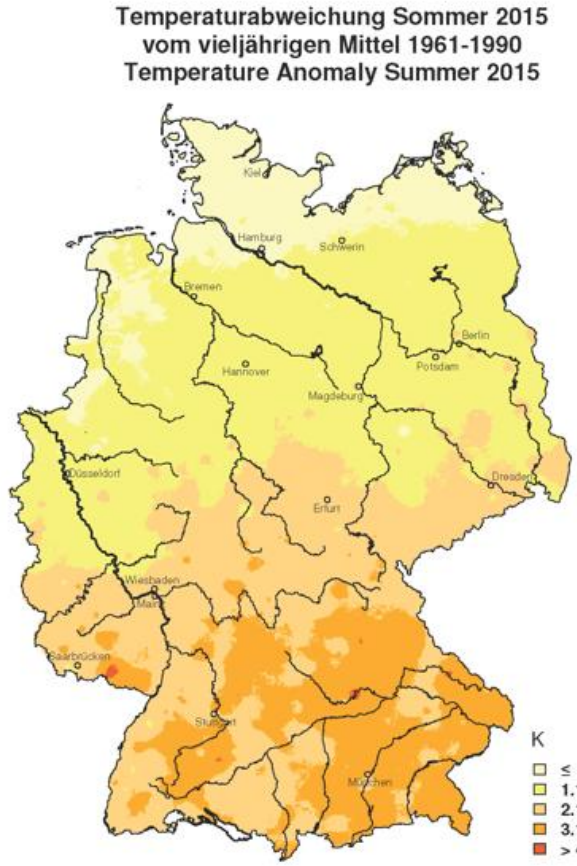
Der **Juni 2015** ist im Flächenmittel für Deutschland zwar etwas zu warm ausgefallen, aber im nördlichen Teil Deutschlands wurden gegenüber der internationalen klimatologischen Referenzzeitraum 1961-1990 etwas geringere Temperaturen als im vieljährigen Mittel beobachtet. Einer meist zu warmen ersten Monatshälfte folgte ab Mitte des Monats eine kühle Phase. Zum Monatsende zeigte sich die Witterung sommerlich warm. Fast deutschlandweit blieb die Summe der Monatsniederschläge unter dem vieljährigen Mittel. In vielen Regionen im Nordosten Deutschlands erreichte die Monatssumme nicht einmal die Hälfte der zu erwartenden Niederschläge. Der Juni ist der dritte Monat in Folge, der regional deutlich zu trocken ausgefallen ist mit Folgen für die Bodenfeuchte und die Wasserstände in den Flüssen. Im Westen lag die Sonnenscheindauer etwas über dem vieljährigen Mittel, im Osten etwas darunter.

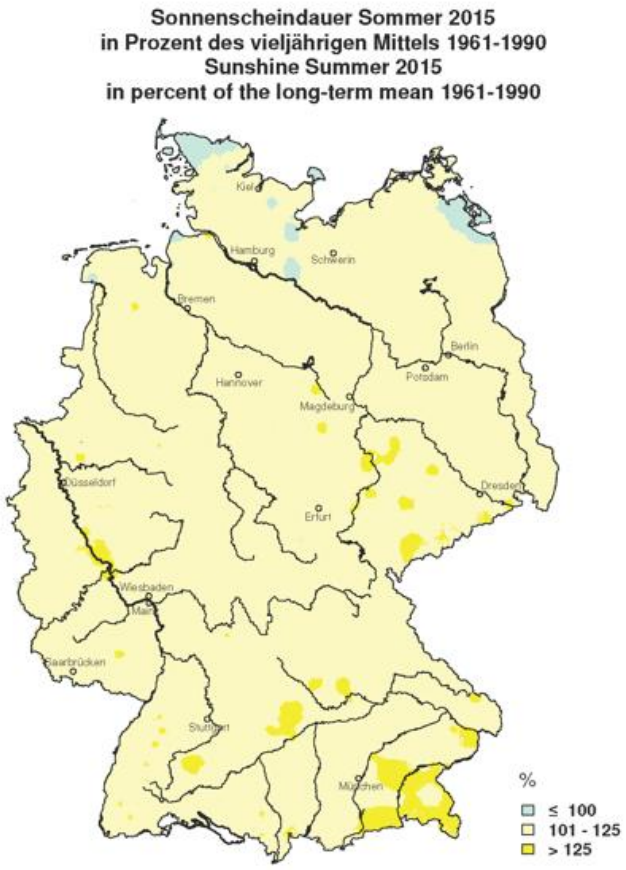
Der **Juli 2015** war im Flächenmittel für Deutschland deutlich zu warm. Dabei ist für die Temperaturanomalie ein Nord-Süd-Gradient zu erkennen. Während im Norden die Temperaturanomalien oberhalb der vieljährigen Mittel (1961-1990) lagen, war es im Süden mehr als +4 K zu warm. Der Juli begann mit einer extremen Hitzewelle, die ihren Höhepunkt am 4. und 5. Juli erreichte. Am 5. Juli wurde an der DWD-Station in Kitzingen ein neuer Temperaturrekord mit 40,3°C gemessen. Nach einer kurzen Abkühlung folgte ab der Monatsmitte die zweite Hitzewelle. Der Monatsausklang gestaltete sich eher kühl. Der Juli 2015 ist der sechste Monat in Folge, der zu trocken ausfällt. Während im Norden das Monatssoll des Niederschlags meist erreicht oder sogar deutlich übertroffen wurde, fiel zwischen Main und Alpenraum nur die Hälfte des normalen Niederschlags. Besonders im Raum Saarland, Rheinland-Pfalz, Südhessen, nördliches Baden-Württemberg und Unterfranken ergibt sich über die letzten Monate ein extremes Niederschlagsdefizit. In den letzten 6 Monaten sind in dieser Region gebietsweise weniger als 50 % des normalen Niederschlags gefallen. Nur im Norden wurde das Sonnenscheinsoll nicht erreicht. Besonders viele Sonnenscheinstunden wurden in Baden-Württemberg und Bayern beobachtet.

Der **August 2015** ist, wie schon der Juli im Flächenmittel für Deutschland deutlich zu warm ausgefallen. Die Abweichung der Temperatur von den vieljährigen Mittelwerten (1961-1990) betrug in den östlichen und südlichen Teilen Deutschlands flächenhaft über +3 K, teilweise bis zu über +5 K, während im Westen und in den Küstenregionen Abweichungen von unter -2 K bis -3 K vorherrschten. Nachdem es im Juli 2015 einen neuen Hitzerekord mit 40,3°C in Kitzingen gab, wurde am 7. August während der dritten Hitzewelle in diesem Sommer an derselben Station dieser Rekordwert erneut erreicht. Während in Süddeutschland und dem äußersten Osten des Landes sehr wenige Niederschläge fielen, wurden im Westen und den mittleren Teilen Deutschlands die vieljährigen Mittelwerte zum Teil stark überschritten. Der Mittelwert der Niederschläge für ganz Deutschland nimmt damit im August 2015 einen mittleren Platz im vieljährigen Vergleich ein. Außer im im Bereich der Nordsee wurden in ganz Deutschland die vieljährigen mittleren Sonnenscheinstunden übertroffen.

Im **Sommer 2015** folgte einem durchschnittlichen, etwas zu trockenen Monat Juni ein deutlich zu warmer und regional zu trockener Monat Juli. Der Juli begann mit einer extremen Hitzewelle. Nach einer kurzen Abkühlung folgte ab der Monatsmitte eine zweite Hitzewelle. Der Monatsausklang gestaltete sich eher kühl. Der August war ebenfalls deutlich zu warm mit mittleren Niederschlagswerten. Am 5. Juli und 7. August wurde an der DWD-Station in Kitzingen ein neuer Temperaturrekord mit 40,3°C gemessen.

Der **September 2015** ist seit August letzten Jahres der erste Monate, der bezüglich der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990 kälter ausfiel. Nach einem kühlen Monatsstart kletterten die Temperaturen zu Beginn der zweiten Monatsdekade über die vieljährigen Mittelwerte. Diese Episode hielt deutschlandweit etwa eine Woche an. Danach schwankten die Tagesmitteltemperaturen um das vieljährige Mittel. Nur an der Nord- und Ostseeküste und in kleinen Gebieten im Osten und Südosten war es im Monatsmittel wärmer als normal. Im Westen und Südwesten zeigten sich die größten negativen Abweichungen. Der September ist der achte Monat in Folge, der zu trocken ausfällt. In Teilen von Rheinland-Pfalz wurden die höchsten Niederschlagsanomalien beobachtet. In weiten Teilen Bayerns wurden weniger als 50 % des normalen Niederschlages gemessen. An der Ostseeküste und an der Oder wurden





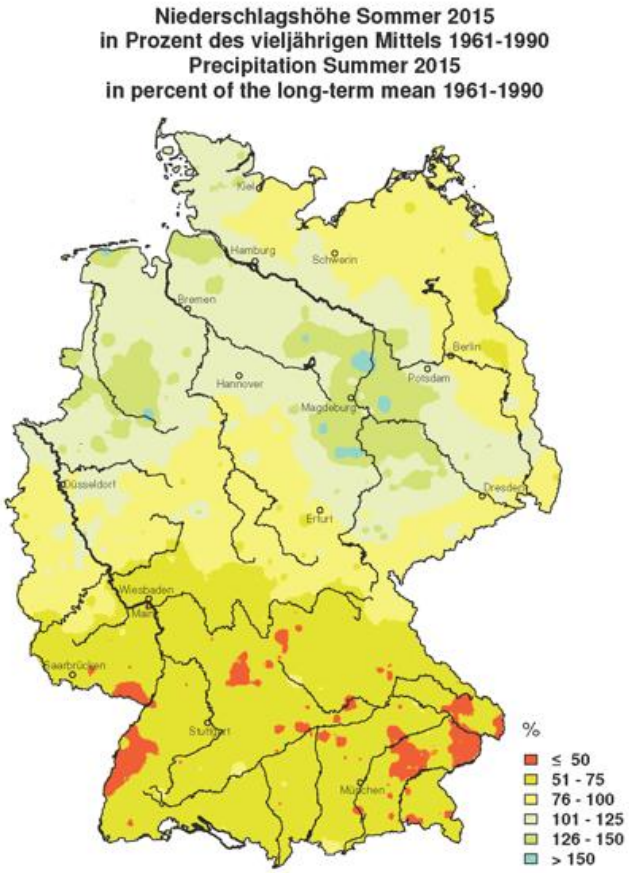


Abb. 5: Abweichung der Jahreszeit Sommer des vieljährigen Mittel 1961-1990

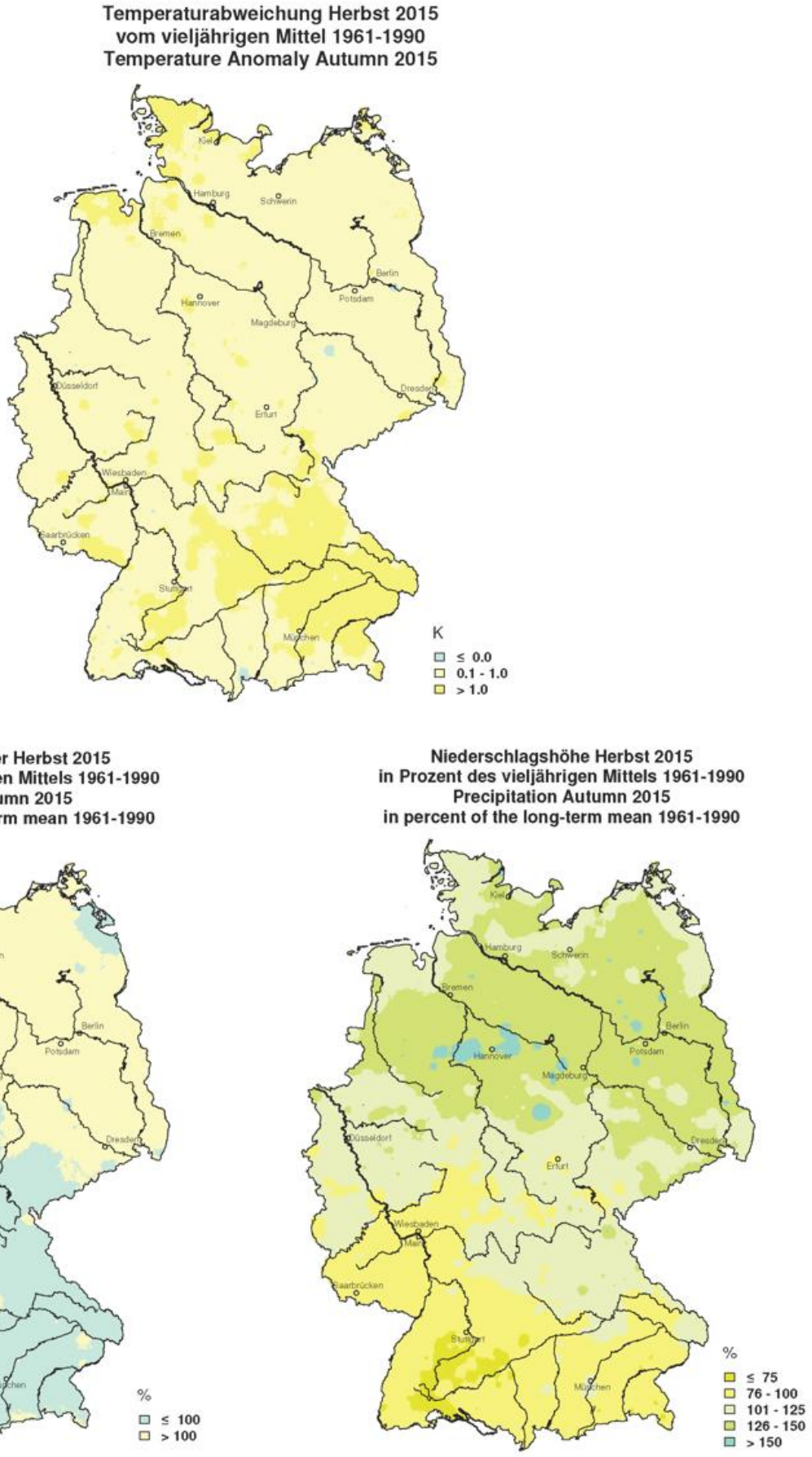


Abb. 6: Abweichung der Jahreszeit Herbst des vieljährigen Mittel 1961-1990

die meisten Sonnenstunden registriert und im gesamten Nordosten wurde das Sonnenscheinsoll überschritten. Die bayerischen Alpen blieben dagegen deutlich unter dem vieljährigen Mittel.

Der **Oktober 2015** war ein zu kühler und trockener Herbstmonat. Bei relativ trüben Bedingungen lag der Mittelwert der Lufttemperatur unter dem vieljährigen Mittel. Die Niederschlagssumme lag ebenfalls unter dem vieljährigen Mittelwerten, allerdings mit zum Teil deutlichen regionalen Über- und Unterschreitungen.

Der **November 2015** war ein ausgesprochen milder Monat. Mit einer Durchschnittstemperatur von 7,5°C war dieser Monat der wärmste November seit Beginn der systematischen Messungen in Deutschland. Großräumige Tiefdruckkomplexe mit Kernen im Raum Island und Hochdruckgebieten in Südwesteuropa transportierten warme Luftmassen aus dem Mittelmeergebiet nach Deutschland. Insbesondere am zweiten Novemberwochenende wurden an vielen Orten Deutschlands neue Temperaturrekorde für den November aufgestellt. Um den 20. November lag die mittlere Temperatur noch bei ca. 10°C. Erst das letzte Monatsdrittel konnte mit durchschnittlichen Novembertemperaturen aufwarten. Dabei gab es in Süddeutschland überdurchschnittlich viele Sonnenstunden und Niederschlagssummen unter dem vieljährigen Mittel, während es in vielen Gebieten Norddeutschlands teilweise hohe positive Abweichungen bei den Niederschlägen gab.

Während der September und Oktober 2015 etwas kühler als die vieljährigen Mittelwerte waren, hat der November dieses Jahr einen neuen Temperaturrekord aufgestellt. Deutschlandweit lag der gesamte **Herbst 2015** dementsprechend nur etwas über dem vieljährigen Mittel. Dabei lag die deutschlandweite Niederschlagssumme etwas über den üblichen Werten, die Sonnenscheindauer entsprach den vieljährigen Strahlungswerten, allerdings mit hoher zeitlicher Variabilität.

Der **Dezember 2015** war der wärmste Dezember seit dem Beobachtungsbeginn 1881. Die bisher wärmsten Dezembermonate wurden in den Jahren 1934 und 1974 registriert. Der Dezember 2015 übertraf den alten Monatsrekord von 4,8°C um +1,7 K auf 6,5°C. So eine große Abweichung von den bisherigen Monatsrekorden gab es in den letzten 75 Jahren nicht. Im Januar 1940 wurde eine Mitteltemperatur von -9°C beobachtet. Diese lag um -1,7 K unter dem damals kältesten Januarmonat aus dem Jahr 1893 mit -7,3°C. Hochdruckgebiete über dem Mittelmeer und großräumige Tiefdruckkomplexe über Nordwesteuropa transportierten warme und trockene Luftmassen aus dem westlichen Mittelmeerraum nach Deutschland. Selten fielen die Temperaturen auf für den Monat typische Werte. Erst am Monatsende gelangte der Nordosten unter den Einfluss kälterer Luftmassen. Am Rhein wurden in der Monatsmitte zweistellige Minimumtemperaturen beobachtet. Nur südlich des Mains wurden Temperaturanomalien von unter +5 K registriert. Der Dezember war sehr trocken, großräumig fielen nur 50 –75 % der vieljährigen Niederschlagssumme. Nur ganz

	Eistage (Maximum unter 0 °C)		Frosttage (Minimum unter 0 °C)		Sommertage (Maximum mind. 25 °C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30 °C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit Hagel (Mai-September)		Tage mit einer Schneedecke	
Land	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90	2015 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	2,0	9,9	42,2	59,9	25,8	121,6	7,8	254,1	23,4	128,1	4,6	148,3	1,1	168,6	0,1	21,9	2,5	8,1
Bremen	1,1	5,9	36,9	53,4	24,0	117,3	5,5	195,8	20,1	120,5	3,7	127,3	1,1	161,1	1,4	207,9	2,9	10,8
Berlin	1,1	4,5	60,2	74,3	51,1	142,1	20,8	296,3	11,1	94,3	1,4	57,4	0,0	3,9	0,3	24,5	9,2	24,5
Schleswig-Holstein	3,6	17,0	39,6	52,1	17,1	113,5	3,5	225,0	25,9	125,6	3,8	105,6	1,0	128,7	1,4	271,8	8,9	26,6
Niedersachsen	2,5	12,0	45,6	60,7	30,8	138,0	8,8	271,0	21,4	118,6	4,0	121,7	0,9	120,8	0,8	115,8	7,0	21,8
Nordrhein-Westfalen	3,3	19,1	51,7	73,3	35,6	142,3	11,9	295,0	22,5	94,4	5,5	108,5	1,4	111,4	0,3	34,2	10,7	34,5
Rheinland-Pfalz	6,0	27,6	67,2	79,7	46,6	160,9	19,5	390,7	16,3	73,5	3,4	70,1	0,6	47,8	0,6	77,3	19,2	51,3
Saarland	4,3	22,5	68,9	85,9	52,3	175,2	20,9	435,0	18,5	64,4	3,2	46,2	0,8	40,3	0,4	48,4	18,1	60,4
Baden-Württemberg	10,3	38,3	95,9	94,5	52,9	170,2	25,0	527,0	21,0	69,9	6,3	78,0	2,8	101,2	3,0	273,3	37,0	63,1
Hessen	7,2	28,2	76,2	84,8	46,1	166,4	19,0	430,1	15,0	70,0	2,6	56,0	0,7	55,7	1,2	158,4	19,2	43,6
Bayern	13,1	38,1	105,5	92,7	53,8	182,6	25,6	657,3	22,1	78,2	6,1	79,6	2,0	77,2	1,3	117,5	42,7	60,1
Mecklenburg-Vorpommern	3,1	11,9	52,7	64,1	29,4	149,1	7,7	294,5	14,3	112,5	1,6	70,3	0,2	43,2	1,1	150,4	9,7	24,1
Brandenburg	2,3	8,9	70,0	80,5	50,2	145,1	19,9	308,9	12,9	110,5	2,2	96,0	0,3	45,4	0,3	36,2	10,0	25,6
Sachsen-Anhalt	3,0	12,1	68,0	80,5	46,7	146,7	17,9	310,1	13,3	111,8	3,3	129,8	1,0	146,2	1,0	155,3	11,9	31,4
Sachsen	7,4	23,3	81,4	86,1	48,1	154,1	21,6	393,5	16,1	93,3	3,5	89,2	1,1	86,6	1,3	143,0	26,4	47,8
Thüringen	10,5	31,0	89,1	87,4	44,0	171,9	17,5	457,8	13,7	76,0	2,7	72,1	0,9	82,2	1,6	204,6	30,3	52,5
Deutschland	6,7	25,3	73,6	81,2	43,3	158,4	17,6	416,5	18,8	89,0	4,2	86,7	1,2	86,4	1,2	135,9	21,8	46,2

Tab. 1: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatologischen Besonderheiten und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

im Norden wurde das Niederschlagssoll erreicht oder übertroffen. In ganz Deutschland wurden überdurchschnittlich viele Sonnenstunden beobachtet, Bayern und Baden-Württemberg registrierten sogar den sonnenscheinreichsten Dezember.

In den Tab. 1-4 sind die Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, sowie die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niederschlagshöhe, der Sonnenscheindauer für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten, sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung vom Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich Charakteristika des Jahres wieder. Die Anzahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0°C) und der Eistage (Temperaturmaximum unter 0°C) ist deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Der fast komplett ausgefallende Winter zeichnet sich hier ab. In den südlichen Bundesländern (Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen) wurden noch die meisten Eistage beobachtet. Die Anzahl auch in diesen Bundesländern blieb mit 30-40 % deutlich unter dem vieljährigen Mittel. Bei der Anzahl der Frosttage fiel die Abweichung nicht so stark aus. Es wurden aber nur etwa 80 % der sonst üblichen Frosttage beobachtet. Der ausgefallene Winter ist auch an der geringen Anzahl von Schneedeckentagen zu erkennen. Hier wurden weniger als die Hälfte der sonst üblichen Anzahl von Schneedeckentagen registriert. Die heftigen Hitzeperioden im Juli und August führten zu überdurchschnittlich vielen Sommertagen (Temperaturmaximum mindestens 25°C) und Heißen Tagen (Temperaturmaximum mindestens 30°C). Bei den Sommertagen lag die Anzahl bei etwa dem 1,5-fachen. Die Anzahl der Heißen Tage lag Deutschlandweit 3-mal höher als normal. Die Anzahl von Unwettern mit Hagel lag deutlich über dem vieljährigen Mittelwert.

Die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 10 mm lag vor allem im Nord deutlich über dem vieljährigen Mittelwert. Die Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 20 mm und mindestens 30 mm war im Nordwesten deutlich über dem vieljährigen Mittel. Im Mittel wurden deutschlandweit die vieljährigen Mittelwerte aber nicht erreicht.

Mitteltemperatur

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90	2015	Abw. von 1961-90
Hamburg	3,2	2,7	2,3	1,1	5,9	2,0	8,3	0,8	11,5	-0,9	15,0	-0,7	17,9	0,9	18,9	2,1	13,5	-0,2	9,1	-0,7	8,2	3,0	8,0	6,0	8,6	0,6	17,3	0,8	10,2	0,6	3,0	1,8	10,2	1,4
Bremen	3,2	2,3	2,6	1,2	5,9	2,0	8,3	0,7	11,6	-0,8	15,1	-0,4	18,2	1,4	19,0	2,3	13,5	-0,2	9,4	-0,4	8,6	3,4	8,5	6,3	8,6	0,6	17,4	1,0	10,5	0,9	3,2	1,7	10,3	1,4
Berlin	3,0	3,4	1,8	1,2	6,1	2,1	9,3	0,9	13,4	-0,2	16,9	-0,2	19,9	1,6	22,1	4,3	14,2	0,1	8,5	-1,1	7,7	3,0	7,1	5,9	9,6	0,9	19,6	1,8	10,1	0,6	2,5	2,0	10,8	1,7
Schleswig-Holstein	3,0	2,7	2,1	1,4	5,4	2,3	7,7	1,1	10,7	-0,8	14,1	-0,9	17,0	0,7	18,2	2,0	13,3	0,1	9,3	-0,2	8,1	3,1	7,7	5,9	7,9	0,8	16,4	0,6	10,2	1,0	2,8	1,9	9,7	1,4
Niedersachsen	3,0	2,4	2,1	1,0	5,6	1,7	8,2	0,7	11,7	-0,6	15,1	-0,3	18,2	1,5	19,1	2,6	13,2	-0,3	8,9	-0,7	8,4	3,5	8,3	6,4	8,5	0,6	17,5	1,3	10,2	0,9	2,9	1,7	10,2	1,6
Nordrhein-Westfalen	2,9	1,8	2,0	0,2	5,5	1,0	8,8	0,9	12,3	-0,1	15,7	0,3	18,8	1,9	19,1	2,5	12,9	-0,7	9,0	-0,8	8,8	3,7	8,4	6,1	8,9	0,6	17,9	1,6	10,2	0,7	2,8	1,1	10,3	1,3
Rheinland-Pfalz	1,9	1,7	1,0	-0,1	5,4	1,2	9,4	1,6	12,9	0,7	16,4	1,1	20,2	3,1	19,7	3,1	12,8	-0,7	8,6	-0,6	7,7	3,6	6,9	5,6	9,2	1,1	18,8	2,5	9,7	0,8	1,9	1,0	10,2	1,6
Saarland	1,8	1,3	1,1	-0,5	5,7	1,1	9,8	1,6	13,1	0,6	17,0	1,4	20,9	3,4	20,2	3,3	12,9	-0,8	8,9	-0,5	7,6	3,2	6,9	5,4	9,6	1,2	19,4	2,7	9,8	0,6	2,0	0,8	10,5	1,6
Baden-Württemberg	1,7	2,4	-0,7	-1,2	5,2	1,6	8,8	1,4	13,1	1,2	16,7	1,6	20,8	3,7	19,9	3,5	12,6	-0,7	8,4	-0,3	7,0	3,5	5,1	4,8	9,0	1,4	19,1	2,9	9,3	0,8	1,2	1,2	9,9	1,8
Hessen	1,8	2,2	0,8	0,2	5,0	1,2	8,7	1,2	12,5	0,4	15,9	0,7	19,7	2,8	19,8	3,4	12,6	-0,6	8,3	-0,6	7,3	3,5	6,5	5,7	8,7	0,9	18,5	2,3	9,4	0,8	1,7	1,4	9,9	1,7
Bayern	1,1	3,0	-1,2	-0,6	4,6	1,7	8,1	1,1	12,7	1,0	16,4	1,5	20,3	3,7	20,2	4,2	12,5	-0,3	7,9	-0,2	6,5	3,7	4,3	4,9	8,5	1,3	19,0	3,2	8,9	1,0	0,6	1,6	9,4	1,9
Mecklenburg-Vorpommern	2,8	3,4	1,5	1,5	5,2	2,4	8,0	1,3	11,3	-0,6	14,8	-0,6	17,8	1,0	19,4	2,8	13,6	0,3	8,5	-0,8	7,3	2,8	6,9	5,8	8,2	1,1	17,3	1,0	9,8	0,8	2,3	2,1	9,8	1,6
Brandenburg	2,8	3,6	1,4	1,3	5,6	2,1	8,7	0,9	12,7	-0,4	16,1	-0,4	19,4	1,5	21,3	3,9	13,8	0,0	8,2	-1,1	7,4	3,0	6,8	5,9	9,0	0,9	19,0	1,7	9,8	0,6	2,3	2,2	10,3	1,6
Sachsen-Anhalt	2,8	3,1	1,4	1,0	5,5	1,8	8,6	0,8	12,6	-0,2	16,0	-0,1	19,5	1,9	20,6	3,4	13,4	-0,3	8,2	-1,2	7,9	3,4	7,3	6,1	8,9	0,8	18,7	1,8	9,8	0,6	2,3	1,9	10,3	1,6
Sachsen	2,1	3,3	0,7	1,0	5,0	1,8	7,9	0,6	12,6	0,3	15,6	0,0	19,8	2,6	21,0	4,2	13,1	-0,3	7,9	-1,1	7,4	3,6	6,3	6,0	8,5	0,9	18,8	2,3	9,4	0,7	1,7	2,1	9,9	1,8
Thüringen	1,6	2,9	0,2	0,6	4,4	1,6	7,9	1,1	12,2	0,5	15,4	0,5	19,3	2,9	19,9	3,9	12,4	-0,4	7,6	-0,8	7,2	3,9	6,0	6,0	8,1	1,0	18,2	2,4	9,0	0,8	1,2	1,8	9,5	1,9
Deutschland	2,2	2,7	0,7	0,3	5,2	1,7	8,4	1,0	12,3	0,2	15,8	0,4	19,4	2,5	19,9	3,4	13,0	-0,3	8,4	-0,6	7,5	3,5	6,5	5,7	8,6	0,9	18,4	2,1	9,6	0,8	1,9	1,7	9,9	1,7

Tab. 2: Gebietsmittel der Temperatur in °C und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in K

Niederschlagshöhe

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90
Hamburg	105,7	172,3	27,6	66,2	77,6	141,0	26,1	52,6	52,1	89,3	31,1	44,3	106,9	138,6	103,8	147,0	85,5	125,6	43,4	72,5	128,7	191,3	46,6	66,2	155,8	95,6	241,8	110,9	257,5	131,9	263,9	151,4	834,9	111,4
Bremen	87,5	147,4	34,3	85,5	67,9	133,5	28,8	60,1	41,9	70,0	34,8	47,6	118,6	157,9	102,1	144,4	72,0	117,3	39,8	68,2	122,0	185,7	41,8	65,4	138,6	87,4	255,5	116,7	233,8	126,1	211,1	128,3	791,5	109,0
Berlin	76,7	181,1	8,6	24,5	39,9	108,4	22,6	56,1	18,5	34,0	45,0	64,4	71,1	133,5	34,0	57,6	32,1	70,4	63,3	181,2	74,6	155,9	28,3	53,1	81,0	61,6	150,2	82,4	170,1	132,5	136,5	104,6	514,9	89,9
Schleswig-Holstein	109,9	171,0	28,5	68,5	72,2	137,2	24,3	49,5	66,4	124,2	35,1	50,9	127,8	159,6	75,3	103,0	78,0	103,5	47,6	65,0	156,0	187,7	73,0	99,7	162,9	105,0	238,2	107,2	281,6	121,5	307,1	170,7	894,1	113,5
Niedersachsen	87,7	141,5	29,7	67,1	66,6	121,7	36,2	69,6	38,4	62,7	36,5	47,8	113,7	156,4	102,9	146,3	65,7	109,5	48,9	87,9	127,1	191,4	40,4	57,7	141,3	84,1	253,1	115,3	241,7	132,8	206,2	116,3	793,8	106,5
Nordrhein-Westfalen	96,2	125,2	40,0	69,6	68,3	96,0	40,6	65,6	34,3	47,7	44,4	52,7	87,5	106,2	122,9	168,7	81,6	121,6	45,7	73,3	124,2	157,8	49,4	56,0	143,2	69,9	254,8	106,4	251,6	120,9	223,1	100,1	835,0	95,4
Rheinland-Pfalz	88,2	132,3	32,9	57,5	43,9	69,1	38,2	66,8	27,2	38,8	58,4	76,6	40,5	56,3	64,2	92,0	81,3	135,7	24,8	39,1	86,6	115,2	35,9	47,2	109,3	57,3	163,2	74,9	192,7	97,1	199,8	100,0	622,2	77,1
Saarland	112,7	131,2	38,0	53,0	49,9	63,1	45,7	71,8	39,2	49,7	39,8	49,5	29,3	40,6	60,8	83,2	100,5	144,7	22,0	28,7	98,3	103,4	34,6	35,2	134,8	60,8	129,9	57,6	220,8	91,6	249,1	97,6	670,8	71,0
Baden-Württemberg	107,6	143,6	30,6	45,1	53,5	76,2	62,0	79,8	92,8	97,1	82,6	77,2	37,1	40,9	55,3	58,6	49,3	70,6	31,2	46,1	100,8	123,1	29,2	35,5	208,3	85,6	175,1	60,0	181,2	82,6	207,7	92,7	732,0	74,7
Hessen	81,1	128,4	24,4	46,9	48,4	78,6	37,6	63,9	22,5	31,9	45,5	56,9	62,0	85,2	68,7	98,7	60,5	105,4	31,8	53,9	96,1	134,7	40,2	52,1	108,5	56,8	176,3	79,3	188,4	100,4	175,5	91,0	618,8	78,0
Bayern	89,1	134,1	17,6	30,4	59,4	95,2	54,5	77,8	98,8	109,4	90,1	80,6	44,9	44,3	56,1	55,4	49,3	68,2	56,1	91,3	94,7	135,2	33,3	44,1	212,7	95,5	191,1	60,8	200,1	98,2	172,8	86,5	744,0	79,1
Mecklenburg-Vorpommern	78,4	173,2	12,5	39,8	51,1	124,5	28,0	66,9	44,5	86,7	37,8	60,4	71,4	108,9	59,4	101,2	44,5	87,5	49,0	116,6	90,2	173,3	39,7	76,3	123,6	92,1	168,6	90,2	183,7	126,8	187,9	144,3	606,5	102,0
Brandenburg	69,3	171,8	8,8	27,0	39,3	108,1	25,8	63,0	25,3	47,1	46,6	72,3	77,7	144,6	52,0	88,6	40,3	90,2	56,2	152,8	75,9	167,8	28,4	57,0	90,4	69,0	176,3	99,7	172,4	136,1	125,7	102,2	545,8	97,9
Sachsen-Anhalt	55,1	142,4	10,5	31,6	42,2	106,2	28,9	66,8	22,0	42,4	33,8	53,8	90,1	172,6	101,5	172,0	36,6	88,1	50,4	141,5	70,8	165,1	22,1	47,4	93,0	68,9	225,5	129,6	157,8	131,4	109,3	91,7	564,0	103,0
Sachsen	63,8	130,6	9,6	22,5	47,7	102,1	50,9	88,7	19,6	29,3	69,3	90,7	79,0	114,7	79,3	102,9	43,9	79,6	57,5	121,9	89,3	170,6	25,4	42,2	118,1	69,1	227,6	102,4	190,7	123,3	124,5	81,9	635,3	90,8
Thüringen	67,7	132,8	10,3	23,3	53,8	103,6	34,4	59,0	20,5	31,1	53,5	68,2	80,9	129,3	64,9	93,7	42,7	83,8	43,9	92,0	90,0	160,0	31,2	49,1	108,7	61,7	199,3	94,8	176,6	114,0	142,1	89,1	593,8	84,8
Deutschland	85,4	140,5	22,3	45,2	55,5	98,1	41,4	71,1	51,7	72,7	57,5	68,0	72,2	93,1	74,8	96,9	56,3	92,1	46,6	83,5	101,0	152,2	36,5	52,0	148,6	79,9	204,5	85,4	203,9	111,2	183,2	101,4	701,2	88,9

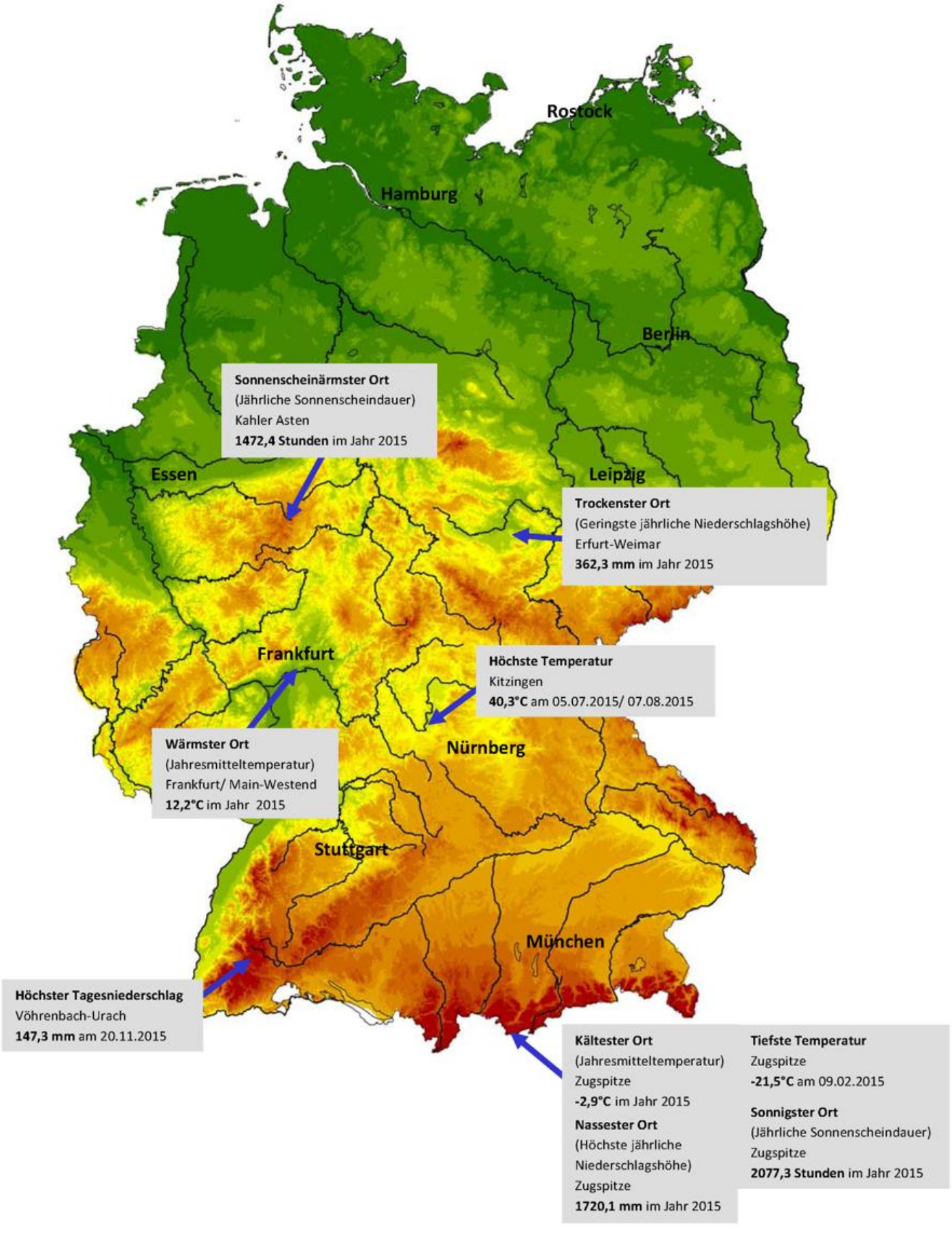
Tab. 3: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe in mm und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Sonnenscheindauer

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90	2015	Proz. von 1961-90
Hamburg	34,5	89,0	67,3	105,1	127,1	126,2	230,9	147,6	182,2	85,4	213,3	98,8	208,4	103,5	221,7	110,3	150,4	108,4	116,0	120,2	53,5	108,8	38,3	122,1	540,3	114,9	643,4	104,1	319,9	112,4	128,3	95,9	1643,7	109,1
Bremen	35,1	89,6	87,8	129,9	131,4	129,4	223,9	144,7	177,1	86,2	206,1	101,2	204,4	106,4	215,6	111,6	128,4	94,8	98,1	100,6	59,6	117,6	46,0	137,6	532,4	115,3	626,0	106,3	286,1	100,9	148,8	106,5	1613,4	109,4
Berlin	26,6	62,6	114,1	161,9	133,0	110,4	215,6	133,8	213,8	94,8	209,5	92,5	238,5	106,7	284,1	132,6	171,1	109,7	130,8	119,8	54,6	108,9	67,7	194,1	562,3	110,9	732,0	110,2	356,5	113,0	170,7	115,9	1859,2	113,7
Schleswig-Holstein	35,4	90,0	63,1	97,5	123,9	118,6	230,4	140,1	185,2	83,1	214,8	95,5	217,4	103,7	223,2	106,1	155,6	108,7	109,0	111,3	45,9	91,1	33,9	98,0	539,4	109,7	655,5	101,6	310,5	106,5	127,2	92,0	1637,8	104,5
Niedersachsen	33,3	87,0	85,1	129,1	127,9	125,2	219,6	145,1	179,7	89,2	203,1	101,6	211,5	110,5	223,4	116,6	132,2	98,0	101,0	102,5	61,9	127,1	48,3	153,6	527,2	115,8	638,0	109,4	295,1	104,6	141,0	104,2	1627,0	111,7
Nordrhein-Westfalen	35,7	85,8	90,7	125,4	121,8	118,0	223,0	150,9	182,8	96,3	213,3	116,1	212,1	113,2	225,9	123,7	127,7	94,5	99,6	93,3	62,9	119,7	65,0	175,6	527,6	119,7	651,3	117,6	290,2	98,6	146,9	97,4	1660,7	115,3
Rheinland-Pfalz	33,3	82,3	69,9	95,7	144,7	131,1	237,4	157,0	183,9	96,1	219,6	114,5	245,8	117,3	227,6	117,7	138,6	91,9	78,6	75,1	51,6	98,0	62,2	163,3	566,0	125,0	693,0	116,5	268,8	87,2	120,5	79,4	1693,2	112,3
Saarland	27,2	68,9	66,0	87,0	154,6	136,0	232,9	150,3	175,2	88,1	225,7	110,9	253,0	112,0	230,8	114,4	143,5	90,9	70,5	66,4	41,6	78,0	56,7	143,0	562,7	120,4	709,5	112,4	255,6	80,5	106,1	68,5	1677,8	106,8
Baden-Württemberg	40,9	83,9	86,4	113,4	168,0	143,6	234,4	155,5	176,2	93,2	206,1	102,2	278,3	121,7	243,4	118,1	144,6	87,1	85,1	72,9	94,2	153,1	104,0	233,8	578,6	126,6	727,8	114,4	324,0	94,1	150,5	88,8	1861,6	115,8
Hessen	27,5	76,9	74,7	108,1	135,2	126,7	235,9	155,6	187,9	97,0	203,5	106,1	241,9	118,5	231,6	122,0	123,6	86,9	91,2	91,7	52,2	120,7	47,7	150,3	559,0	123,7	677,0	115,6	267,0	93,7	118,3	86,7	1652,8	113,3
Bayern	39,0	78,6	83,3	107,1	152,0	127,8	222,6	145,0	163,1	84,3	199,2	99,8	274,2	124,0	260,1	128,6	130,9	81,6	90,6	76,8	86,8	152,7	81,8	187,2	537,7	115,4	733,6	117,8	308,3	92,0	145,1	84,9	1783,6	111,8
Mecklenburg-Vorpommern	33,9	82,9	86,3	128,2	124,5	109,7	219,8	131,4	197,6	83,9	214,3	90,7	228,7	102,7	267,7	123,3	166,8	108,1	119,8	114,3	44,0	84,0	42,7	116,9	541,9	105,0	710,7	105,2	330,6	106,1	144,9	100,6	1746,0	105,9
Brandenburg	29,9	68,4	110,1	156,7	131,3	109,5	220,1	135,4	217,5	97,0	208,1	92,4	243,8	109,2	278,2	130,6	167,0	107,3	122,6	112,0	56,2	111,4	63,2	174,3	569,0	112,3	730,1	110,4	345,9	109,6	166,1	110,9	1848,2	113,1
Sachsen-Anhalt	39,2	92,3	102,0	150,7	131,7	120,4	222,0	146,0	213,1	103,4	201,3	98,3	244,5	118,2	259,1	130,7	142,9	99,4	109,9	105,4	65,8	130,3	55,5	156,0	566,8	121,2	704,9	115,6	318,6	106,7	163,4	112,4	1787,0	117,4
Sachsen	34,3	69,2	114,9	163,5	144,6	131,8	213,6	142,9	223,2	111,1	196,3	97,8	261,4	124,7	263,1	132,4	146,4	99,0	112,5	95,4	69,6	129,9	74,8	182,5	581,4	126,3	720,9	118,4	328,6	102,9	173,1	107,7	1854,8	119,7
Thüringen	32,9	77,1	95,8	138,9	137,0	129,8	220,8	149,8	205,1	105,0	190,4	98,1	251,6	122,6	245,7	127,7	121,0	84,5	93,3	87,2	68,3	140,5	52,9	146,5	562,9	125,6	687,6	116,3	282,6	94,6	147,5	99,8	1714,7	115,4
Deutschland	35,2	80,7	88,0	123,2	139,1	125,0	224,5	146,0	187,0	92,8	205,4	101,1	245,1	116,3	246,3	123,5	139,8	93,5	99,4	91,6	67,5	127,9	65,2	171,5	550,6	118,0	696,9	113,6	306,7	98,7	145,6	95,2	1742,6	112,9

Tab. 4: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Stunden und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2015

M. Gerber

Das Jahr 2015 belegt mit dem deutschlandweiten Flächenmittel der Solarstrahlung von 1111 kWh/m² den dritten Platz nach 2003 und 2011. Der vieljährige Mittelwert von 1055 kWh/m² wird um 5,3 % überschritten.
Die Jahressummen (Abb. 1) der solaren Einstrahlung 2015 variieren zwischen 977 kWh/m² im Sauerland und im Norden von Schleswig-Holstein und oberhalb 1400 kWh/m² in höheren Lagen der Alpen. In der Nordwesthälfte Deutschlands liegen die Globalstrahlungswerte unter 1050 kWh/m², jedoch mit bis zu 2 % über den langjährigen Mittelwerten. In der Osthälfte Deutschlands und im Süden steigt das solare Angebot verbreitet über 1100 kWh/m². Neben der Ostseeküste von Fehmarn bis Rügen ist vor allem die Region an der Spree mit Werten von rund 1200 kWh/m² bevorzugt sowie das Alpenvorland und Teile des Oberrheintals mit über 1200 kWh/m². Die stärksten positiven Abweichungen sind mit über 5 % im östlichen Mittelgebirgsraum und im südlichen Brandenburg und bis zu 15 % in Südostsachsen zu verzeichnen.
Das deutschlandweite Mittel der Globalstrahlung liegt in den Monaten Februar bis April, Juni bis August und November bis Dezember über den langjährigen Werten. Der Monat Januar bringt mit 83 % des langjährigen Wertes das geringste Strahlungsangebot. Im April und Dezember werden 118 % des Sollwertes erreicht.

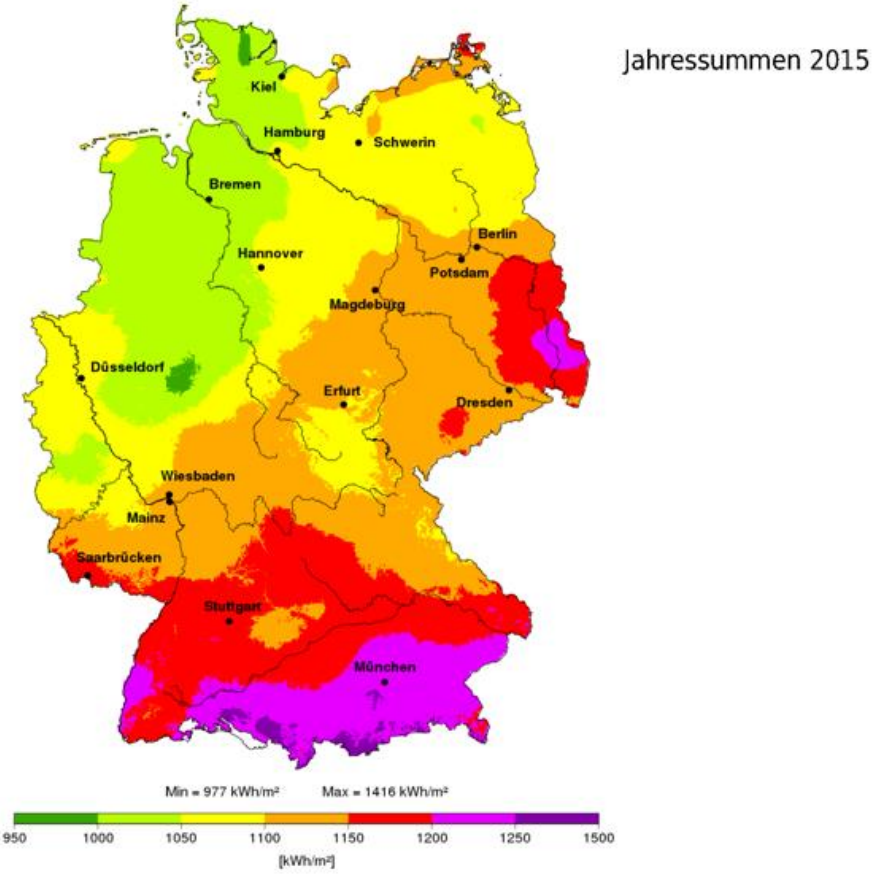


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2015

Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2015

C. Lefebvre

Das Jahr 2015 war global betrachtet das bisher wärmste seit Beginn der Zeitreihen (bei der NOAA 1880). Deutschlandweit war das Jahr 2015 mit einer Mitteltemperatur von 9,9°C zusammen mit den Jahren 2000 und 2007 das 2.-wärmste seit Beginn der Beobachtungszeitreihe Ende des 19. Jahrhunderts. An den Küsten von Nord- und Ostsee lagen die Jahresmitteltemperaturen mit Werten zwischen 9,5 und 10,5°C um +1,4 bis +1,8 K über den Mittwerten des internationalen Referenzzeitraumes 1961-1990. Im Jahresverlauf war der August der wärmste Monat. Die Wintermonate fielen zu mild aus, wobei der Dezember der mit Abstand wärmste Dezember seit Beginn regelmäßiger Messungen war.

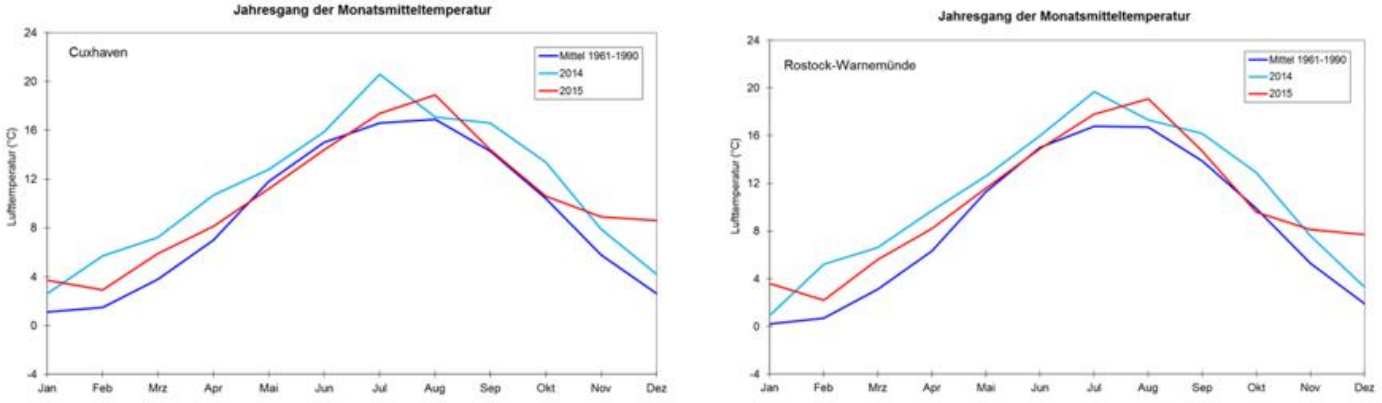


Abb. 1: Jahresgang der Lufttemperatur in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Durchweg zu kühl fiel an den Küsten nur der Juni aus. Die Abweichungen waren mit bis zu -1 K aber gering. Auch Mai und Oktober waren gebietsweise geringfügig zu kühl, aber es gab auch Küstenabschnitte mit leicht überdurchschnittlichen Temperaturen. Die anderen Monate verzeichneten durchweg positive Anomalien, wobei der Dezember mit Monatsmittelwerten zwischen 6,5°C am Kap Arkona und 9°C auf Helgoland mit 4,5 bis 6 K die höchsten Abweichungen zu den Mittelwerten hervorbrachte. Er lieferte durchweg neue Rekordwerte, denn er war im Küstengebiet um bis zu 1 K wärmer als der bisher mildeste Dezember im Jahr 2006. Schon der November war mit Abweichungen um rund 3 K zum vieljährigen Monatsmittel sehr mild ausgefallen. In einigen Gebieten brachte auch er neue Rekordwerte, die aber nur leicht (meist um 0,1 bis 0,2 K) über den bisherigen aus den Jahren 2006 oder 2009 lagen.

Anders als im Vorjahr war der August der wärmste Monat (siehe Abb. 1). Mit Monatsmitteltemperaturen von 18 bis 19°C war er um 1,5 bis 2,5 K (am Kleinen Haff mit 20°C um 3 K) wärmer als der August im Mittel der Jahre 1961-1990. Die ersten Monatsdekaden von Juli und August waren jeweils von einer Hitzeperiode gekennzeichnet. Sie brachten in den Küstengebieten – anders als in anderen Teilen Deutschlands - jedoch keine neuen Temperaturrekorde. In den Küstengebieten traten vom 2. bis 5. Juli und vom 3. bis 7. August Tageshöchsttemperaturen um 30°C auf. Der wärmste Tag des Jahres war vielfach der 4. Juli mit Höchstwerten zwischen 25,9°C auf Helgoland und rund 35°C in den Räumen Bremervörde und Rostock-Warnemünde wie auch auf der Insel Poel. In einigen wenigen Gebieten, wie in den Räumen Cuxhaven und Kiel fiel der wärmste Tag mit 30,4°C auf den 6. August.

Die Milde des Winters und die Wärme des Sommers spiegelt sich gut in der Anzahl der Frost- und Eistage und die der Sommer- und heißen Tage wider. An den Küsten wurden 10 bis 20 Sommertage verzeichnet, auf den Inseln 1 bis 5 und am Kleinen Haff 31. Das waren bis zu 6 (am Kleinen Haff 13) mehr als im Durchschnitt. Davon waren bis zu 4 Tage heiße Tage (Tage mit einer Höchsttemperatur von 30°C und mehr) und damit bis zu 2 Tage mehr als gewöhnlich. Im Vorjahr war die Zahl der Sommertage insbesondere an den Küsten Niedersachsens und Schleswig-Holsteins noch um rund 10 Tage höher. Frost trat nicht einmal halb so oft auf wie im Mittel 1961-1990. Die Zahl der Frosttage bewegte sich meist zwischen 6 auf Helgoland und einigen Ostfriesischen Inseln und 33 an der westlichen Ostseeküste. Die höchste Anzahl wurde mit 67 am Kleinen Haff verzeichnet. Die Anzahl der Frosttage blieb damit um 25 bis 50 Tage (am Kleinen Haff um 18) unter den Mittelwerten des Zeitraums 1961-1990. Dauerfrost (Eistag) gab es verbreitet nur an einem Tag, maximal an 5 Tagen und damit an rund 10-20 Tagen weniger als im Mittel. Damit war die Anzahl der Frost- und Eistage noch geringer als im Vorjahr.

Während das Jahr im bundesweiten Mittel zu trocken ausfiel, verzeichneten die Küsten – mit Ausnahme vom äußersten Osten - überdurchschnittlich viel Niederschlag. Im Nordseeraum fielen rund 770 mm, auf den Inseln bis

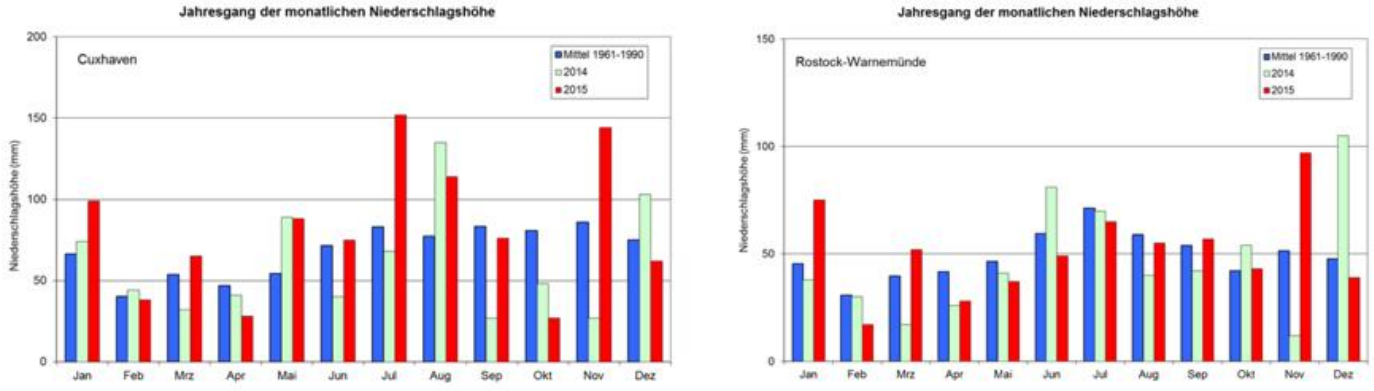


Abb. 2: Jahresgang der Niederschlagshöhe in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

800 mm und an den Küsten meist zwischen 840 und 970 mm. An der Ostsee gab es vielfach um 560 bis 650 mm, von Kiel bis zur Eckernförder Bucht 870 bis um 900 mm und nördlich davon bis um 1100 mm. Damit überschritten die Niederschläge die Mittelwerte des Referenzzeitraums überwiegend um bis zu 20 %, im nördlichen Schleswig-Holstein um rund 30 %. Zu trocken war es lediglich am Kleinen Haff, wo mit 470 mm (Ueckermünde) nur 93 % vom Mittel fielen. Im Vergleich zum vieljährigen Mittel gab es 2015 mehr Tage, an denen Niederschlag fiel. Niederschläge von 1 mm und mehr wurden an rund 110 bis 150 Tagen verzeichnet. Das war verbreitet ein Plus von 10 bis 20 Tagen. Starkniederschläge von 10 mm am Tag und darüber wurden an der Nordsee meist an 20-25 Tagen, an der Ostsee an 7 bis 15 Tagen verzeichnet. Das waren bis zu 6 Tage mehr als gewöhnlich.

Sehr niederschlagsarm war der April, der mit meist nur 15 bis 30 mm Niederschlag und damit nur 40 bis 60 % der Monatsmittel brachte. Auch der Juni fiel mit vielfach nur 20 bis 50 mm zu trocken aus. Ebenfalls deutlich zu trocken waren der Februar an der Ostsee und der Oktober an der Nordsee (siehe Abb. 2). Im Januar und November gab es dagegen im gesamten Küstengebiet weit überdurchschnittliche Niederschläge bis um das Doppelte der Monatsmittel. Im Juli war nur der Nordseeraum von weit überdurchschnittlichen Niederschlägen betroffen, die mit teilweise 150 bis 190 mm fast doppelt so hoch waren wie die Mittelwerte. Zu diesen Werten trug u.a. das Sturmtief ZELJKO bei, das an den beiden Tagen 24. und 25. Juli insgesamt 40 bis 50 mm brachte.

Schnee, der liegen blieb, fiel nur zu Beginn des Jahres, insbesondere von Mitte Januar bis zum Ende des ersten Februardrittels. Meist führte er nur zu einer geringen Schneedecke bis zu 5 cm Höhe, östlich von Rügen jedoch auch bis zu 15 cm. Die Schneedecken tauten immer wieder rasch ab und hielten nicht länger als eine Woche.

Die Sonne schien an der Nordsee wie auch im Norden der westlichen Ostsee und östlich von Rügen meist zwischen 1600 und 1800 Stunden. In den übrigen Gebieten der deutschen Ostseeküste und auf den Inseln wurden 1800 bis 1920 (Rostock-Warnemünde) Sonnenstunden beobachtet. Am sonnigsten war es mit 2042 Sonnenstunden am Kap Arkona. Insgesamt lag die Sonnenscheindauer damit im Bereich der vieljährigen Mittelwerte oder um bis zu 14 % darüber. Im Jahresverlauf war – gemessen an den vieljährigen Mittelwerten - der April ungewöhnlich sonnenscheinreich (Abb. 3). Mit 210 bis 250 Stunden lag die Zahl der Sonnenstunden um 30 bis 40 % über dem Soll. An der Ostsee war auch der August ein sehr sonniger Monat. Mit 240 bis 285 (am Kap Arkona 296) Sonnenstunden war er hier der sonnenscheinreichste Monat und überschritt die Mittelwerte verbreitet um rund 20 %. Ganz anders war dagegen der Mai, dessen Sonnenscheindauer mit meist nur 155 bis 220 Stunden um 10 bis 25 % unter dem Durchschnitt blieb. Nur am Kap Arkona war er mit 264 Sonnenstunden so sonnig wie üblich.

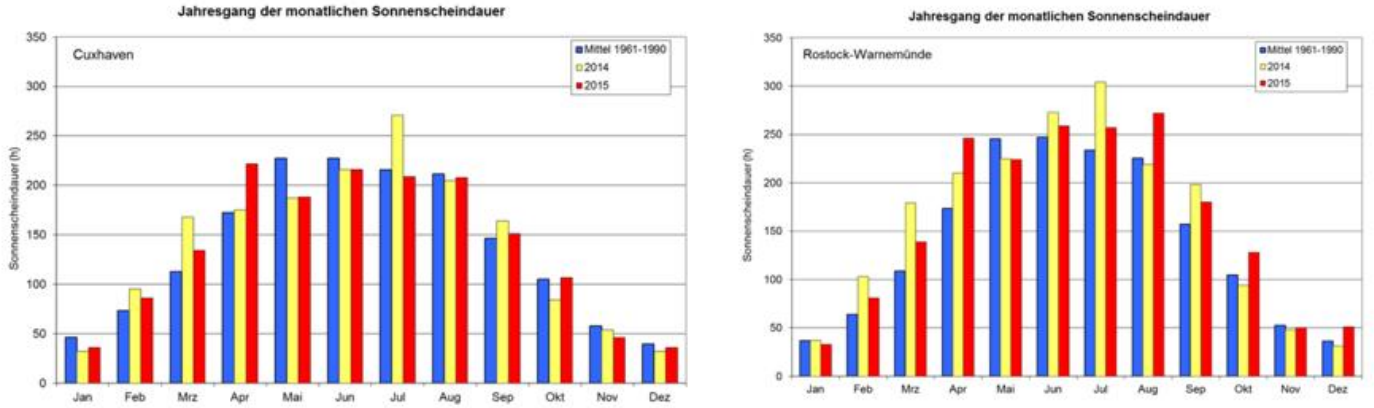


Abb. 3: Jahresgang der Sonnenscheindauer in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Nord- und Ostsee waren nicht so warm wie im Vorjahr. Wie die Zeitreihe der Oberflächentemperatur der Nordsee des BSH (Abb. 4) zeigt, betrug das Jahresmittel 10,6 °C und lag damit um 0,8 K unter der des Vorjahres. Der Jahresgang war weniger ausgeprägt wie gewöhnlich. Während die Wintermonate überdurchschnittliche Wasseroberflächentemperaturen aufwiesen, fielen Juni und Juli geringfügig zu kühl aus. Der Dezember verzeichnete mit 9,5°C die bisher höchste Nordseetemperatur seit Beginn der Zeitreihe 1971. Sie lag um 1,7 K über dem Mittelwert. Schon im Oktober war die Nordsee um 1,4 K, im November um 1,6 K zu warm gewesen.

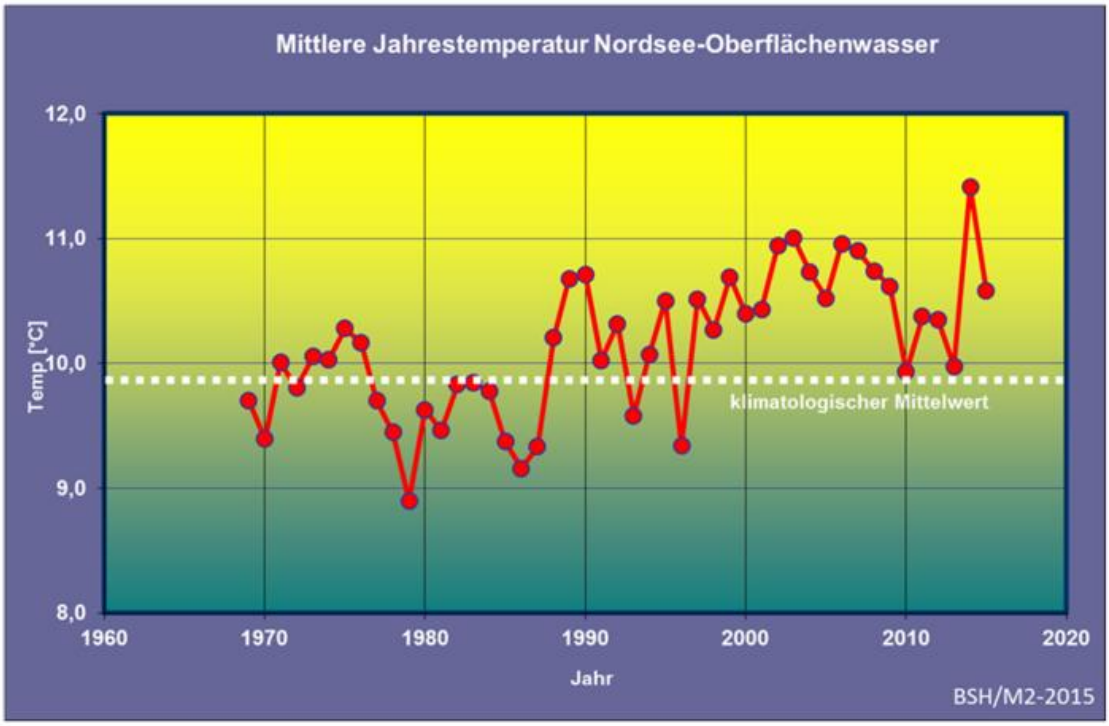


Abb. 4: Mittlere jährliche Wasseroberflächentemperatur der Nordsee, 1969-2015 (Quelle: BSH)

Aufgrund der überwiegend milden Winterwitterung mit nur wenig Dauerfrost blieben die Gewässer fast durchweg eisfrei. Nur am 5. und 6. Februar bildete sich in einigen Häfen und geschützt liegenden Bereichen der Küstengewässer der Ostsee Neueis. Dieses schmolz aber bei steigenden Temperaturen in den folgenden Tagen wieder ab.

Das Jahr begann stürmisch. Schon am 2. Januar gab es Böen, die Windstärke 11 Bft entsprachen. Vom 9. bis 11. Januar sorgten dann die Tiefs ELON und FELIX für Böen bis Orkanstärke. Nach Angaben des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) (siehe Bericht) trat dabei an der Nordseeküste eine bisher nicht beobachtete Serie von fünf aufeinander folgenden Sturmfluten auf. Eine Sturmserie Ende März 2015 erreichte am 31. mit Orkantief NIKLAS ihren Höhepunkt. An der Nordsee wurden Spitzenböen von 140 km/h gemessen, was für die Zeit nach Frühlingsanfang sehr ungewöhnlich ist. NIKLAS führte zu starken Behinderungen und Ausfällen im Bahn-, Schiffs- und Flugverkehr. Neben Sachschäden gab es mehrere Tote zu beklagen. Auch auf seiner Rückseite erreichten die Böen am 1. April immer noch Bft 8 bis 11. Weitere Informationen sind im Bericht des DWD zu NIKLAS zu finden. Ungewöhnlich windreich war der Mai, in dem Windböen immer wieder Sturmstärke erreichten. Hervorzuheben ist die Wetterlage vom 5. Mai, bei der sich Gewitter entwickelten und in Mecklenburg-Vorpommern auch zwei Tornados mit Windspitzen bis Orkanstärke. Einer traf die Kleinstadt Bützow schwer (siehe Bericht). In Hamburg forderte eine Gewitterböe ein Menschenleben in Elbnähe. Anfang Juni brachte der Durchzug von Tiefausläufern noch stürmischen Wind mit Böen bis Bft 10, bevor sich der Wind deutlich abschwächte. Der Juli hatte dann wieder einige stürmische Tage besonders gegen Monatsende, wobei das für diesen Sommermonat ungewöhnlich kräftige Sturmtief ZELJKO am 25. und 26. Böen bis Bft 10 hervorrief. Danach erreichten Böen selten Sturmstärke. Erst vom 7. November an wurde es wieder richtig stürmisch. Mehrere Sturmtiefs lösten im Monatsverlauf Böen bis Orkanstärke aus. Am 22. sorgte zudem ein Tief über der westlichen Ostsee für erhöhte Wasserstände und gebietsweise für eine Sturmflut (siehe Bericht des BSH). Das windreiche Wetter setzte sich im Dezember fort, wobei die höchsten Windspitzen Bft 11 entsprachen.

Die Milde der Wintermonate wurde zu Jahresbeginn durch ein Vorherrschen von Winden aus westlichen bis südlichen Richtungen hervorgerufen, zum Jahresende durch Winde aus südlichen Richtungen (SW bis SE). Wie die monatliche Verteilung der Windrichtungen in Abb. 5 zeigt,

wehten südliche Winde an der Nordsee zu rund 75 %, an der Ostsee zu knapp 85 % der Zeit und kamen damit um rund 30 % häufiger vor als im Mittel. Im Oktober herrschten Winde aus östlicher Richtung (NE bis SE) vor. Diese waren insbesondere auf den Einfluss von Hochdruckgebieten über Skandinavien und Osteuropa zurückzuführen. Winde aus diesen Richtungen kamen zu 60 bis 70 % der Zeit vor, während sie gewöhnlich nur einen Anteil von 20 bis 30 % haben.

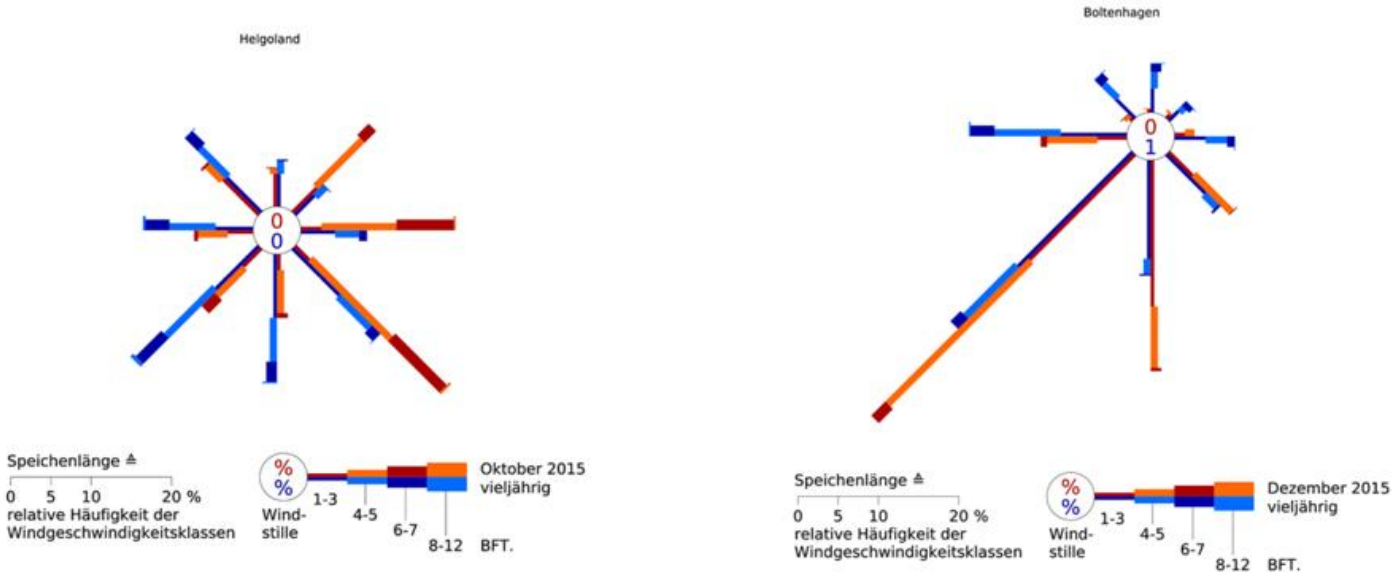


Abb. 5: Windverteilungen an den Stationen Helgoland im Oktober und Boltenhagen im Dezember 2015 (orange) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2015)

Objektive Wetterlagenklassen 2015

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt. Danach kam das operationelle erweiterte Globalmodell (GME) zum Einsatz, das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügte; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Seit dem 20.01.2015 wird die operationelle ICON-Vorhersage verwendet. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.

Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit mit dem gleichen Ergebnis nachvollziehbar. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „**Objektive** Wetterlagenklassifikation" abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 30-jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z_{950} z_{500} f mit:

aa =: Anströmrichtung: XX = keine vorherrschende Richtung, NO = Nordost, SO = Südost, SW = Südwest, NW = Nordwest;

z_{950} z_{500} =: Zyklonalität in 950 bzw. 500 hPa: Z = zyklonal, A = antizyklonal;

f =: Feuchte F = feucht, T = trocken.

Beispiel:
NOAZT = Nordost, antizyklonal in 950 hPa, zyklonal in 500 hPa, trocken.

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2015

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2015 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	SWZAF	33	9,04	18	NWAZF	5	1,37
2	NWAAT	32	8,77	19	SOZAT	5	1,37
3	NWAAF	32	8,77	20	NWZZT	5	1,37
4	NWAZT	32	8,77	21	NWZZF	5	1,37
5	SWAAF	31	8,49	22	SWZAT	4	1,10
6	SWAAT	29	7,95	23	XXZZF	4	1,10
7	XXAAT	25	6,85	24	XXZAF	3	0,82
8	SWAZT	20	5,48	25	SOAAT	2	0,55
9	XXAZT	12	3,29	26	SOZZT	2	0,55
10	NOAZT	12	3,29	27	SOZZF	2	0,55
11	XXZZT	12	3,29	28	NOAAF	1	0,27
12	NOAAT	11	3,01	29	XXAZF	1	0,27
13	XXAAF	9	2,47	30	NWZAT	1	0,27
14	XXZAT	9	2,47	31	SOZAF	1	0,27
15	SWAZF	8	2,19	32	NWZAF	1	0,27
16	SWZZT	8	2,19	33	NOZZF	1	0,27
17	SWZZF	7	1,92				

Die Wetterlagenklassen SOAAF, SOAZT, NOAZF, SOAZF, NOZAT, NOZAF, NOZZT sind im Jahr 2015 nicht vorgekommen.

Besonders häufig traten in diesem Jahr wieder Südwestlagen mit einer antizyklonalen Höhenströmung auf, fast genauso oft wurden Nordwestlagen mit einer bodennahen antizyklonalen Strömung registriert. Auch 2015 wurde die Wetterlage SWZAF deutlich häufiger beobachtet als im Referenzzeitraum 1981–2010. Recht häufig vertreten waren auch Südwestlagen und Lagen mit keiner vorherrschenden Anströmrichtung mit einer antizyklonalen Bodenströmung, gefolgt von den in der Höhe zyklonalen Wetterlagen XXAZT, NOAZT, XXZZT. Während die Nordwestlagen NWAAT und NWAAF 2015 etwas häufiger als in der Referenzperiode 1981–2010 vertreten waren, erreichten NWAZT und SWAAF nicht ganz die Prozentzahlen der Referenzperiode. Deutlich häufiger als in der Referenzperiode wurde die Wetterlage SWAAT beobachtet. Die 12 häufigsten Wetterlagen stellten zusammen 77 % aller Lagen dar.

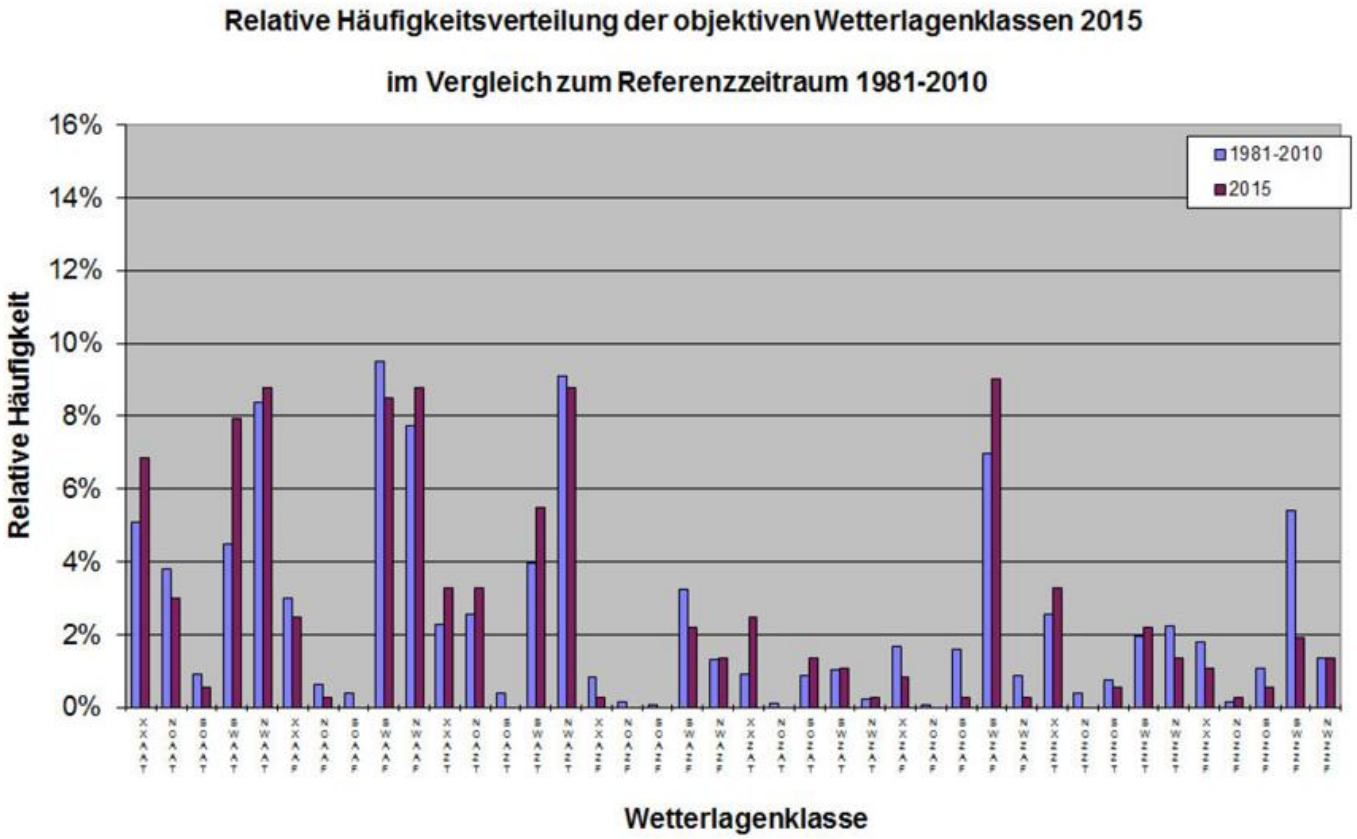


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2015 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2015

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2 und 3) fällt auf, dass 2015, wie auch schon im Vorjahr, oft Südwestlagen beobachtet wurden und diese auch häufiger auftraten als im Referenzzeitraum 1981-2010. Recht oft traten auch Nordwestlagen auf, allerdings entsprach ihre Anzahl fast dem vieljährigen Mittel. Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung traten 2015 auch wieder häufiger als im Zeitraum 1981–2010 auf. Bei den Nordostlagen entsprach die Windrichtungsvertei-lung weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode, während Südostlagen kaum auftraten und damit der Referenzwert nicht erreicht wurde.

In der freien sowie in der unteren Atmosphäre waren antizyklonale und zyklonale Lagen 2015 ähnlich verteilt wie im Zeitraum 1981-2010. Deutlichere Unterschiede zeigten sich bei der Verteilung der trockenen und feuchten Lagen. 2015 wurden mehr trockene Lagen als in der Referenzperiode registriert.

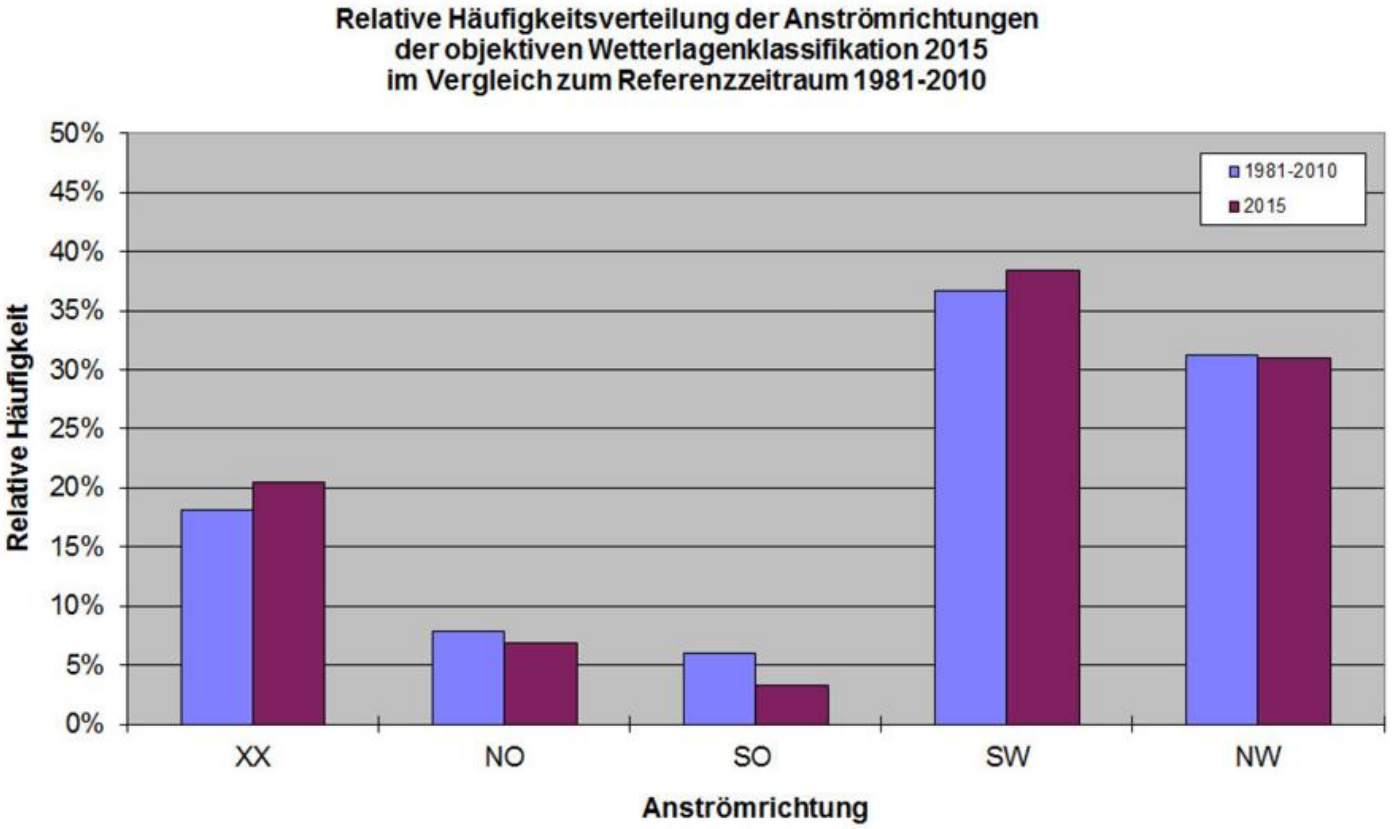


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2015 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

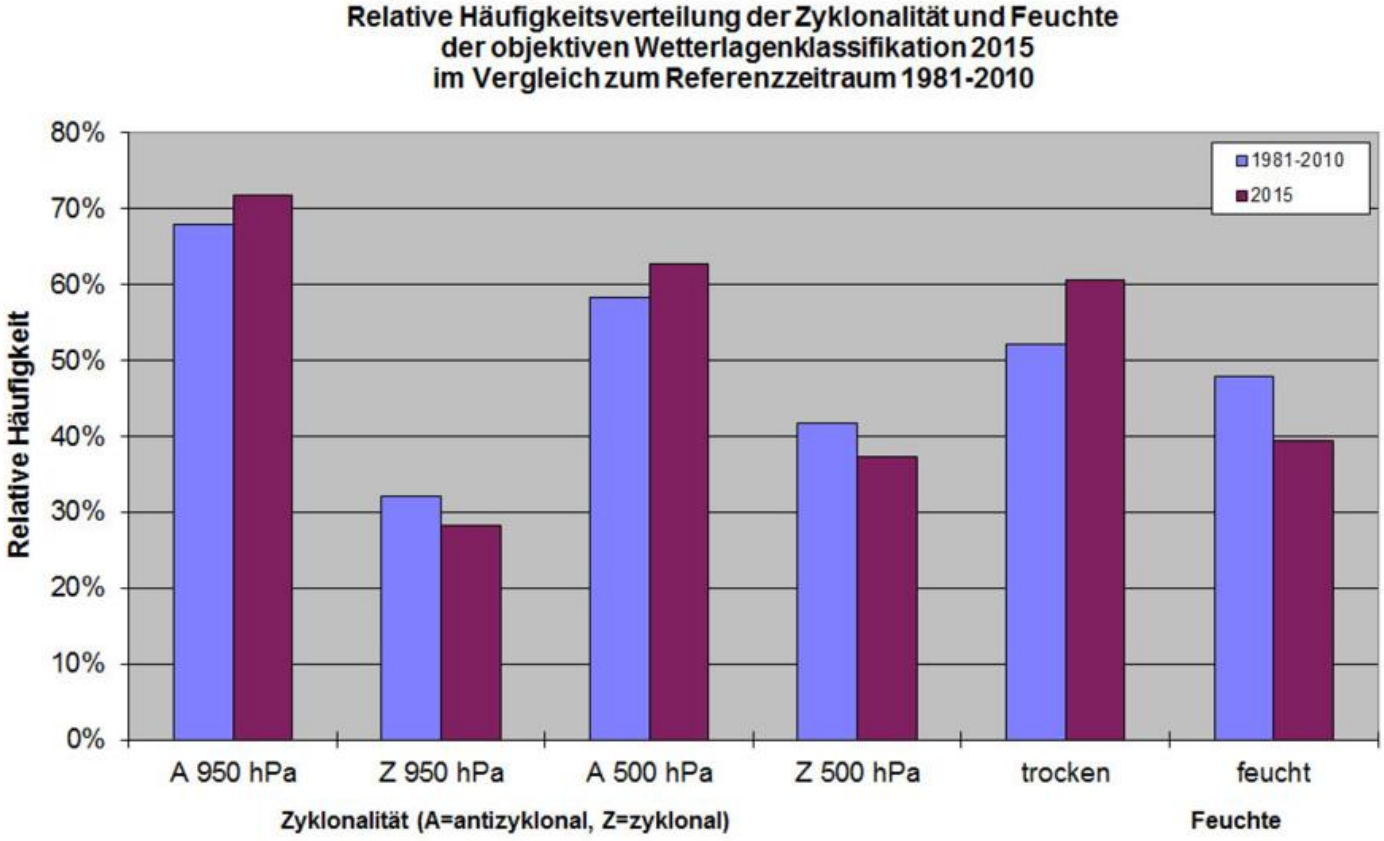


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2015 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	5	9	10	3	5	5	3	10	3	16	3	3	75
NO	0	5	4	6	0	0	0	1	6	3	0	0	25
SO	0	2	3	0	0	0	0	2	1	3	0	1	12
SW	11	9	4	11	16	11	20	18	14	6	6	14	140
NW	15	3	10	10	10	14	8	0	6	3	21	13	113
A 950 hPa	24	19	20	24	26	25	20	14	20	17	23	30	262
Z 950 hPa	7	9	11	6	5	5	11	17	10	14	7	1	103
A 500 hPa	16	17	19	20	21	20	23	21	10	15	20	27	229
Z 500 hPa	15	11	12	10	10	10	8	10	20	16	10	4	136
trocken	19	26	23	24	22	16	11	11	22	20	14	13	221
feucht	12	2	8	6	9	14	20	20	8	11	16	18	144
Temperatur	2,7	0,3	1,7	1	0,2	0,4	2,5	3,4	-0,3	-0,6	3,5	5,7	1,7
Niederschlag	140	45	98	71	73	68	93	97	92	84	152	52	89

Tab. 1: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2015. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatliche Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen waren in den Monaten Februar, April, Mai sowie von Juli bis September und im Dezember die vorherrschenden Wetterlagen. Besonders häufig traten sie in den Hochsommermonaten Juli und August auf. Relativ selten wurden sie im März, Oktober und November beobachtet. Nordwestlagen dominierten im Januar, März, Juni und November das Wettergeschehen. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war sehr gering. Im Januar, im Zeitraum Mai bis Juli sowie im November gab es keinen Tag mit Ostlage. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung waren im Jahr 2015 mit mehr als 10 Tagen nur im Oktober vertreten.

- Zyklonalität

In 950 hPa waren antizyklonale Lagen in fast allen Monaten häufiger vertreten als zyklonale Lagen. Diese dominierten im August, der im Nordwesten und der Mitte Deutschlands recht regnerisch ausfiel. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen nur im kühlen September und Oktober nicht vorherrschend, wobei im Oktober das Verhältnis von antizyklonalen zu zyklonalen Lagen fast ausgeglichen war. Ein ähnlich ausgeglichenes Verhältnis zeigte sich im niederschlagsreichen und sehr milden Januar.

- Feuchte

Im Jahr 2015 wurden, im Gegensatz zum Vorjahr, mehr trockene als feuchte Wetterlagen beobachtet. Feuchte Wetterlagen dominierten allerdings in den Monaten Juli, August, November und Dezember.

- Temperatur

Die Jahresmitteltemperatur für 2015 lag 1,7 K über dem Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Leicht unterdurchschnittliche Mitteltemperaturen wurden nur im September und Oktober registriert.

- Niederschlag

Im Jahr 2015 waren nur 2 Monate niederschlagsreicher als im Zeitraum 1961-1990, so dass 2015 nur 89 % der Niederschlagsmenge der internationalen klimatologischen Referenzperiode erreicht wurden.
Ein klarer Zusammenhang zwischen diesen Witterungsanomalien und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich nur in Einzelfällen feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2015

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) sind die Trends hinsichtlich der Zunahme von Südwestlagen und Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung weiterhin vorhanden, wurden aber nicht gestärkt.

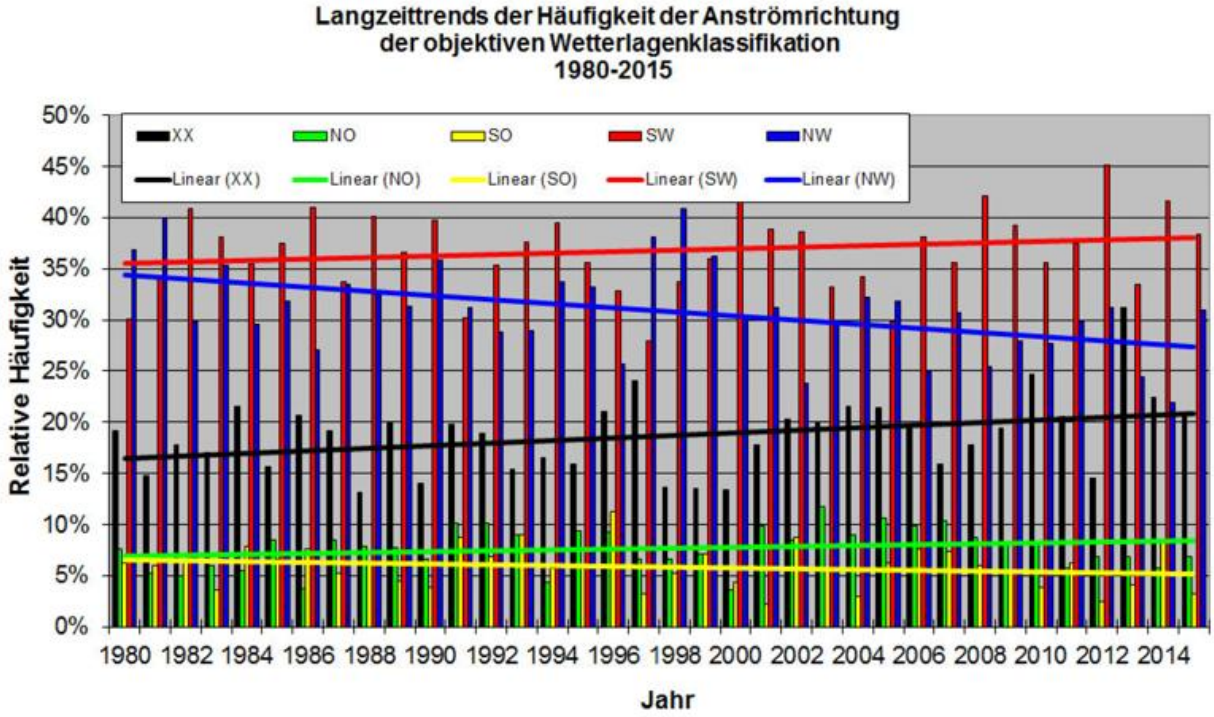


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2015

Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) sind keine Trends erkennbar.

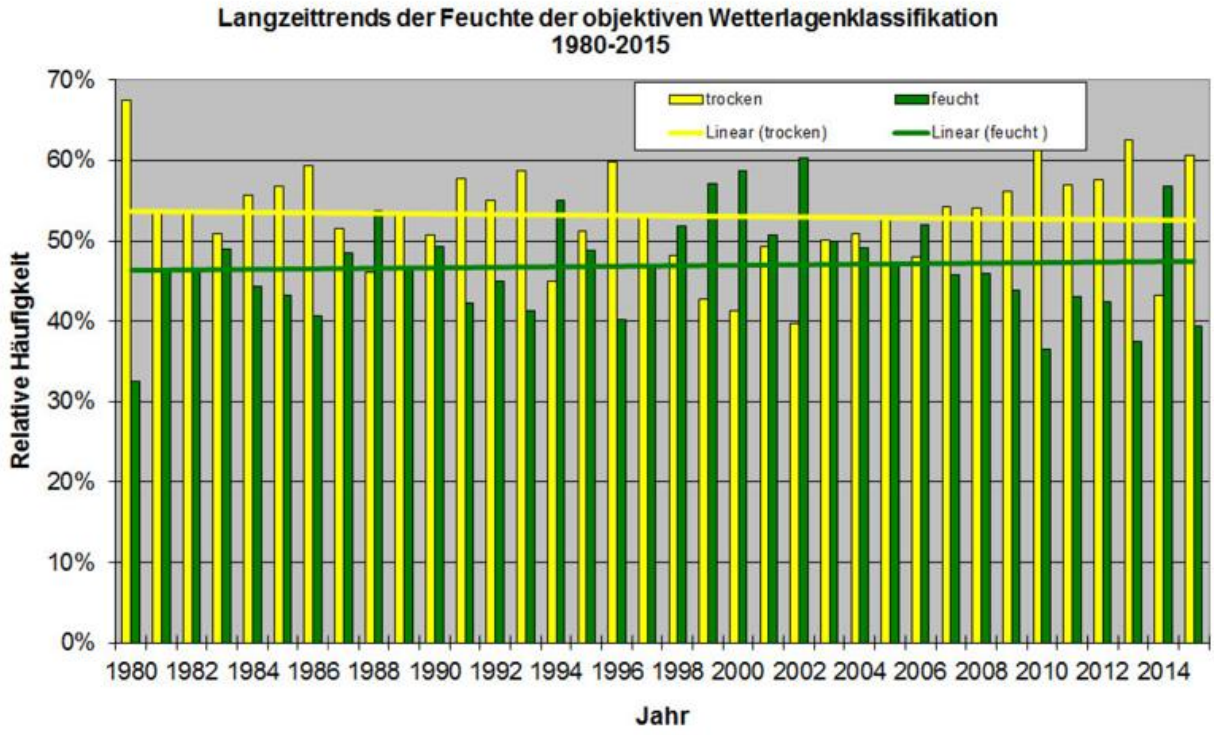


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2015

Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) ist nur in 500 hPa ein schwacher Trend zu einer Zunahme antizyklonaler Lagen feststellbar, während sich in 950 hPa keine langfristigen Tendenzen zeigen.

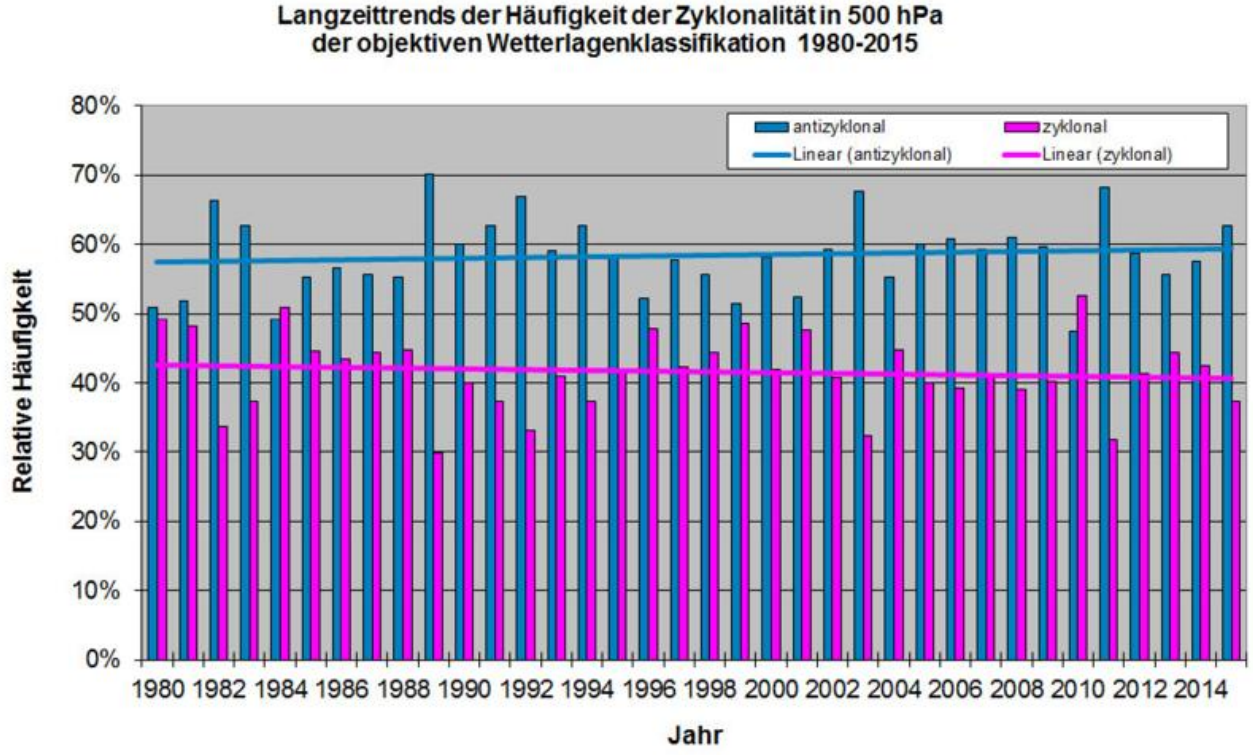


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2015

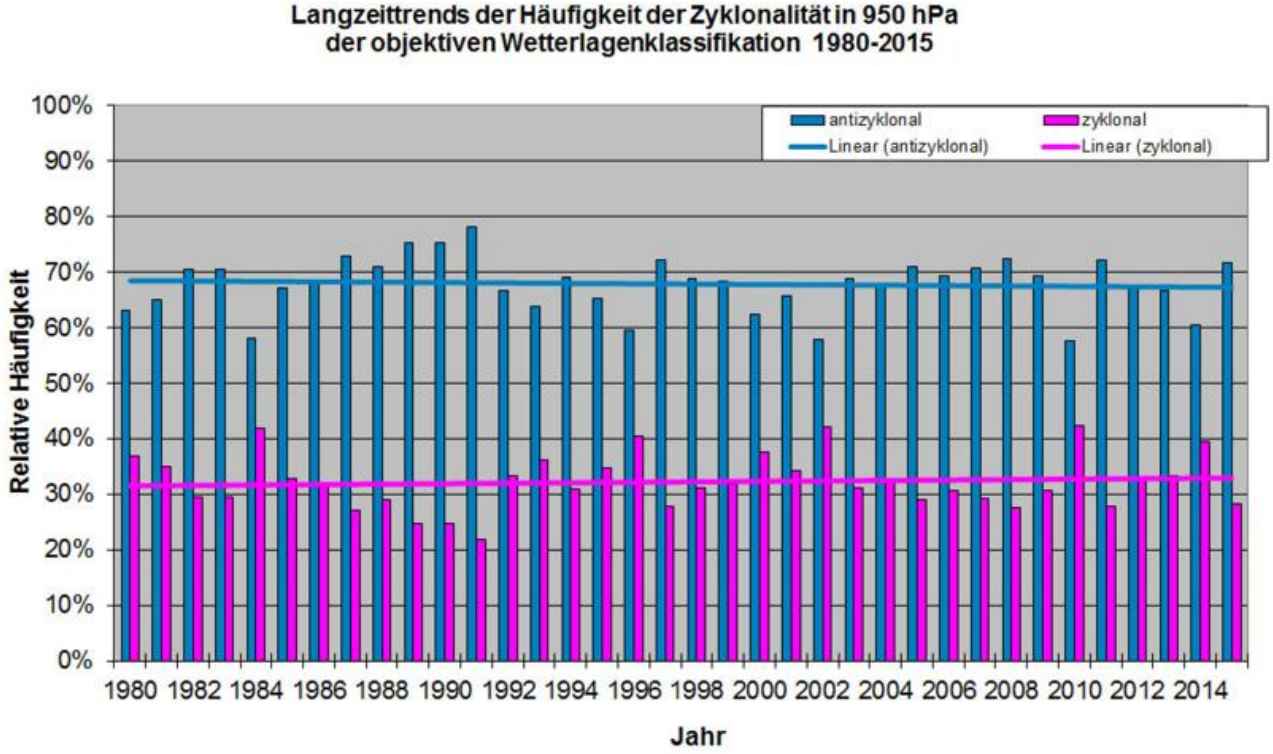


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2015

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2015

S. Pietzsch, F.-J. Löpmeier, J. Fildebrandt, M. Wegener

Übersicht über den Verlauf des Jahres

Bei insgesamt milder, trüber und meist feuchter Witterung kamen im Januar regional die ersten Frühjahrsblüher zum Vorschein. Teilweise wurden auch bei den Winterkulturen erste Wachstumsregungen beobachtet, die durch die kälteren Temperaturen zum Monatsende aber wieder unterbunden wurden. Im Februar bedingten fehlende Niederschläge, dass die Böden in Ostdeutschland nicht ganz wassergesättigt in den Frühling starteten. Nur dort wo es möglich war, begannen erste landwirtschaftliche Arbeiten wie Gülleausbringung und Düngegaben. Wie schon im Vorjahr war der Frühling insgesamt warm, sonnenscheinreich und vor allem trocken. Auf einen frühlingshaften März, der die landwirtschaftlichen Arbeiten in Schwung brachte, folgte ein trockener April, der erste Beregnungen erforderte. Im Mai spitzte sich die Trockenheit in der Mitte Deutschlands zu, wohingegen es im Norden und im Süden teils überdurchschnittlich viel regnete. Da bis in den Mai noch einige Nächte mit Bodenfrost auftraten, hinkte die phänologische Entwicklung der Kulturen ein wenig hinterher. Der insgesamt heiße, trockene und sonnige Sommer wies große regionale Differenzen auf. Die Trockenheit, die vielfach durch die Presse ging, war vor allem in Südhessen, Nordbayern, Sachsen und Südbrandenburg ein Thema. Im Norden hingegen war es eher feuchter als normal. Insgesamt warm bei nahezu durchschnittlicher Niederschlagsmenge und Sonnenscheindauer zeigte sich der Herbst. Der September und der Oktober waren kühl, sonnenscheinarm und trocken. Somit konnten die Böden gut befahren werden und die Aussaat der Winterkulturen verlief meist reibungslos; die fehlenden Niederschläge führten allerdings zu einer Anspannung der Bodenfeuchtesituation. Der November hingegen, der eine nasse, sonnige und vor allem warme Witterung mit sich brachte, sorgte dafür, dass die Böden ihre Wasservorräte wieder etwas auffüllen konnten. Vegetationsruhe war bis zum Ende des Jahres nicht in Sicht.

Dem außergewöhnlich warmen Jahr 2014 folgte mit dem Januar 2015 erneut ein zu warmer Monat. Häufige Westwetterlagen sorgten für ein facettenreiches Wetter. Von frühlingshafter Wärme mit Rekordtemperaturen bis zu 20°C (Abb. 1) über große Regengebiete und schwere Stürme bis hin zu einem recht winterlichen Monatsanfang und auch -ende – vor allem in Süddeutschland – war alles dabei.

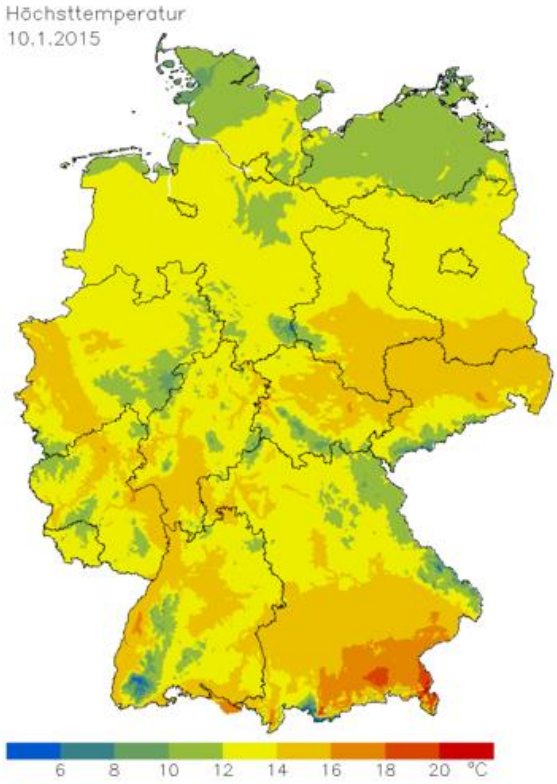


Abb. 1: Maximum der Lufttemperatur (°C) am 10.01.2015

Teils in der ersten, vor allem aber in der zweiten Januardekade kam es zu ersten Regungen in der Natur – die Hasel, vereinzelte Erlen und die ersten Schneeglöckchen begannen zu blühen. Letztere begannen im Osten Deutschlands bis zu 4 Wochen früher zu blühen als im langjährigen Mittel (Abb. 2).

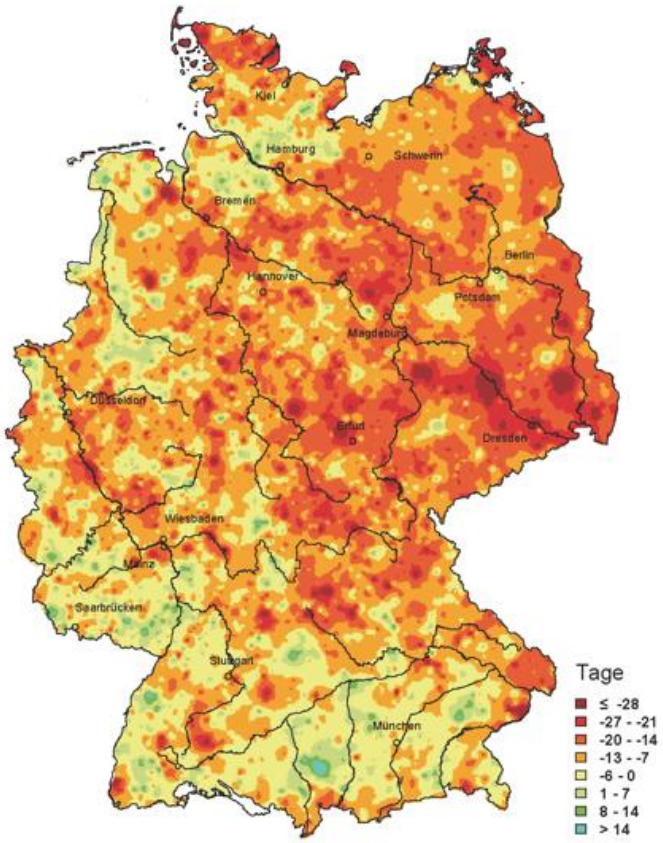


Abb. 2: Abweichung (Tage) des Beginns der Schneeglöckchenblüte 2015 vom langjährigen Mittel

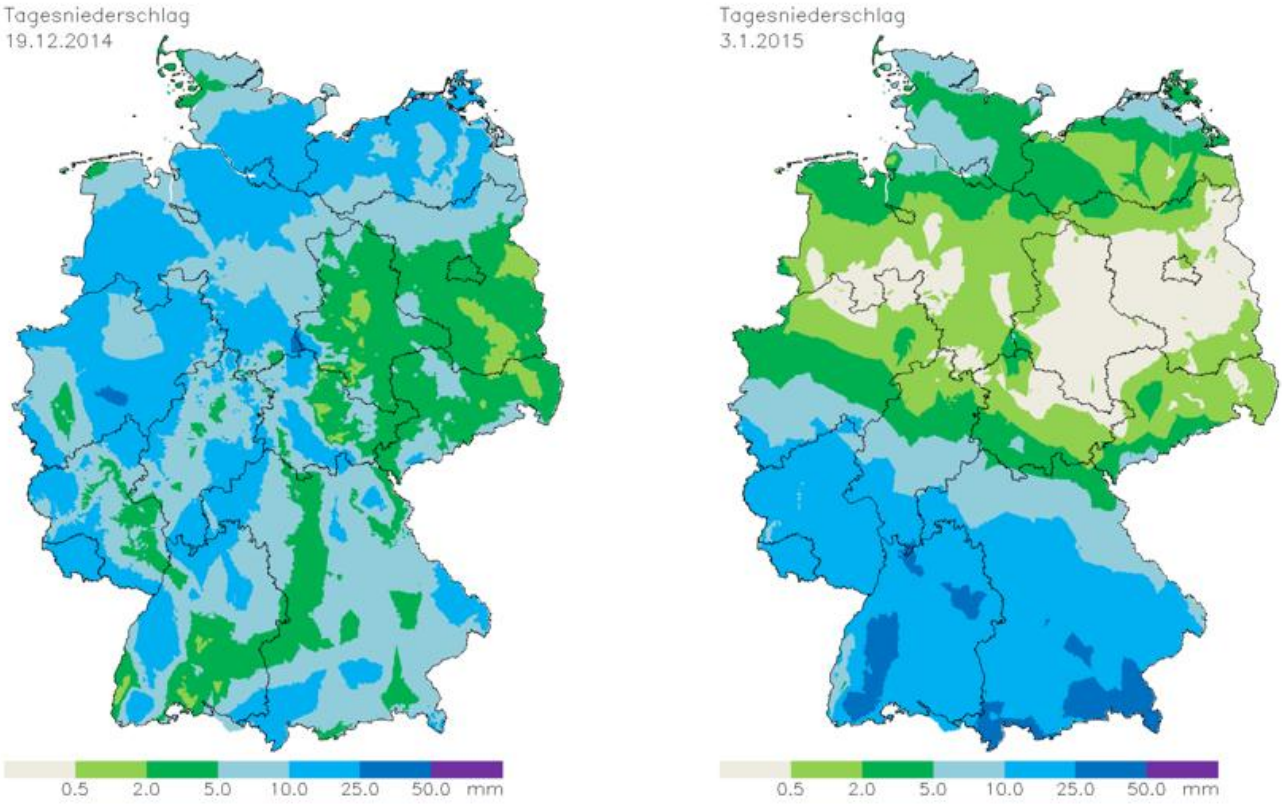


Abb. 3: Tagesniederschlag (mm) am 19.12.2014 (links) und 03.01.2015 (rechts)

Auch in den Winterkulturen gab es zum Teil Wachstumsregungen. Trotz allem blieb die Winterruhe vorerst erhalten. Durch regelmäßige Niederschläge (Abb. 3, rechts) blieben die Böden in der Westhälfte weiterhin staunass, und die Sickerung dauerte an. In der Osthälfte konnten sich die Bodenwasservorräte weiter auffüllen und in den Mittelgebirgen sowie deren Vorländern begann die Sickerwasserbildung aus den oberen 60 cm des Bodens. Den Schädlingen dürfte die größtenteils feucht-milde Witterung eher zu schaffen gemacht haben als trockene Kälte. In der dritten Januardekade wurde es dann bei wechselhaftem Wetter merklich kälter, im Tiefland gab es teils eine dünne Schneedecke, richtig winterlich wurde es im Bergland. Frostige Nachttemperaturen sorgten für ein endgültiges Abfrieren der letzten Zwischenfrüchte und die Zuckerrübenkampagne wurde beendet.

Anfang **Februar** gelangte Deutschland unter grauen Hochdruckschleier, der das Wetter fast durchgehend bis zum Ende des zweiten Monatsdrittels bestimmte. Das Temperaturniveau war insgesamt niedriger als in den beiden Vormonaten. Im Norden und Westen sowie in den Niederungen zeigte sich der Winter nur gelegentlich, während sich die höheren Lagen und besonders Süddeutschland kalt mit viel Schnee präsentierten. Es gab verbreitet leichten bis mäßigen Frost, bodennah mäßigen bis strengen Frost mit Tiefstwerten unter minus 10°C. Dadurch gefroren offene Böden verbreitet bis in tiefere Bodenschichten, was der Lockerung der Bodenkrume zugutekam. Oberflächlich taute der Boden in sonnigen Lagen tagsüber stellenweise wieder auf, was zu Wechselfrösten und zu verstärkten Bodenbewegungen führte. Schneebedeckte Böden blieben frostfrei. Im letzten Monatsdrittel gestalteten atlantische Tiefausläufer das Wetter leicht wechselhaft und nicht mehr so kalt. Insgesamt präsentierte sich der Februar bei deutlich zu wenig Niederschlag und fast überall leicht überdurchschnittlicher Sonnenscheinbilanz nahezu temperaturnormal. Etwas zu mild war es im Nordosten, leicht zu kalt hingegen im Südwesten. Besonders in der Osthälfte kam zu wenig Regen an, was nicht ganz volle Bodenwasservorräte brachte, viel fehlte jedoch nicht (Abb. 4). Landwirtschaftliche Arbeiten hielten sich noch in Grenzen. Ganz vereinzelt erfolgte die Ausbringung von Gülle und zum Teil die erste Düngegabe, allerdings waren die Böden gebietsweise überschwemmt, wassergesättigt, durchgehend gefroren oder durchgängig höher als 5 cm mit Schnee bedeckt, so dass eine Düngeausbringung nach der Düngeverordnung nicht gestattet war. Die Vegetation ruhte im letzten Wintermonat somit weitgehend. Auch die Winterungen zeigten keine Regungen. Zum Monatsende war die Vegetation meist auf normalem Entwicklungsstand oder allenfalls leicht verfrüht. Es blühten weiterhin Schneeglöckchen, Hasel und vermehrt Erle.

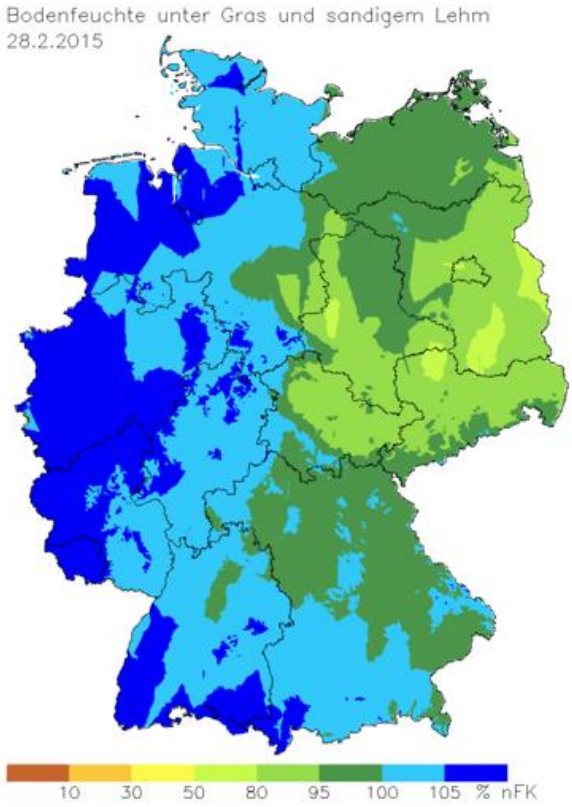


Abb. 4: Bodenfeuchte (%nFK) in 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm am 28.02.2015

Passend zum Frühlingsbeginn zeigte sich der **März** überdurchschnittlich warm und sonnig. Die Niederschlagsbilanz war insgesamt nahezu ausgeglichen, wobei die meisten Niederschläge zum Monatsende fielen. Trotz der überwiegend milden Temperaturabschnitte gab es regional, besonders im Osten, noch viele Tage mit Bodenfrost. Dennoch konnten die landwirtschaftlichen Arbeiten meist problemlos starten. Die Sommerungen wurden ausgebracht und gebietsweise konnten schon Zuckerrüben gedrillt und Kartoffeln gelegt werden. Vielfach begann das Ergrünen des Dauergrünlandes. Einhergehend mit den Wachstumsregungen in der Natur begannen gebiets- und zeitweise auch die Rapsschädlinge aktiv zu werden. Wo es nötig war, fanden dementsprechend Pflanzenschutzmaßnahmen statt. In weit entwickelten Beständen kamen außerdem die ersten Wachstumsregler zum Einsatz.

Der **April** fiel insgesamt warm, trocken und sonnig aus. Lediglich zu Beginn und zum Monatsende machte er wettertechnisch seinem Namen eine Ehre. Im Monatsverlauf trockneten die Böden fortwährend ab, so dass anstehende Feldarbeiten meist problemlos durchgeführt werden konnten. Zuckerrüben, Kartoffeln und Mais konnten bestellt werden und fingen an aufzulaufen. Das Wintergetreide ging derweil allmählich in die phänologische Phase des Schossens über. Trotz der ansteigenden Temperaturen traten allerdings noch einige Nächte mit Bodenfrost auf. Dies führte dazu, dass die Vegetation keinen wesentlichen Entwicklungsvorsprung erfuhr, so wie es noch im Vorjahr der Fall gewesen war. Trotz allem begann der Apfel im Schnitt etwas früher zu blühen als im langjährigen Mittel. Im Südwesten Deutschlands lag die Verfrühung teils bei um die 3 Wochen (Abb. 5).

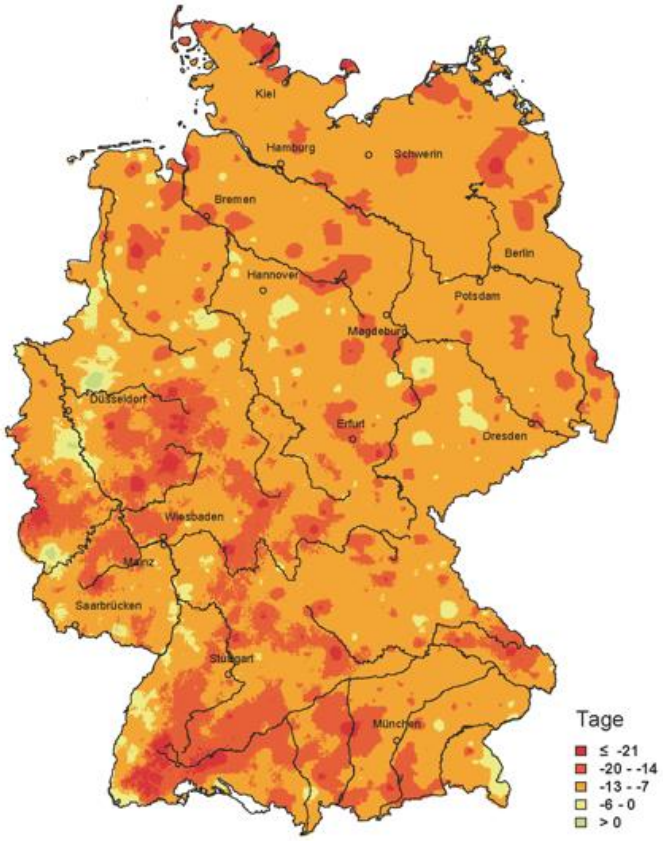


Abb. 5: Abweichung (Tage) des Beginns der Apfelblüte 2015 vom langjährigen Mittel

Die Trockenheit führte bereits zu vereinzelten kleinen Waldbränden und örtlich mussten die ersten Beregnungsanlagen in Betrieb genommen werden. In Brandenburg lagen die Werte der Bodenfeuchte Ende des Monats regional schon bei weniger als 60 %nFK (Prozent nutzbarer Feldkapazität), im restlichen Deutschland meist zwischen 60 und 80 %nFK (Abb. 6). Der Vorteil der trockenen Witterung war, dass sich die Gefahr pilzlicher Infektionskrankheiten in Grenzen hielt.

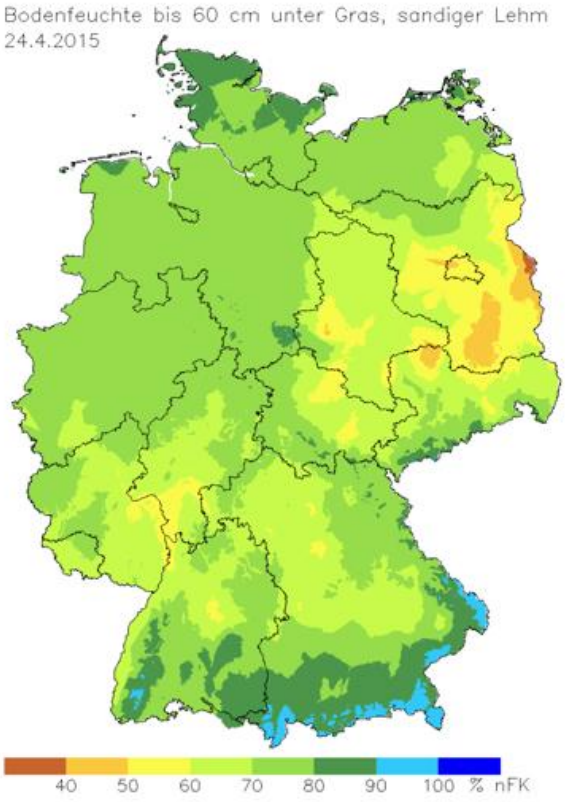


Abb. 6: Bodenfeuchte (in % nFK) in 0-60 cm unter Gras bei sandigen Lehm am 24.04.2015

In Summe war der **Mai** nahezu temperaturnormal, trüb und zu trocken. Die Niederschlagsverteilung wies allerdings eine große räumliche Differenzierung auf. Wohingegen es im Norden und im Süden eher nass war, litt die Mitte Deutschlands unter starker Trockenheit. Hier lagen die Bodenfeuchten – vor allem im Osten Deutschlands – regional unter 50 %nFK (Abb. 8). Trockene Phasen wurden verbreitet für Silage- und Heuschnitte genutzt. Wo feuchte Bedingungen herrschten, die Pilzinfektionen begünstigten, waren Pflanzenschutzmaßnahmen ein großes Thema. In den trockenen Regionen liefen hingegen die Beregnungsanlagen und die Waldbrandgefahr stieg an. Vielerorts trat in den Nächten noch letzter Bodenfrost auf. Dies war mitunter ein Grund dafür, dass die phänologische Entwicklung der Kulturen nun leicht im Rückstand war. In Westdeutschland begann beispielsweise das Ährenschieben des Winterroggens regional über eine Woche später als im langjährigen Mittel (Abb.7).
Im Monatsverlauf sind Mais und Kartoffeln aufgelaufen und die Kartoffelbestände waren zum Monatsende einigerorts geschlossen. Die Wintergerste ging Anfang des Monats und der Winterweizen zum Ende des Monats in die Phase des Ährenschiebens über.

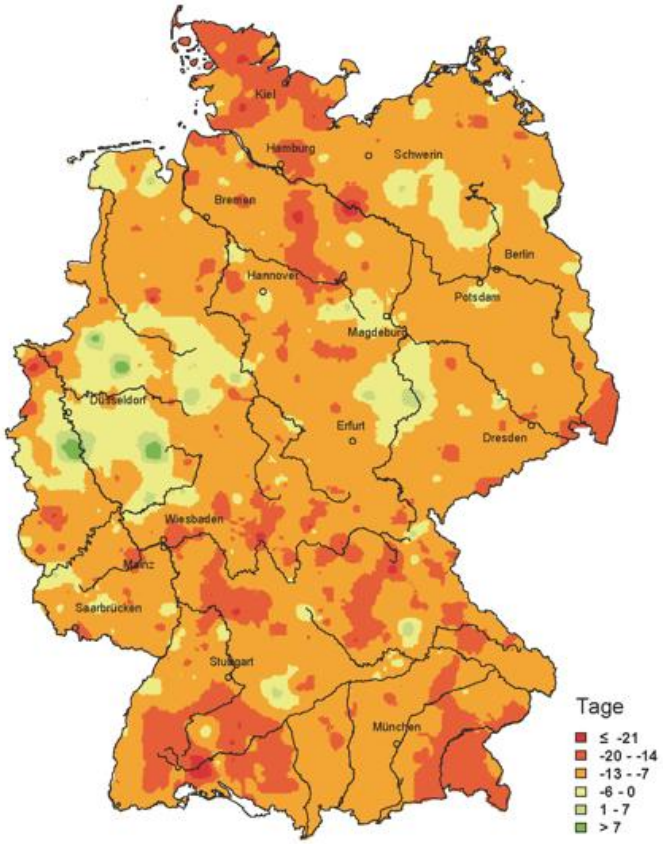


Abb. 7: Abweichung (Tage) des Beginns des Ährenschiebens beim Winterroggen 2015 vom langjährigen Mittel

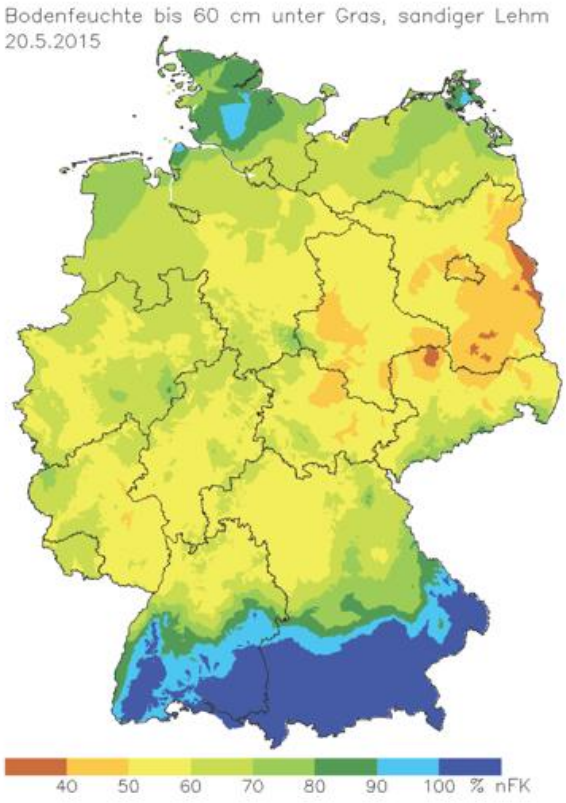


Abb. 8: Bodenfeuchte (%nFK) in 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm am 20.05.2015

Der **Juni** brachte typisches Frühsommerwetter mit einem Wechsel von hochsommerlichen Abschnitten und wiederholten kühlen Phasen. Generell herrschten im Norden eher kühle Luftmassen vor. Hoher Luftdruck führte in den ersten beiden Juniwochen und am Monatsende zu einer Fortdauer der allgemeinen Trockenheit und begünstige die Heuwerbung, während im warmen Süden immer wieder Gewitter mit Starkregen tobten. Über die Monatsmitte hinweg dominerte eine wechselhafte Witterungsphase, die das Niederschlagsdefizit jedoch nicht ausgleichen konnte. Es gab nur kurze Zeitfenster für einen Silageschnitt. Insgesamt ergab sich ein etwas zu warmer, deutlich zu trockener Juni bei ausgeglichener Sonnenscheinbilanz. Die Bodenfeuchtesituation blieb verbreitet angespannt, so dass weiterhin die Beregnungsanlagen liefen und eine hohe Waldbrandgefahr bestand. Vor allem in der Mitte Deutschlands waren die Bodenfeuchten in der Schicht von 0 bis 60 cm unter Wintergetreide so niedrig wie noch nie zu dieser Zeit seit 1961. Aufgrund der Wasserknappheit kam das Getreide zügig in die Gelbreife, teils auch in die Notreife. Gegen Monatsende wurde die erste Wintergerste – mit Ausnahme von Norddeutschland – geerntet. Allerdings litten die Kulturen auch unter den trockenen Verhältnissen und zeigten regional Trockenschäden. Grünlanderträge fielen vielerorts gering aus – der anschließende Aufwuchs zum zweiten Schnitt zeigte Probleme. Der Reihenschluss vieler Hackfrüchte verspätete sich. Einzig positiver Effekt der Trockenheit: der Infektionsdruck durch pilzliche Schaderreger war weiterhin gering.

Die Witterung im **Juli** war zweigeteilt: In der Mitte und im Süden herrschte oft extreme Hitze, die dort auch neue Rekordwerte brachte. Im Norden waren die Temperaturen etwas erträglicher und es wehte häufig ein starker Wind. Im Gegensatz zum Juni bekam dieses Mal der Norden deutlich mehr Niederschlag, womit sich die Bodenfeuchtesituation leicht entspannte. Ab Monatsmitte begann endlich auch dort die Wintergerstenernte und zum Monatsende hin teils die Winterrapsernte. Auf Schlägen, welche von Starkregen und Wind betroffen waren, kam es zu Umbrüchen im Getreide, insbesondere bei Winterroggen. Für Silage- und Heuschnitte boten sich trotzdem immer wieder Zeitfenster an. Für den Rest von Deutschland waren die Abtrocknungsbedingungen fast schon zu gut. Mittel- und nun auch Süddeutschland litten unter der extremen Trockenheit. Die Bodenfeuchtesituation blieb sehr angespannt! Zügig setzte sich die Wintergerstenernte fort, ab Monatsmitte begann auch die Ernte von Winterraps und teilweise von Winterweizen. Die Abreife des Getreides verlief sehr schnell, teils ohne ausreichende Kornbildung. Besonders problematisch war der Wassermangel für den Mais: Trockenschäden wie eingerollte, teils auch verbrannte Blätter und allgemein nur schwach ausgebildete Pflanzen traten auf. Sowohl die Trockenheit als die anhaltende Hitze führten zu einigen Waldbränden. Aber auch unwetterartige Schauer und Gewitter mit Sturmböen waren ein Beigeschmack der tropischen Verhältnisse. Deutschlandweit kam es dabei nur zeitweise zur Vermehrung pilzlicher Schaderreger.

Der **August** begann mit großer Trockenheit und Rekordhitze, etwa ab Monatsmitte präsentierte er sich wechselhaft mit teils kräftigen Regenfällen – die gelegentlich sogar unwetterartig ausfielen – sowie mit vorübergehend ergiebigem Dauerregen. Vor allem Norddeutschland war davon wieder betroffen. Lokale Niederschlags- und Gewitterereignisse gab es aber auch in anderen Teilen Deutschlands. Insgesamt war der Monat bei leicht positiver Sonnenscheinbilanz außergewöhnlich warm und die Niederschlagsbilanz nahezu ausgeglichen. Es war der zweitwärmste August seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Infolgedessen stieg die potentielle Verdunstung stark an und die Bodenfeuchte nahm bis Mitte des Monats vor allem in den oberen Bodenschichten stark ab (Abb. 9, links). Es kam vermehrt zu Waldbränden. In Mittel- und Süddeutschland spitzte sich die Trockenheit weiter zu. In Südhessen, Teilen von Nordbayern, Sachsen bis ins südliche Brandenburg waren die Böden so trocken wie seit 50 Jahren nicht. Da flächendeckende Niederschläge ausblieben, blieb die Bodenfeuchtesituation einigerorts bis zum Monatsende angespannt (Abb. 9, rechts). Insgesamt brachte aber das meist heiße und trockene Wetter gute Erntebedingungen sowie Möglichkeiten für Silage- und Heuschnitt hervor. Letzte Winterrapsernten wurden am Monatsbeginn eingefahren, danach begann verbreitet die Winterweizenernte. In der letzten Monatsdekade fand die neue Winterrapsaussaat statt. Am Monatsende lief der Winterraps bereits örtlich auf. Zudem wurde erster Mais gehäckselt. Lediglich in der zweiten und dritten Monatsdekade unterbrach die vorübergehend teils unbeständige Witterung – vor allem im Norden – die Ernte und Strohbergung. Außerdem führten die wechselhaften Phasen zu einer Zunahme von Blattkrankheiten bei Zuckerrüben. Verbreitet wurde ein erhöhtes Aufkommen an Feldmäusen beobachtet.

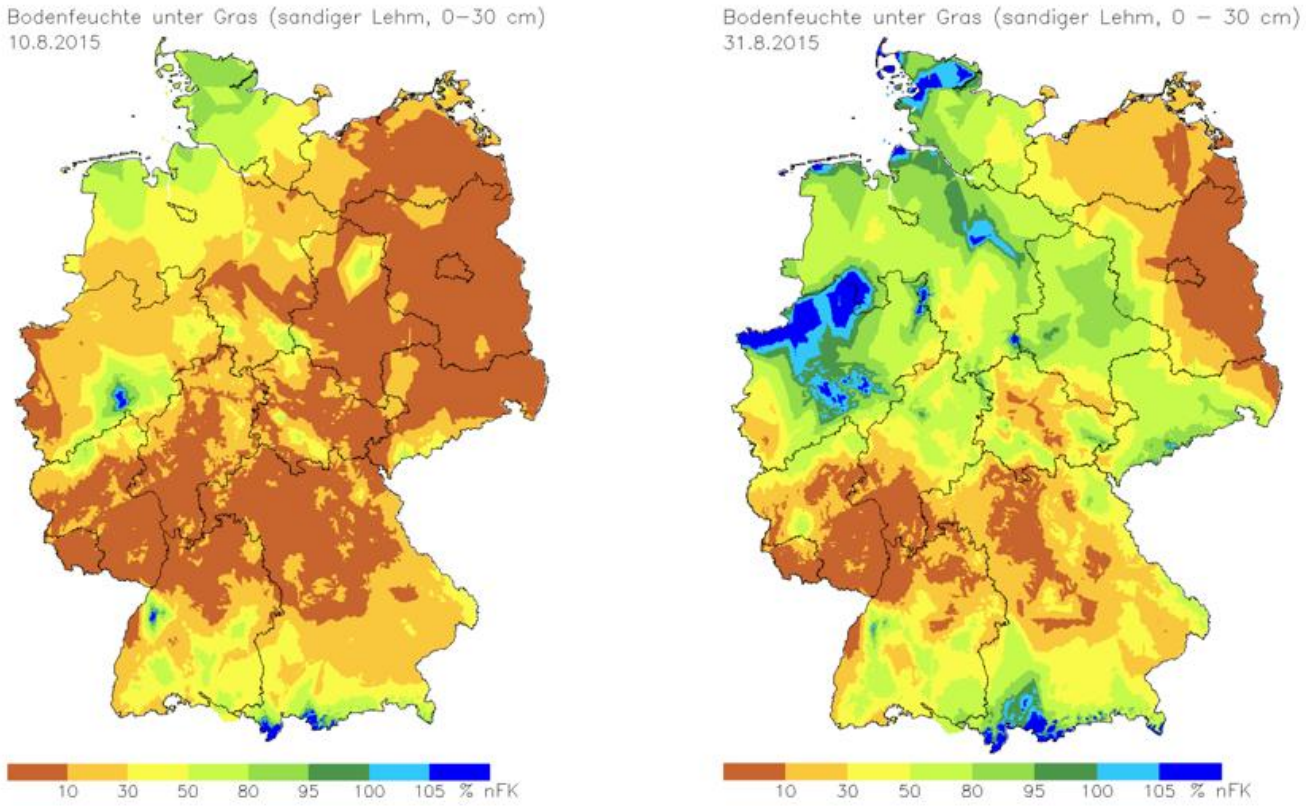


Abb. 9: Bodenfeuchte (%nFK) in 0-30 cm unter Gras bei sandigem Lehm am 10. (links) und am 31.08.2015 (rechts)

Dem in weiten Teilen Deutschlands heiß-trockenen Sommer folgte ein unauffälliger **September**. Im Nordwesten blieb der Monat bei wenig Sonnenschein recht kühl und brachte gebietsweise einen deutlichen Niederschlagsüberschuss. Auch in der Mitte des Landes ging die seit Februar anhaltende Trockenheit zu Ende, während sie in den meisten Regionen im Süden und Osten weiter andauerte. Dort wechselten sich zu kühle und zu warme Abschnitte ab. Zudem gab es in ungünstigen Lagen vereinzelt ersten leichten Frost in Bodennähe und teils leichten Luftfrost. Insgesamt lagen Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im September leicht unter dem vieljährigen Mittel. Die Winterrapsaussaat wurde in der ersten Monatsdekade landesweit abgeschlossen. Parallel begann die Wintergersten- und Winterweizenaussaat, die aufgrund des teils durchwachsenen Wetters – vor allem in der Westhälfte – häufig ins Stocken geriet und sich somit bis Monatsende bzw. sogar darüber hinaus hinzog. In Abhängigkeit der Niederschläge liefen die jungen Saaten regional sehr unterschiedlich auf. Die Situation im Mais stellte sich stark abhängig vom Boden dar. Auf leichten Böden erfolgte die Silageernte sehr früh mit deutlich zu hohen Trockensubstanzgehalten, auf schweren Böden ab Monatsende bzw. im Oktober. Auch die Zuckerrübenkampagne begann regional zum Monatswechsel. Durch das insgesamt niedrige Temperaturniveau und das teils unbeständige Wetter blieb der Befall durch den Rapserdfloh verhalten, jedoch gab es ein verstärktes Problem mit Mäusen und Schnecken. Vor allem das trocken-sonnige Monatsende konnte vereinzelt noch für einen letzten Grünlandschnitt genutzt werden. Oftmals mangelte es aber infolge der verbreiteten Trockenheit an einem ausreichend großen Aufwuchs. Nach Aussagen einiger Landwirte erbrachte das Grünland in diesem Jahr einigerorts einen Schnitt zu wenig und insgesamt zu geringe Erträge.

Die Fruchtreife der Rosskastanie setzte verbreitet mit einer deutlichen Verspätung ein. Regional, beispielsweise im Nordwesten Deutschlands, wurden die Früchte mehr als 3 Wochen später reif, als im langjährigen Mittel (Abb. 10).

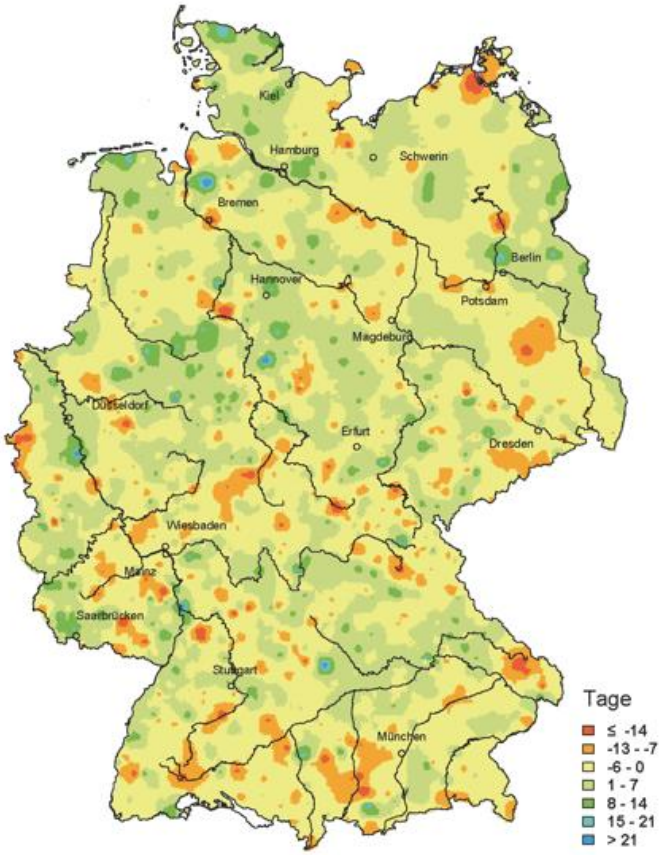


Abb. 10: Abweichung (Tage) des Beginns der Fruchtreife der Rosskastanie 2015 vom langjährigen Mittel

Ein recht typischer **Oktober** mit teilweise ruhigem Wetter inklusive viel Sonnenschein und in den Niederungen mit Nebel oder Hochnebel folgte. Unbeständige Tage mit Niederschlägen gab es aber auch. Um die Monatsmitte herum führte ein erstes winterliches Intermezzo gebietsweise bereits zu Schneefällen, teils bis ins Flachland. Außerdem trat verbreitet leichter bis mäßiger Frost in Bodennähe und auch leichter Luftfrost auf (Abb. 11). Der Oktober war trotz allem der neunte zu trockene Monat in Folge und die Bodenfeuchte blieb weiterhin – besonders im Süden – zu gering. Zudem fiel der zweite Herbstmonat insgesamt ein bisschen zu kühl bei leicht unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer aus. Aufgrund der zeitweiligen Unbeständigkeit waren die Böden nicht immer befahrbar, so dass die Feldarbeiten vorübergehend ruhen mussten – vor allem im Nordosten. Sonst bestanden häufig recht günstige Bedingungen: alle anstehenden Außenarbeiten von der noch letzten Wintergerstenaussaat über die Winterweizenaussaat bis hin zur Rübenernte waren problemlos möglich. In den Rübenbeständen begünstigte das weitgehend trocken-sonnige Wetter auch die Zuckereinlagerung. Neben der Ernte der Rüben setzte sich auch die der späten Kartoffeln fort. Die Silomaisernte wurde abgeschlossen, obwohl zum Erntezeitpunkt nicht alle Bestände komplett abgreift waren. Die Aktivität der Schädlinge kam durch die erneute Milderung nach dem kurzen Kälteeinbruch noch nicht zum Erliegen. Andererseits entwickelten sich die Wintersaaten gut, sodass mitunter Einkürzungen notwendig waren.

Die zu diesem Zeitpunkt recht milden Temperaturen ließen noch keine Vegetationsruhe zu. Insgesamt führten die vielen strahlungsintensiven Tage, gepaart mit den kühlen Nächten, zu einer besonders intensiven, bunten Blattverfärbung in diesem Jahr.

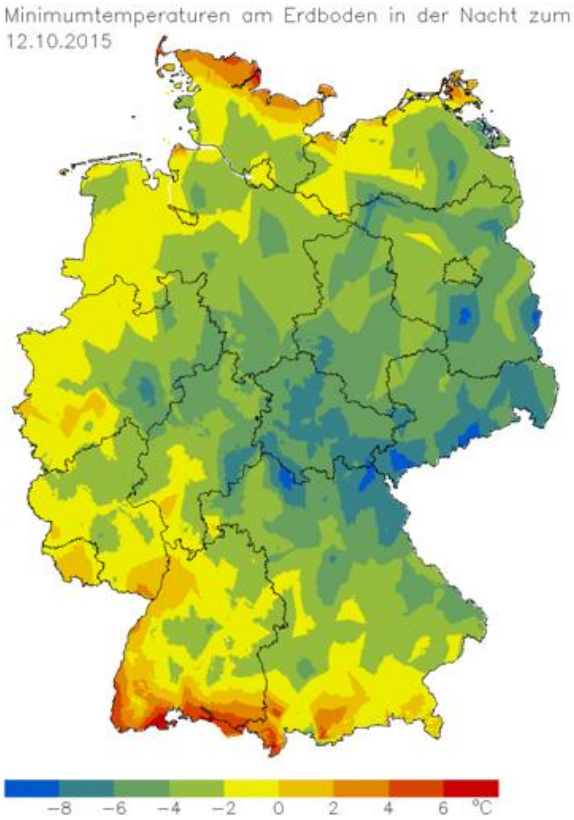


Abb. 11: Tiefsttemperatur am Boden (°C) in der Nacht auf den 12.10.2015

Im **November** überquerten immer wieder Ausläufer atlantischer Tiefdruckgebiete Norddeutschland. In Süddeutschland dagegen dauerte die Trockenheit unter Hochdruckeinfluss zunächst noch an (Abb. 12, links). Dazu herrschte verbreitet eine für die Jahreszeit extreme Wärme. Zum letzten Monatsdrittel kamen die Niederschläge weiter südwärts voran und beendeten auch dort die Trockenheit – die kritische Bodenfeuchtesituation entspannte sich endlich (Abb. 12, rechts). Die Wasservorräte der Böden füllten sich allmählich auf – einzige Bodenwasserdefizite stellten Standorte mit schweren Böden dar. Der November wurde nach dem Januar erst der zweite Monat des Jahres, der sein Regensoll deutlich übertraf. Zuletzt brachten die Niederschläge sogar einen empfindlichen Temperatursturz und in vielen Gebieten folgte ein erster längerer Winterabschnitt. Trotzdem war der letzte Herbstmonat bei genügend Niederschlag und Sonnenschein insgesamt erheblich zu mild. Er wurde deutschlandweit zum wärmsten November seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen. Ohne Probleme konnten alle landwirtschaftlichen Arbeiten zu Ende geführt werden. Vor Inkrafttreten der Sperrfrist konnte auf Grünland meist noch Gülle gefahren werden und auch Pflanzenschutzmaßnahmen fanden anfangs noch statt. Außerdem wurde die Zuckerrübenernte fortgesetzt. Die Kulturpflanzen, wie auch die meisten heimischen Ungräser und -kräuter wuchsen weiter, insbesondere in der sehr milden Phase über die Monatsmitte hinweg, die eher in den September gepasst hätte. Von Vegetationsruhe war noch nichts zu spüren. Daran änderte auch der kurze Wintereinbruch mit erster dünner Schneedecke am Monatsende nicht viel. Die kühle Phase war zudem noch nicht ausreichend für die Abhärtung der Winterungen und auch Zwischenfruchtbestände sind noch nicht abgefroren. Die Stieleichen hatten noch nicht überall ihre Blätter abgeworfen, so dass der phänologische Winterbeginn, der durch diese Phase eingeleitet wird, noch nicht deutschlandweit eingetreten war.

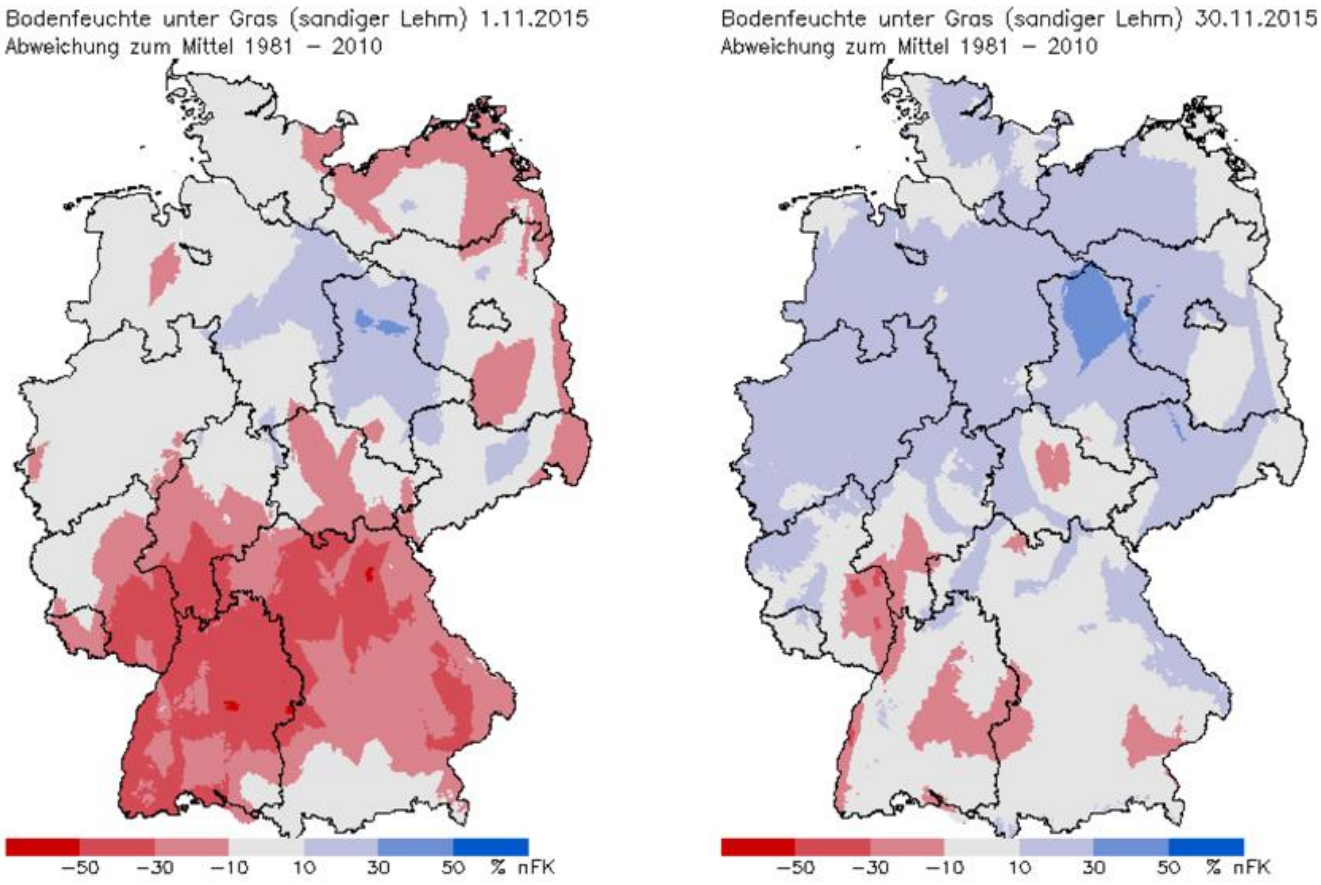


Abb. 12: Abweichung der Bodenfeuchte (%nFK) in 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm am Anfang (links) und Ende (rechts) November 2015 zum langjährigen Mittel 1981-2010

Nach dem wärmsten November seit 1981 hat der **Dezember** sogar seinen bisherigen absoluten Temperaturrekord gebrochen. Nicht nur deutschlandweit, sondern auch in allen Bundesländern war der Dezember der wärmste seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen. Tiefdruckgebiete schaufelten jede Menge warme Luft heran. Zwar fiel gelegentlich etwas Regen, insgesamt war der Dezember aber viel zu trocken, extrem warm und mit Ausnahme der nebelgeplagten Flusstäler auch sehr sonnig: Von Winter keine Spur! Die milde Witterung die bereits in den letzten Novembertagen ihren Anfang gefunden hatte, hielt bis zum Jahresende durch. Vor allem das Weihnachtsfest mutete frühlingshaft an. Frostige Nächte waren eine Rarität, womit die Winterungen nicht abgehärtet wurden und auch die Zwischenfruchtbestände noch nicht abgefroren sind. Entsprechend warm blieben die Böden, die Vegetation kam nicht zur Ruhe. Die Pflanzen entwickelten sich bei Tagesmitteltemperaturen von 5°C und mehr weiter fort. In der ersten Dezemberhälfte wurden schon vermehrt stäubende Haselkätzchen gesichtet, während andernorts noch nicht einmal überall die Stieleichen oder spät reifende Apfelbäume die Blätter verloren hatten – was normalerweise das Ende der Vegetationszeit anzeigt. Eine Haselblüte im Dezember ist nicht ungewöhnlich. Wenn auch die Schwankungsbreite bei dieser phänologischen Phase insgesamt sehr groß ist, ist dennoch tendenziell eine Verfrühung zu erkennen. Damit setzte der Vorfrühling 2016 bereits Anfang Dezember 2015 ein. Des Weiteren blühten im Monatsverlauf vereinzelt auch schon die Erlen.

Bodenfeuchte und Mikroklima

Schlagzeile:
Nach einem sehr milden Winter blieben auch im Frühjahr 2015 die positiven Temperaturabweichungen erhalten, was sich in einer früh beginnenden Vegetationsentwicklung wiederspiegelte. Wie schon im Vorjahr war das Frühjahr deutlich zu trocken und so kam es bereits im April zu kleineren Waldbränden und regional starteten erste Beregnungsgaben. Insgesamt setzten sich im Jahresverlauf sowohl die deutlich zu trockenen, als auch zu warmen Bedingungen weiter fort. Lediglich im September und Oktober gab es zu niedrige Bodentemperaturen.

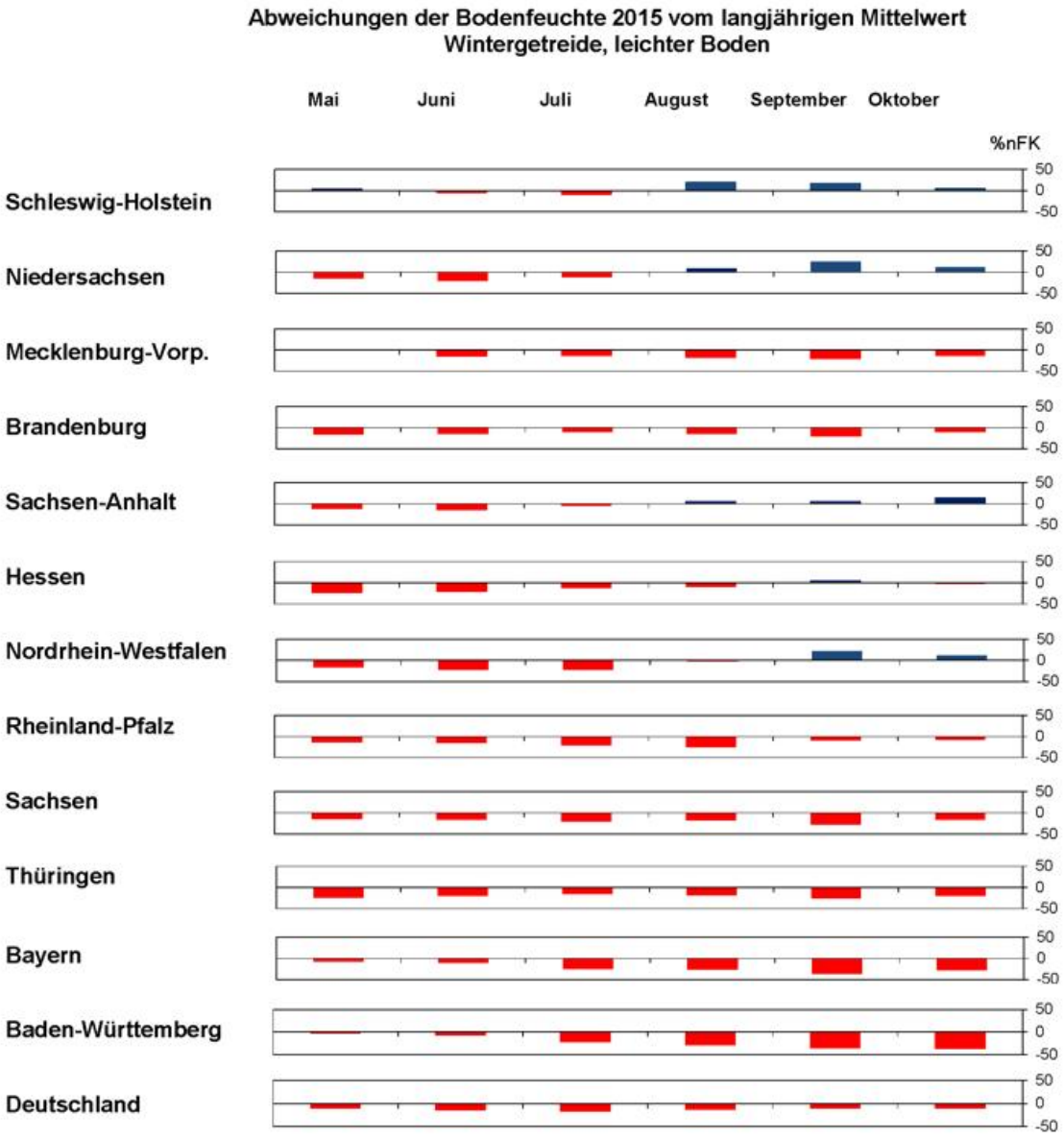


Abb. 13: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten in %nFK im Jahr 2015 vom langjährigen Mittelwert 1962–2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2015

Der Monat Mai war im Norden und auch im Süden niederschlagsnormal bis leicht zu feucht, was sich in einer nur geringen Bodenfeuchteabweichung vom langjährigen Mittel niederschlägt. Die restlichen Gebiete in Deutschland trockneten zunehmend aus. Im Juni verschärfte sich die Situation weiter und so kam es in der ersten Junidekade im mittleren Deutschland in einem breiten Streifen von West nach Ost zu einer extrem niedrigen Bodenfeuchtesituation auf leichten Böden unter Wintergetreide, (s. auch unter „Besondere Situation 2015", Besonderheiten zur Bodenfeuchte, ab S. 46). Die zu trockenen Bedingungen setzten sich mit Ausnahme Schleswig-Holsteins, hier war es von August bis Oktober zu nass, auch in den Folgemonaten bis zum Oktober weiter fort.

Mikroklima 2015

2015 war das zweitwärmste Jahr in Deutschland seit Beginn der flächendeckenden Messungen im Jahr 1881 und das spiegelt sich auch deutlich in den Messergebnissen der mikroklimatischen Bedingungen wieder (Tab. 1). Die Wintermonate Januar und Februar waren durch positive Abweichungen der Bodentemperaturen gekennzeichnet. Im Mai und Juni, sowie im September und Oktober gab es leicht negative Abweichungen bei den Bodentemperaturen, sonst waren alle Monate zu warm. Besonders große positive Abweichungen waren im November und Dezember zu verzeichnen. Potenzielle Verdunstungsraten von 120–130 % im Monat April sorgten einerseits für eine rasche Abnahme der Bodenfeuchte, andererseits für gute Bestellbedingungen.

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2015

	Januar		Februar		März				April				Mai				Juni			
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	1,6	2,9	0,6	1,6	1,8	1,9	110,0	-2,3	0,7	-0,2	120,6	41,4	-1,7	-0,9	89,5	75,0	-1,2	-1,5	98,4	63,4
Niedersachsen	1,4	3,0	0,4	1,5	1,4	1,3	115,0	-2,4	0,5	-0,7	124,1	52,1	-1,3	-1,6	98,8	57,5	-0,7	-1,3	107,5	53,0
Mecklenburg-Vorp.	1,7	3,8	0,6	1,6	1,8	2,1	112,3	-4,4	1,1	0,5	125,7	42,0	-1,2	-1,4	96,7	66,4	-0,9	-0,9	103,1	57,8
Brandenburg	1,8	4,3	0,7	1,3	1,7	1,8	109,0	-6,3	0,6	-0,4	122,7	47,8	-0,8	-1,4	101,6	57,9	-0,5	-0,7	100,4	66,8
Sachsen-Anhalt	1,8	4,4	0,6	1,8	1,8	1,7	107,3	-5,5	0,8	-0,4	122,7	51,7	-0,3	-1,6	106,1	53,6	0,0	-0,5	105,8	53,1
Hessen	1,2	2,7	-0,1	1,3	0,7	0,3	116,0	-5,9	0,7	-1,1	131,2	39,1	-0,6	-1,4	111,0	42,8	-0,6	-0,5	111,2	51,0
Nordrhein-Westfalen	0,8	1,7	-0,2	0,5	0,5	0,1	103,0	-1,2	0,7	-1,1	120,6	49,1	-0,7	-1,3	102,3	55,5	-0,4	-1,3	113,7	52,6
Rheinland-Pfalz	0,8	1,9	-0,5	-0,3	0,8	0,4	116,2	-9,6	1,4	0,1	129,2	37,9	0,2	0,0	103,2	48,9	0,3	0,3	114,6	46,1
Sachsen	1,1	4,4	0,1	1,3	1,3	1,6	114,2	-7,2	0,4	-0,6	122,2	44,9	0,3	-0,5	113,1	42,0	-0,3	-0,1	100,7	66,0
Thüringen	1,1	4,0	-0,2	1,4	0,9	1,2	111,6	-6,5	0,7	-0,5	127,5	40,6	0,0	-0,9	114,8	35,2	-0,4	-0,1	106,9	54,8
Bayern	1,2	4,6	-0,7	-0,1	1,0	1,2	124,3	-9,9	0,7	-0,8	129,7	41,8	0,1	0,5	98,8	61,3	0,5	1,1	105,3	59,6
Baden-Württemberg	1,1	2,7	-1,1	-1,3	0,8	-0,1	121,9	-8,7	1,1	-0,8	129,0	43,1	0,4	0,3	99,6	65,2	0,7	0,6	105,6	60,3
Gesamt BRD	1,3	3,4	-0,1	0,6	1,2	1,1	115,3	-6,2	0,8	-0,5	126,2	44,2	-0,4	-0,6	101,2	58,0	-0,2	-0,3	105,9	57,5

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	-0,3	-0,2	105,3	-1,1	1,1	1,1	101,4	-0,2	-0,1	-0,2	94,7	10,2	0,1	0,0	90,3	-2,7	3,0	3,5	5,1	6,2
Niedersachsen	0,3	0,4	112,1	-1,5	1,5	1,1	112,3	-0,4	-0,6	-0,3	93,9	12,9	-0,4	-0,5	85,4	0,0	3,3	3,4	5,5	6,5
Mecklenburg-Vorp.	-0,2	-0,4	111,0	-2,3	1,5	1,3	115,1	-1,7	0,1	0,1	103,3	9,5	-0,3	-0,4	94,4	1,4	2,8	2,9	4,8	5,6
Brandenburg	0,5	0,8	112,7	-2,0	2,7	2,3	126,4	-2,4	0,1	-0,3	102,9	10,2	-0,8	-0,8	87,5	7,4	3,0	2,8	5,0	5,9
Sachsen-Anhalt	1,0	1,4	114,5	-1,7	2,7	2,6	120,0	0,2	0,1	-0,1	93,5	15,9	-0,6	-0,4	75,5	11,9	3,4	3,4	5,3	6,3
Hessen	1,2	1,0	127,3	-2,7	1,5	1,9	121,8	-0,8	-1,1	-0,3	92,7	15,0	-0,8	-0,5	92,4	-0,6	2,9	2,9	4,6	4,9
Nordrhein-Westfalen	0,6	0,5	113,1	-1,8	1,3	0,8	116,1	0,3	-1,1	-1,0	89,9	13,4	-0,9	-1,1	81,8	2,1	3,3	3,5	5,5	6,2
Rheinland-Pfalz	2,1	1,8	130,5	-4,7	1,8	2,0	119,8	-1,5	-1,1	-0,5	97,6	13,0	-0,7	-0,1	79,7	-2,8	3,0	3,1	5,1	5,4
Sachsen	1,8	1,5	128,8	-4,1	3,1	2,7	125,9	-1,6	0,0	-0,4	98,7	5,2	-0,8	-1,2	77,3	7,2	3,3	3,3	4,7	6,1
Thüringen	1,4	1,6	126,8	-2,9	2,4	2,4	123,2	-1,2	-0,6	-0,1	96,3	9,3	-1,0	-0,6	76,1	7,3	3,5	3,6	4,8	6,0
Bayern	2,3	1,8	133,0	-4,8	2,7	2,1	128,9	-2,3	-0,7	-0,4	100,0	-6,6	-0,5	0,0	88,8	3,1	3,1	2,7	3,6	5,5
Baden-Württemberg	2,6	1,5	130,2	-5,0	2,0	1,5	119,4	-2,4	-1,1	-1,0	99,6	-5,2	-0,6	-0,5	86,6	-3,5	2,9	2,6	3,9	3,7
Deutschland	1,2	1,0	121,4	-3,1	2,0	1,7	119,3	-1,4	-0,6	-0,5	97,4	6,4	-0,6	-0,5	85,8	1,5	3,1	3,1	4,7	5,6

Legende:

A = Bodentemperatur unbewachsener Boden 5 cm (rot = zu warm, blau = zu kalt)
B = Minimumtemperatur in Bodennähe für unbewachsenen Boden (rot = zu warm, blau = zu kalt)
C = Penman-Verdunstung, Abw.in % (rot = zu hohe Verdunstung, blau = zu geringe)
D = Benetzungszeiten, Abw. in % (rot = rel. geringe Benetzungszeiten, blau = relativ hohe)
E = Krumenbodenfeuchte, %nFK (rot = relativ trocken, blau = relativ feucht)
F = Kornfeuchte (%, 19 Uhr) (rot = relativ gering, blau = relativ hoch)

Tab. 1: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2015.
Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2015 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman-Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Besondere Situation 2015

Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit

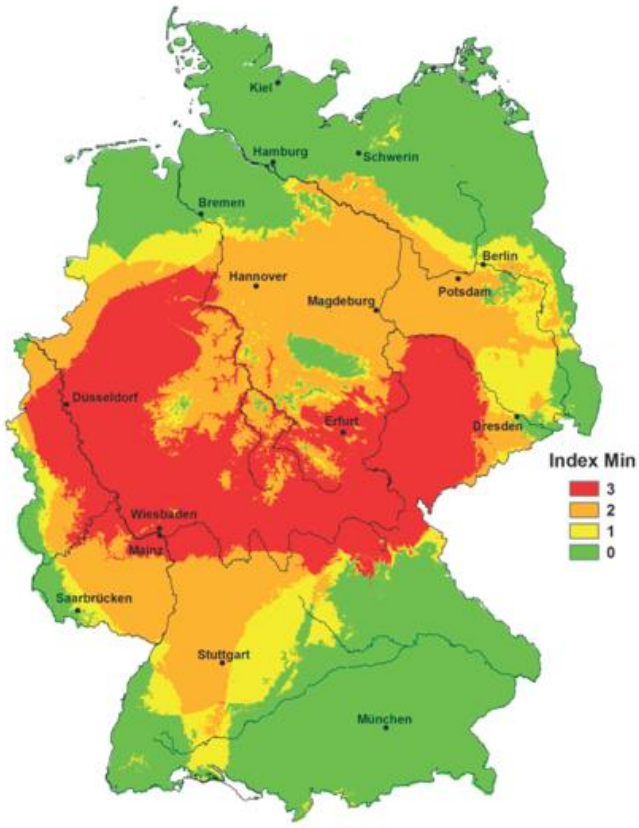
Extreme Bodenfeuchtesituation

Der Juni 2015 brachte typisches Frühsommerwetter mit einem Wechsel von hochsommerlichen Abschnitten und wiederholt kühleren Phasen. Dies führte vor allem in der ersten Monatshälfte zur Fortdauer der sehr trockenen Witterung. In der Land- und Forstwirtschaft war die Brandgefahr stark erhöht.
Die Abb. 14 bis 17 zeigen die Entwicklung der Extremwerte der Bodenfeuchte zwischen dem 5. und 30. Juni 2015. Die Werte beziehen sich auf einen leichten Boden unter Wintergetreide in einer Schicht von 0 bis 60 cm. Die Abb. 17 zeigt am 22. Juli 2015 erneut eine extreme Bodenfeuchtesituation für einen leichten Boden unter Zuckerrüben im südlichen Deutschland.

Fazit:

- Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit wird häufiger beobachtet.
- Landwirtschaftliche Kulturen sind in diesem Zeitraum auf eine ausreichende Wasserversorgung angewiesen, sonst drohen Ertragsverluste.

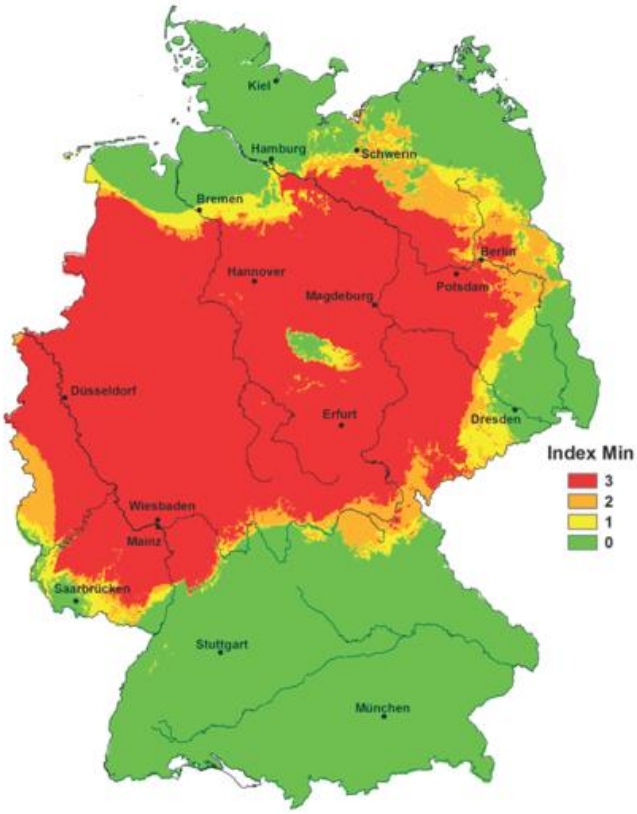
05.06.2015 – Es beginnt extrem zu werden.



0 – keine Minima unterschritten
1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
3 – der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten – neues absolutes Minimum
Für jeden Rasterpunkt werden für den betrachteten Zeitraum ab 1961 bis zum letzten Jahr die drei geringsten Bodenfeuchten in der Bodenkrume bestimmt. Für denselben Zeitraum im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen eine der drei Minima unterschritten wird.

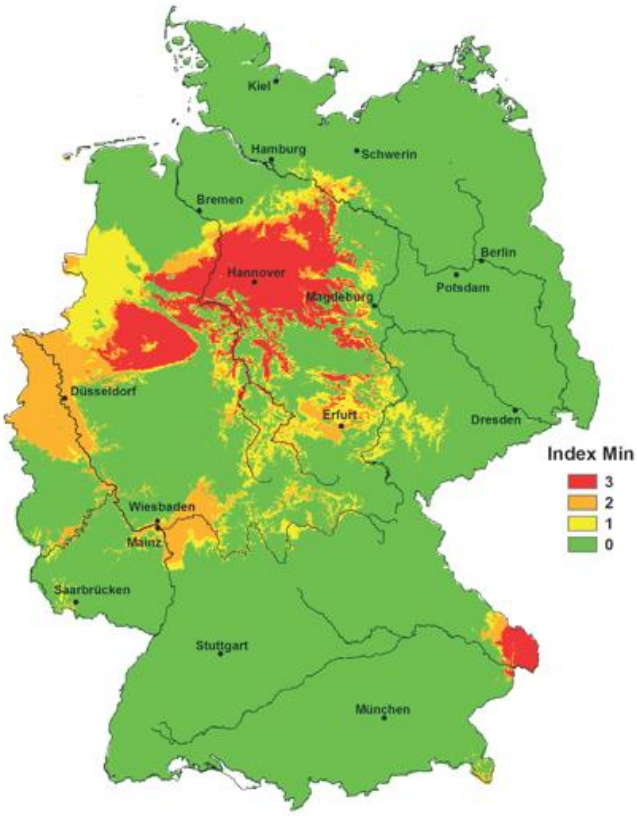
Abb. 14: Schnelle Verschärfung der Bodenfeuchtesituation (Index Min) in 0-60 cm unter Wintergetreide bei leichtem Boden am 05.06.2015

08.06.2015 – Es ist extrem: Auf 45 % der Fläche Deutschlands ist seit 1961 ein neues absolutes Minimum der Bodenfeuchte erreicht worden (Index 3 - rot). Betroffen waren die Bundesländer Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen, Thüringen, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. Die Bodenfeuchte lag hier meist unter 40 %nFK.



0 – keine Minima unterschritten
1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
3 – der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten – neues absolutes Minimum
Für jeden Rasterpunkt werden für den betrachteten Zeitraum ab 1961 bis zum letzten Jahr die drei geringsten Bodenfeuchten in der Bodenkrume bestimmt. Für denselben Zeitraum im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen eine der drei Minima unterschritten wird.

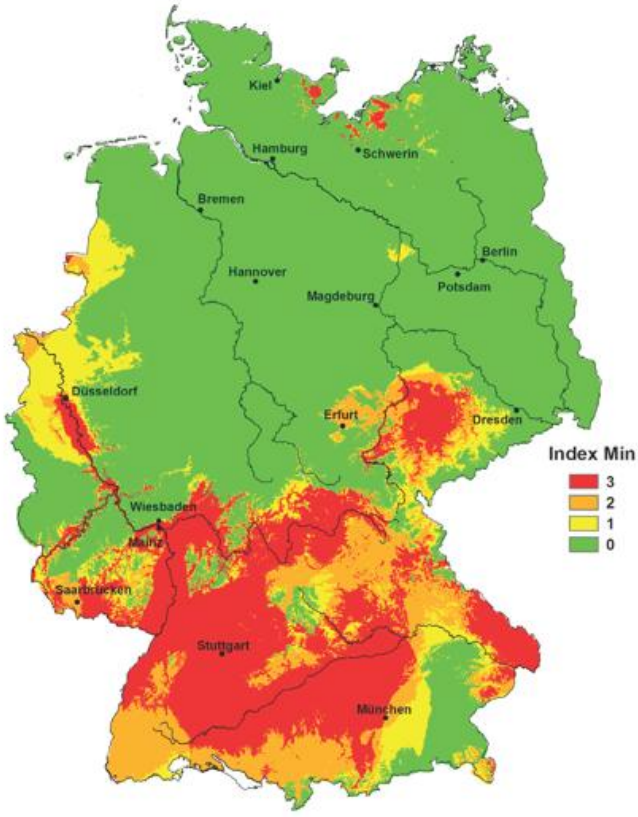
Abb. 15: Extreme Bodenfeuchtesituation (Index Min) in 0-60 cm unter Wintergetreide bei leichtem Boden am 08.06.2015



30.06.2015 – Extreme Dürre schwächt sich ab, aber keine Entspannung, d.h. die Bodenfeuchten bewegen sich jetzt in einem Bereich, der für diesen Zeitraum normal ist.

0 – keine Minima unterschritten
1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
3 – der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten – neues absolutes Minimum
Für jeden Rasterpunkt werden für den betrachteten Zeitraum ab 1961 bis zum letzten Jahr die drei geringsten Bodenfeuchten in der Bodenkrume bestimmt. Für denselben Zeitraum im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen eine der drei Minima unterschritten wird.

Abb. 16: Abschwächung der extremen Bodenfeuchtesituation (Index Min) in 0-60 cm unter Wintergetreide bei leichtem Boden am 30.06.2015



Am 22.07.2015 werden auf ca. 19 % der Fläche Deutschlands neue absolute Minima der Bodenfeuchte erreicht.

0 – keine Minima unterschritten
1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten
3 – der niedrigste Bodenfeuchtewert wird unterschritten – neues absolutes Minimum
Für jeden Rasterpunkt werden für den betrachteten Zeitraum ab 1961 bis zum letzten Jahr die drei geringsten Bodenfeuchten in der Bodenkrume bestimmt. Für denselben Zeitraum im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen eine der drei Minima unterschritten wird.

Abb. 17: Extreme Bodenfeuchtesituation (Index Min) in 0-60 cm unter Zuckerrüben bei leichtem Boden am 22.07.2015

Wetter und Wein 2015

Das Weinjahr 2015 war geprägt von Wetterextremen. Wiederholte sommerliche Hitzeperioden mit rekordverdächtigen Höchsttemperaturen wurden jeweils nur kurz von Abkühlungen unterbrochen. Im September strapazierten einige regenreiche Tage kurz vor der Lese nochmals die Nerven der Winzer, bevor ein trockener Herbst schließlich doch noch zu einem guten Ende führte.

Das Jahr 2015 begann - wieder einmal - mit einem zu milden Winter. Immerhin gab es aber doch einige nennenswerte Fröste zwischen minus 5 und minus 10 Grad, die Hoffnung machten, dass die gefürchtete Kirsch-Essig-Fliege als Zuwanderer aus warmen Regionen dezimiert werden würde. Der **März** war durchwachsen, es gab einige leichte Fröste, aber noch keine verfrühten sommerlichen Temperaturen, womit auch noch keine Wachstumsimpulse für den Wein ausgelöst wurden. Erst Mitte **April** folgten einige frühsommerliche Tage. Der Austrieb im Referenzweinberg des Weinbauamts im Eltviller Sonnenberg wurde am 22. April nur geringfügig früher als im Mittel der letzten 60 Jahre registriert. Spätfröste in größerem Ausmaß gab es zum Glück nicht, auch wenn in der Nacht zum 29. April die Null-Grad-Marke in einzelnen Lagen leicht unterschritten wurde.

Der leichte Entwicklungsvorsprung blieb angesichts der im Durchschnittsbereich liegenden Monate **Mai** und **Juni** bis zur Rebblüte erhalten. Acht Tage früher als normal begann die Blüte des Rieslings im Sonnenberg (8. Juni). In der Folge wurde die Trockenheit zu einem immer größeren Wachstumsfaktor. Schon bis Ende Mai hatte sich an der Wetterstation Geisenheim ein Niederschlagsdefizit von rund 70 mm aufgebaut (nur der Januar hatte einen Regenüberschuss gebracht). Der Oberboden war schon stark ausgetrocknet. Am 12. Juni gab es über dem unteren Rheingau ein extremes Starkregenereignis mit Zentrum über Rüdesheim. Dort fielen in kurzer Zeit 65 mm, in Assmannshausen und Geisenheim waren es noch 50 und in Winkel wie auch in Lorch gerade noch 20 mm. Der übrige Rheingau ging leer aus. Aber auch in den Starkregengebieten lief das meiste Wasser oberflächlich ab, mitunter gab es Erosionsschäden. Hagel beschränkte sich glücklicherweise nur auf einen kleinen Streifen, ohne dass er Einfluss auf den Ertrag haben sollte.

In der Folgezeit wuchs das Niederschlagsdefizit immer weiter an; bis Ende August fehlten die Regenmengen von drei durchschnittlichen Monaten. Besonders auf flachgründigen Böden wurde das Wasser so knapp, dass die Reben die überdurchschnittliche Wärme im **Juli** und **August** nur zum Teil ausnutzen konnten. Junganlagen mussten bewässert werden. Vorteil der Trockenheit war, dass sich kaum Krankheitsdruck aufbauen konnte. Peronospora sollte die ganze Saison über kein Thema bleiben. Oidium hingegen stand - temperaturbedingt - stärker im Fokus. Die allseits gefürchtete Kirschessigfliege war praktisch kein Thema. Neuere Untersuchungen zeigen, dass die Männchen bei Temperaturen über 30 Grad ihre Aktivitäten stark reduzieren und Weibchen die Eiablage ab 32 Grad einstellen. Somit konnte sich keine nennenswerte Population aufbauen. Erfolgreich war auch die von vielen Winzern durchgeführte verstärkte Freistellung der Traubenzone.

Trotz der enormen Trockenheit setzte die Reife beim Riesling im Referenzweinberg am 15. August ein und damit immerhin noch fünf Tage früher als im langjährigen Mittel. Als man sich Mitte **September** mit den fehlenden Niederschlägen bereits abgefunden hatte, fielen doch noch größere Regenmengen. Innerhalb von zehn Tagen wurden über den Rheingau hinweg 35 bis 45 l/m² gemessen. Das führte dazu, dass die Reben nochmals Wasser über die Wurzeln aufnahmen und in die Beeren weiterleiteten. Diese drückten sich teilweise vom Stielgerüst ab bzw. es bildeten sich Haarrisse, beides ideale Bedingungen für Botrytis. Plötzlich stand doch wieder ein früherer Lesetermin auf der Tagesordnung als lange geplant.

Die allgemeine Rieslinglese begann bereits Ende September - mit ebenso erstaunlichen wie erfreulich hohen Mostgewichten. Positiv wirkte sich auch aus, dass es ab Ende September und auch den ganzen **Oktober** über trocken und vielfach auch sonnig blieb. Der Jahrgang 2015 geht mit sehr vielen Vorschusslorbeeren in den Verkauf.

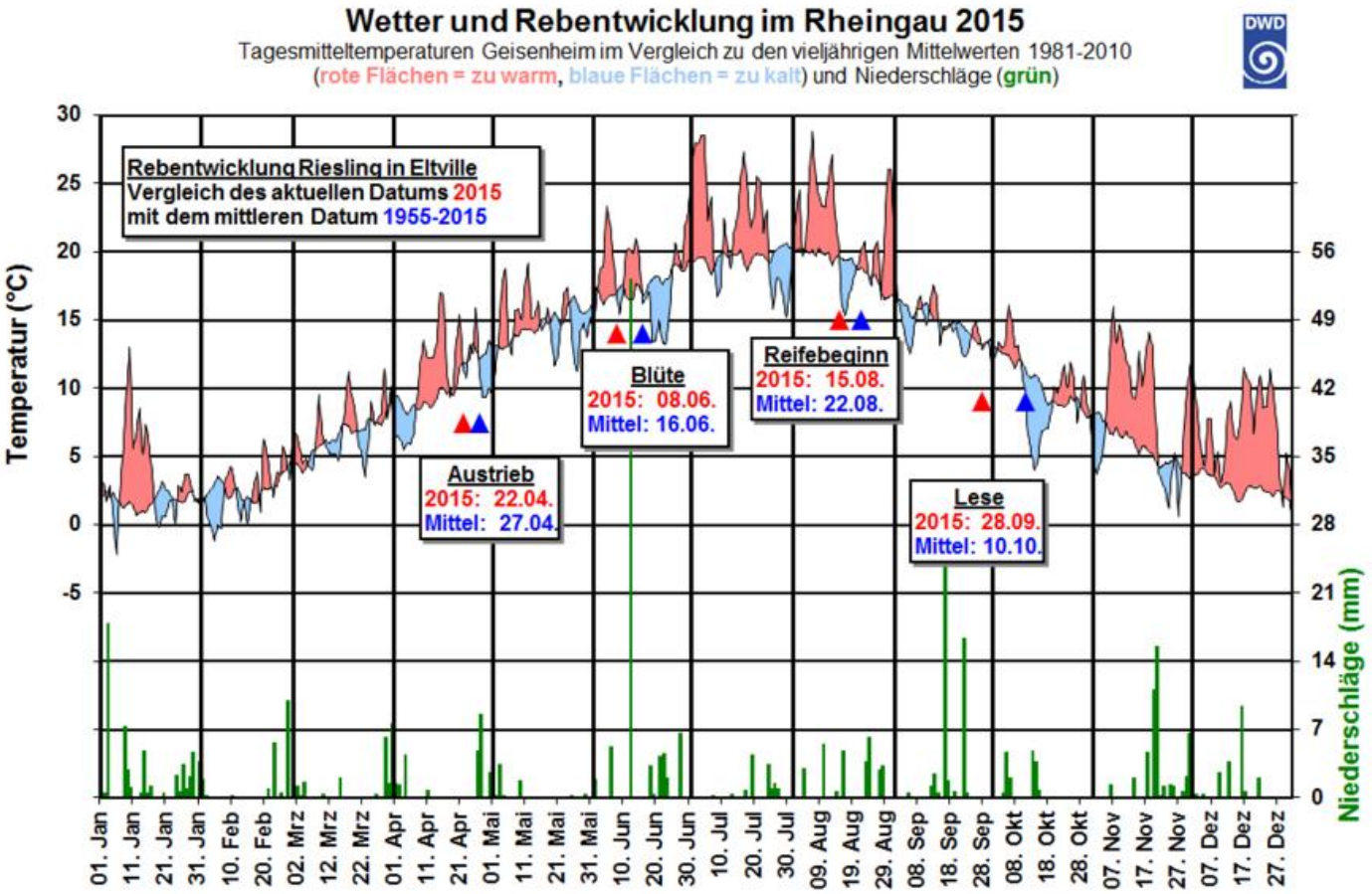


Abb. 18: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2015

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann

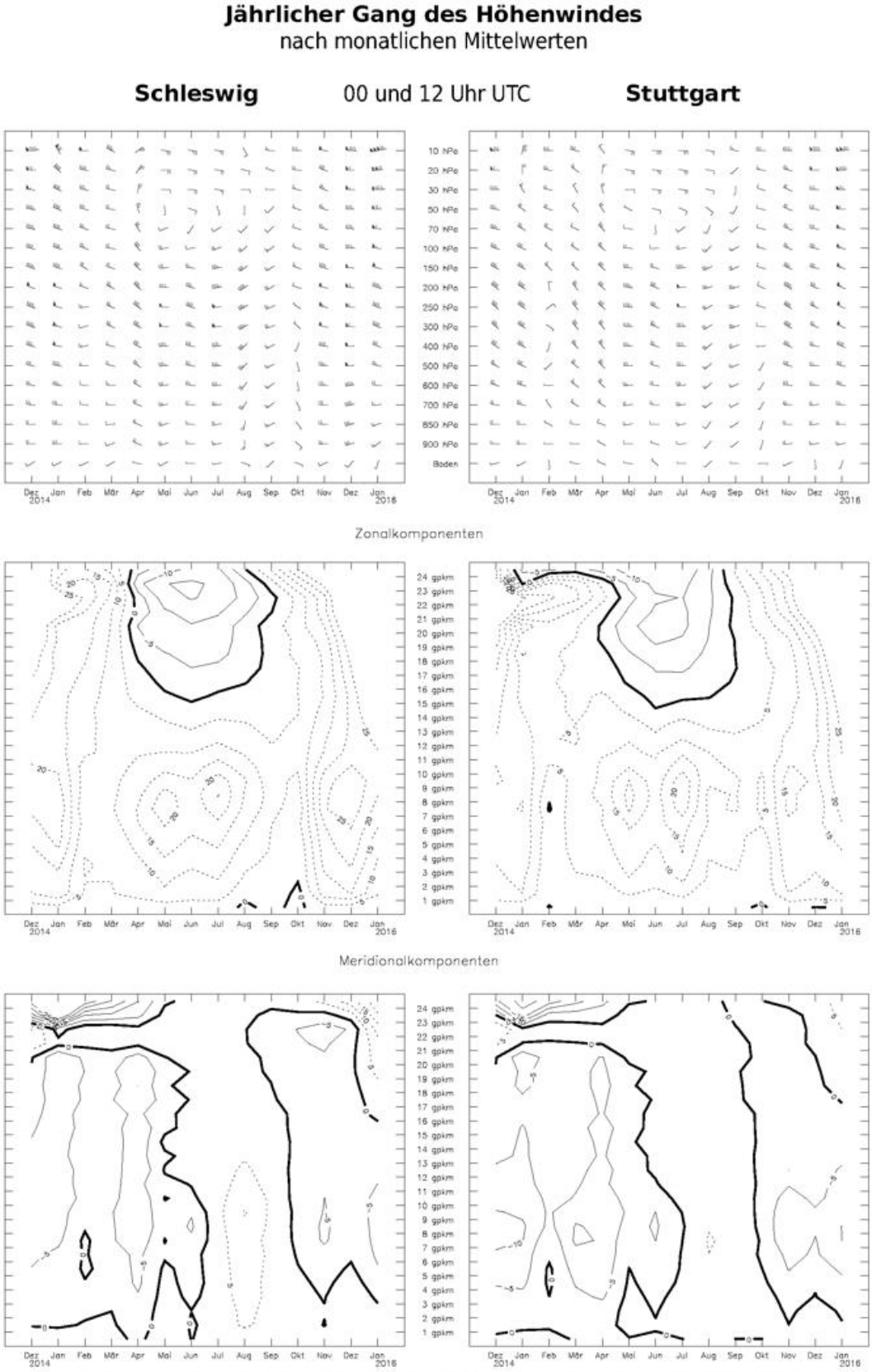
Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2015 dargestellt.

Dabei zeigen Schleswig und Stuttgart ähnliche Strömungsverhältnisse, auffällige Unterschiede sind lediglich im Februar zu erkennen. Im Januar herrschte im Mittel an beiden Stationen, wie auch die Zonalkomponentendarstellung zeigt, eine Westströmung vor, die mit der Höhe auf Nordwest drehte. Bodennah wurde sowohl in Schleswig als auch in Stuttgart eine schwache Südwestströmung registriert. Im Februar zeigte sich über Schleswig ein ähnliches Strömungsmuster wie im Januar. Über Stuttgart wurde in der Troposphäre eine im Mittel relativ schwache und unbeständige Strömung registriert. Ursache hierfür war Hochdruckeinfluss über Süddeutschland. Von März bis Juli waren überwiegend Westlagen wetterbestimmend, was auch durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart verdeutlicht wird. Während sich im August über Norddeutschland in der unteren Troposphäre eine Südströmung einstellte, was auch durch die Meridionalkomponentendarstellung verdeutlicht wird, drehte der Wind über Süddeutschland in der unteren Atmosphäre auf Südwest. Die Anströmung aus südlichen Richtungen sorgte auch für einen überdurchschnittlich warmen August, wobei sich in der z.T. schwülwarmen Luft heftige Gewitter entwickeln konnten. Die südwestliche Strömung blieb auch im September stabil. Im Oktober wurde eine im Mittel eher schwache Luftversetzung aus südlichen Richtungen registriert, wobei sich bodennah in Stuttgart eine Ostströmung einstellte. Im November wechselte die Strömung, was auch deutlich in der Zonalkomonentendarstellung zu sehen ist, auf die für die Jahreszeit typische West- bis Nordwestströmung. Diese blieb auch im Dezember stabil. Bodennah blieb eine Südwestströmung, die im Dezember in Stuttgart auf Süd drehte, wetterbestimmend.

In der Stratosphäre dominierte von Januar bis April eine Nordwestströmung, die im Januar über Stuttgart und im April über beiden Stationen mit der Höhe auf Nord drehte, wobei über Schleswig die Strömung in der hohen Stratosphäre noch weiter auf Nordost drehte. Damit deutete sich bereits der Wechsel zur stratosphärischen Ostwindzirkulation an. Diese blieb von Mai bis August stabil, was auch sehr gut die Zonalkomponentendarstellung zeigt. Im September erfolgte wieder der Wechsel zur Westströmung, die dann bis zum Jahresende über ganz Deutschland dominierte.



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten. Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1kn=0,514m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2015

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	100*	244	145*
	50	146*	234*	89*
GREIFSWALD (WEWA)	20	101*	244	144*
	50	146	232*	87*
BERGEN (BW)	20	100*	244	145*
	50	140	235*	96*
LINDENBERG (OBS)	20	102*	244	143*
	50	139*	232	94*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	100*	244	145*
	50	139*	235*	97*
MEININGEN (WEWA)	20	102*	244	143*
	50	141*	235*	95*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	101	245	145
	50	140	235*	96*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	103	244	142
	50	140*	235*	96*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	102	244	143
	50	139*	234*	96
OBERSCHLEISSHEIM	20	103	244	142
	50	139*	235*	97*

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2015 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1991 bis 2015.
Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über allen Stationen Ende der ersten/Anfang der zweiten Dekade im April ein und blieb bis Anfang September beständig.
In 30 hPa wurde die Ostwindzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, von Mitte April bis Ende August registriert. Damit war die Ostwindperiode 2015 deutlich kürzer als 2014.
In 50 hPa setzte die östliche Stratosphärenströmung an allen Stationen in der zweiten Maihälfte ein und blieb bis zur letzten Augustdekade stabil.

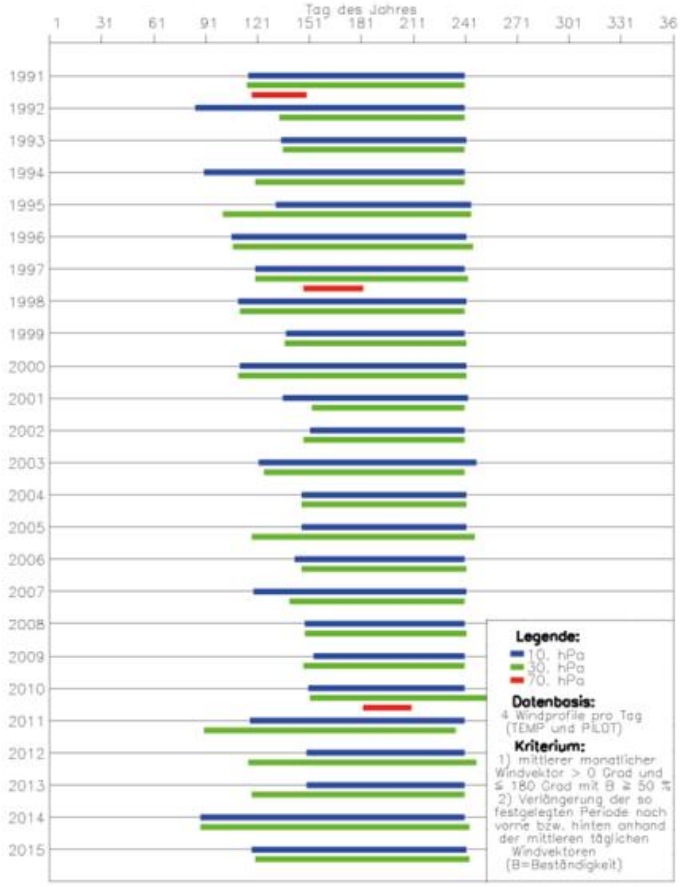


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1989-2015

Temperaturminima in der Stratosphäre

Temperaturminima in der Stratosphäre von -80°C und darunter wurden in Tab. 2 eingetragen. 2015 wurden derartige Temperaturminima über Schleswig, Greifswald und Lindenberg gemessen. Alle Stationen meldeten in der zweiten Dezemberhälfte Stratosphärentemperaturen von -80°C bis -82°C.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
SCHLESWIG (WEWA)	Dez	28	0	-80	27609
	Dez	18	12	-81	27335
GREIFSWALD (WEWA)	Dez	26	0	-80	29214
	Dez	19	12	-82	28909
LINDENBERG (OBS)	Dez	26	12	-80	29580

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2015

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2015 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1975. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten.

Das Diagramm für den Frühling zeigt in der mittleren Troposphäre auch 2015 eine deutlich positive Temperaturabweichung gegenüber dem Referenzzeitraum, wohingegen in der Stratosphäre eine markante negative Temperaturabweichung zu beobachten war. Die positive Temperaturabweichung in 500 hPa war bedingt durch den Einfluss hohen Luftdrucks insbesondere im März und April. Der heiße Sommer 2015 spiegelt sich sehr gut in der 500-hPa-Kurve wider, während die Stratosphäre, wie schon in den letzten Jahren zu kalt blieb. Mit dem Herbst kamen auch wieder kühlere Luftmassen nach Deutschland, so zeigen sowohl Herbst- als auch Winterdiagramm eine abfallende 500-hPa-Kurve, die aber noch im positiven Bereich bleibt. Während sich in der Stratosphäre seit 2009 zu warme und zu kalte Winter in unregelmäßigen Abständen abwechselten, blieb die Stratosphäre in den letzten Jahren im Herbst durchgängig zu kalt.
Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2015 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Sehr deutlich ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause zu erkennen, während in der sich anschließenden Stratosphäre Isothermie herrschte. Der Temperaturgradient in der Troposphäre zeigt an beiden Stationen keine Auffälligkeiten.

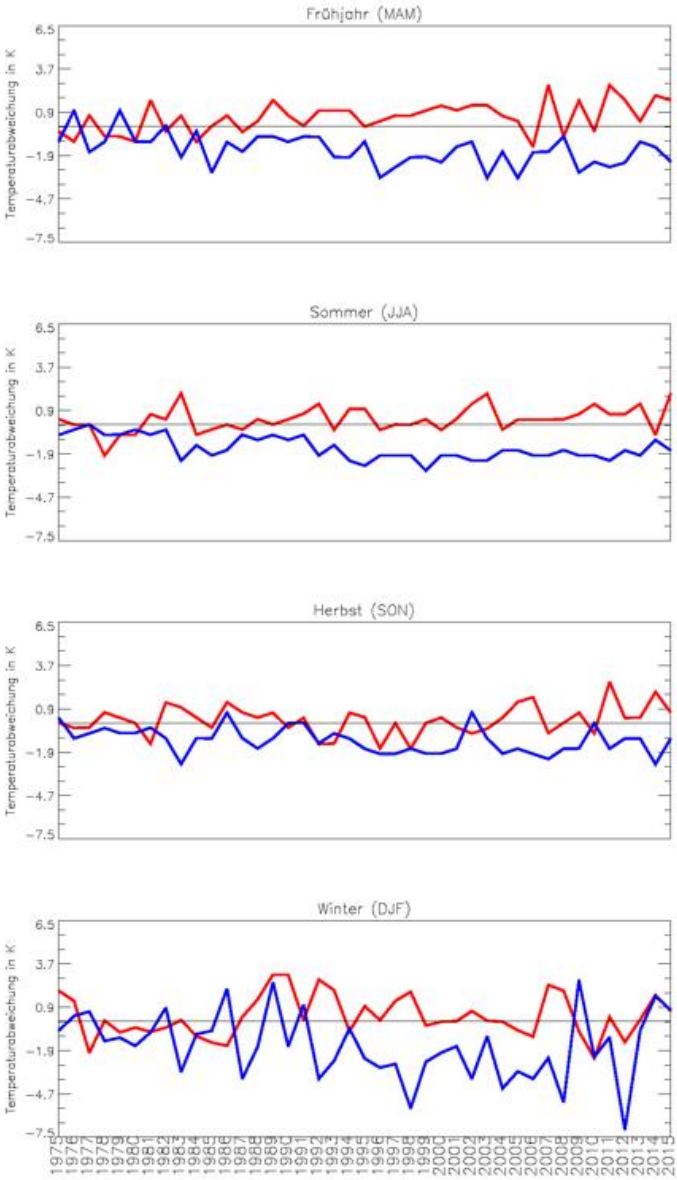
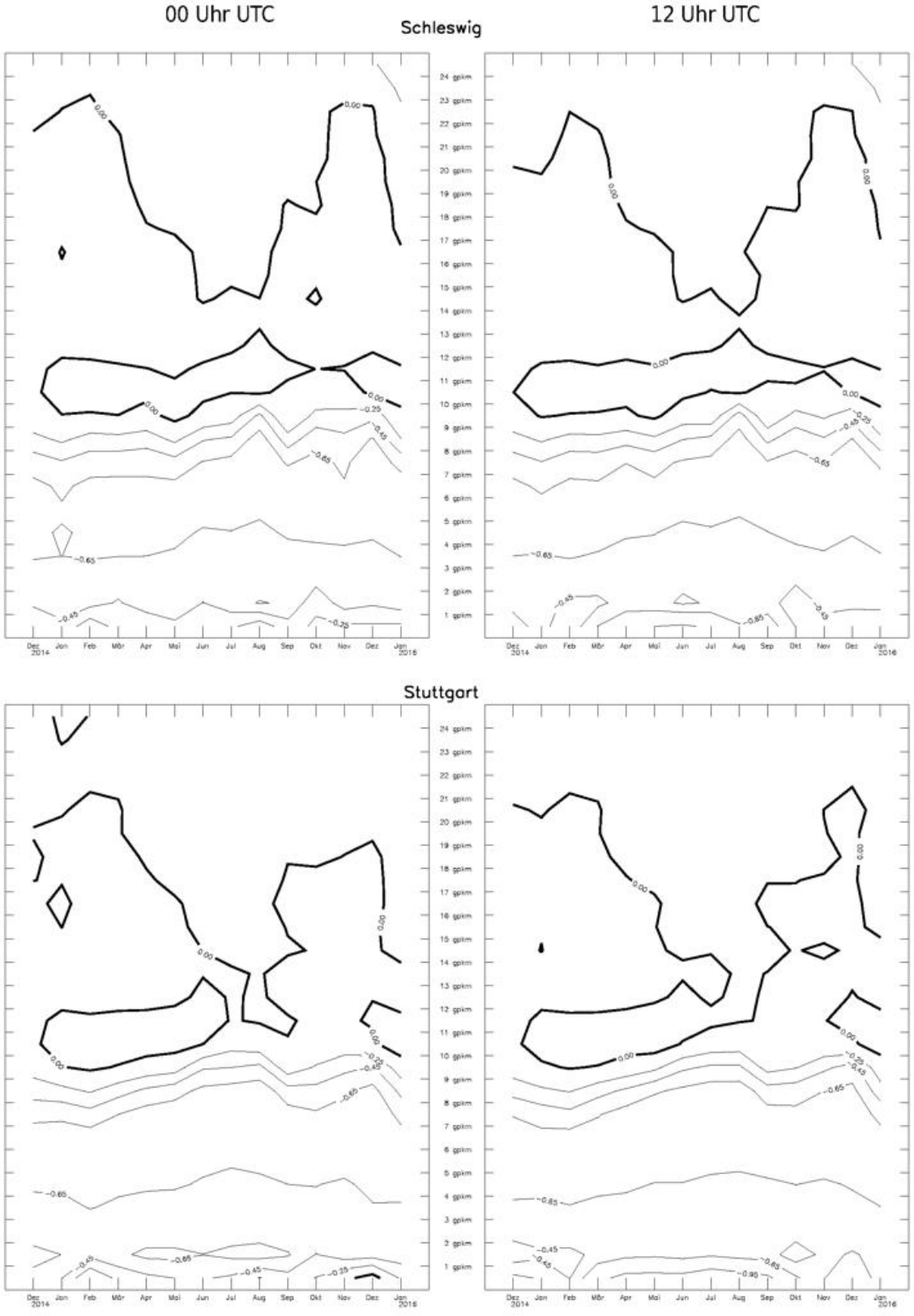


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2015 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten



Negative Werte entsprechen einer Abnahme, positive Werte entsprechen einer Zunahme der Temperatur mit der Höhe (Angabe in K/100m)

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2015

Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, U. Köhler

Im Allgemeinen lagen die Gesamtozonsäulen im Jahr 2015 über Hohenpeißenberg und über Deutschland, aber auch weltweit (außerhalb der Polarregionen), im üblichen Rahmen der vergangenen Jahre. Das alljährliche antarktische Ozonloch im September / Oktober war 2015 allerdings ausgesprochen groß. Ansonsten wird das Jahr 2015 als bisher wärmstes Jahr bei der bodennahen Temperatur in die Geschichte eingehen. Bei der Gesamtozonsäule über Hohenpeißenberg war das Jahresmittel aber ganz „normal". In Abb. 1, z.B., lag 2015 genau auf der roten Linie, der derzeit nach dem Chlorgehalt zu erwartenden Ozonsäulen.

Wie Abb. 2 zeigt, wurden am Hohenpeißenberg dennoch in den Monaten April und Mai niedrige Gesamtozonsäulen, im Juli und Dezember sogar sehr niedrige Gesamtozonsäulen gemessen. Bei letzteren hat die meteorologische Situation, vor allem der extrem warme Dezember 2015, ein Rolle gespielt. Bei den niedrigen Ozonsäulen im April und Mai dürfte auch polarer Ozonabbau im arktischen Frühjahr eine Rolle gespielt haben. Im Jahresmittel wurden die niedrigen Monate aber durch hohe Werte im ersten Quartal 2015 ausgeglichen.

Auch bei der Höhenverteilung des Ozons zeigt 2015 keine großen Auffälligkeiten (siehe Abb. 3). Am Boden und in der Troposphäre (5 km Höhe), aber auch in der mittleren und oberen Stratosphäre (20 und 40 km Höhe) lagen die Ozonwerte 2015 ziemlich genau im erwarteten Bereich (gestrichelte Linien). Die troposphärischen Werte stagnieren derzeit auf mittlerem Niveau. In der unteren Stratosphäre stabilisiert sich die beginnende Erholung der Ozonschicht. Auch in der oberen Stratosphäre setzt sich die Erholungstendenz fort. Dort fallen, wie erwartet, die Ozonzunahmen in höheren Breiten (Hohenpeißenberg) größer aus, als im globalen Mittel (blaue Linie in Abb. 3).

Fazit: 2015 war für die Ozonschicht über Mitteleuropa ein normales Jahr. Die langsame Erholung der Ozonschicht geht weiter. Trotzdem ist die Chlorbelastung der Stratosphäre noch sehr hoch. Je nach meteorologischen Rahmenbedingen können deswegen nach wie vor Monate und Jahre mit sehr dünner Ozonschicht und mehr oder weniger große polare Ozonlöcher auftreten. Fortschreitende Klimaänderung und weitere Zunahme von Spurengasen wie CO_2, CH_4, und N_2O werden die Entwicklung der Ozonschicht ebenfalls beeinflussen.

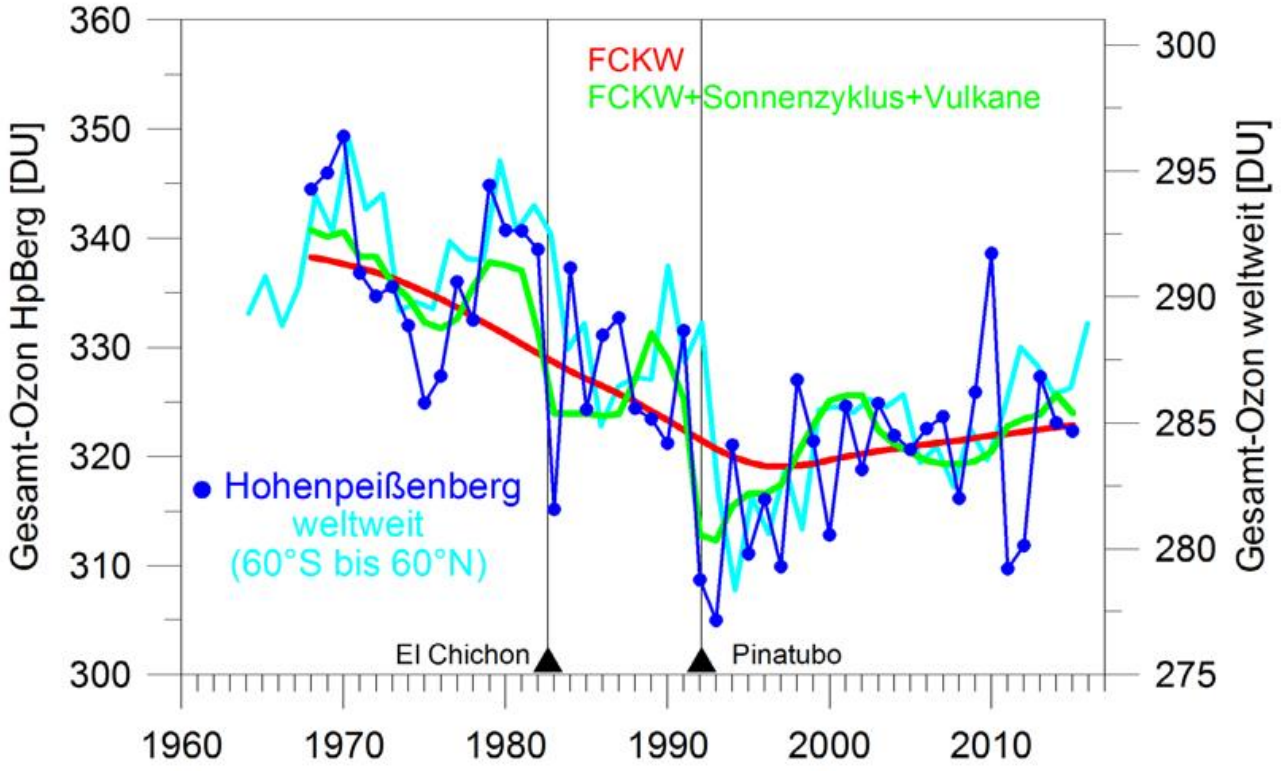


Abb.1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus Messungen am Hohenpeißenberg (dunkelblau), sowie weltweiten Daten von Satelliten und Bodenstationen (hellblau, Wert für 2015 noch vorläufig). Die rote Linie zeigt den langfristigen Ozonabbau durch FCKWs, und die beginnende Erholung der Ozonschicht. Bei der grünen Linie sind zusätzlich noch Ozonschwankungen durch Vulkanaerosol und durch den 11-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität dargestellt.

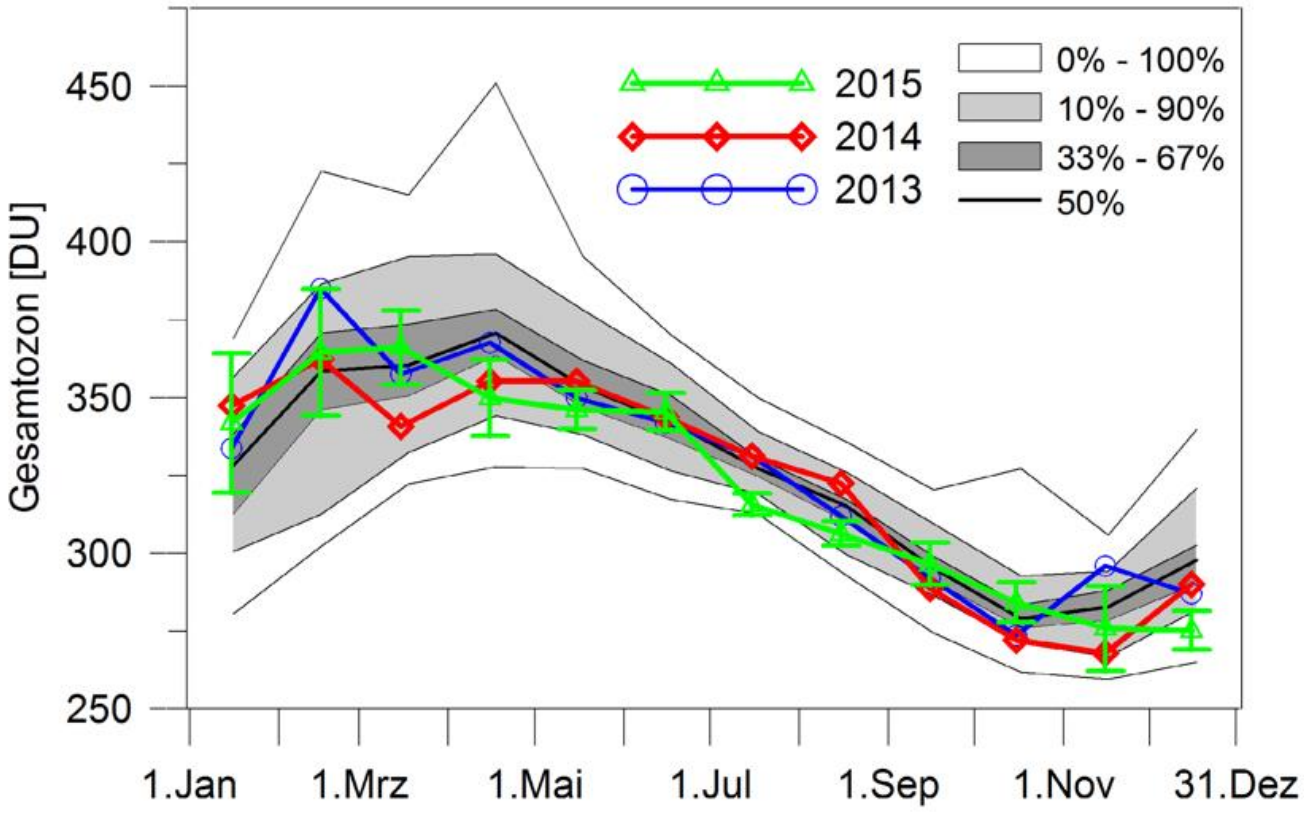


Abb. 2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2013 bis 2015. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

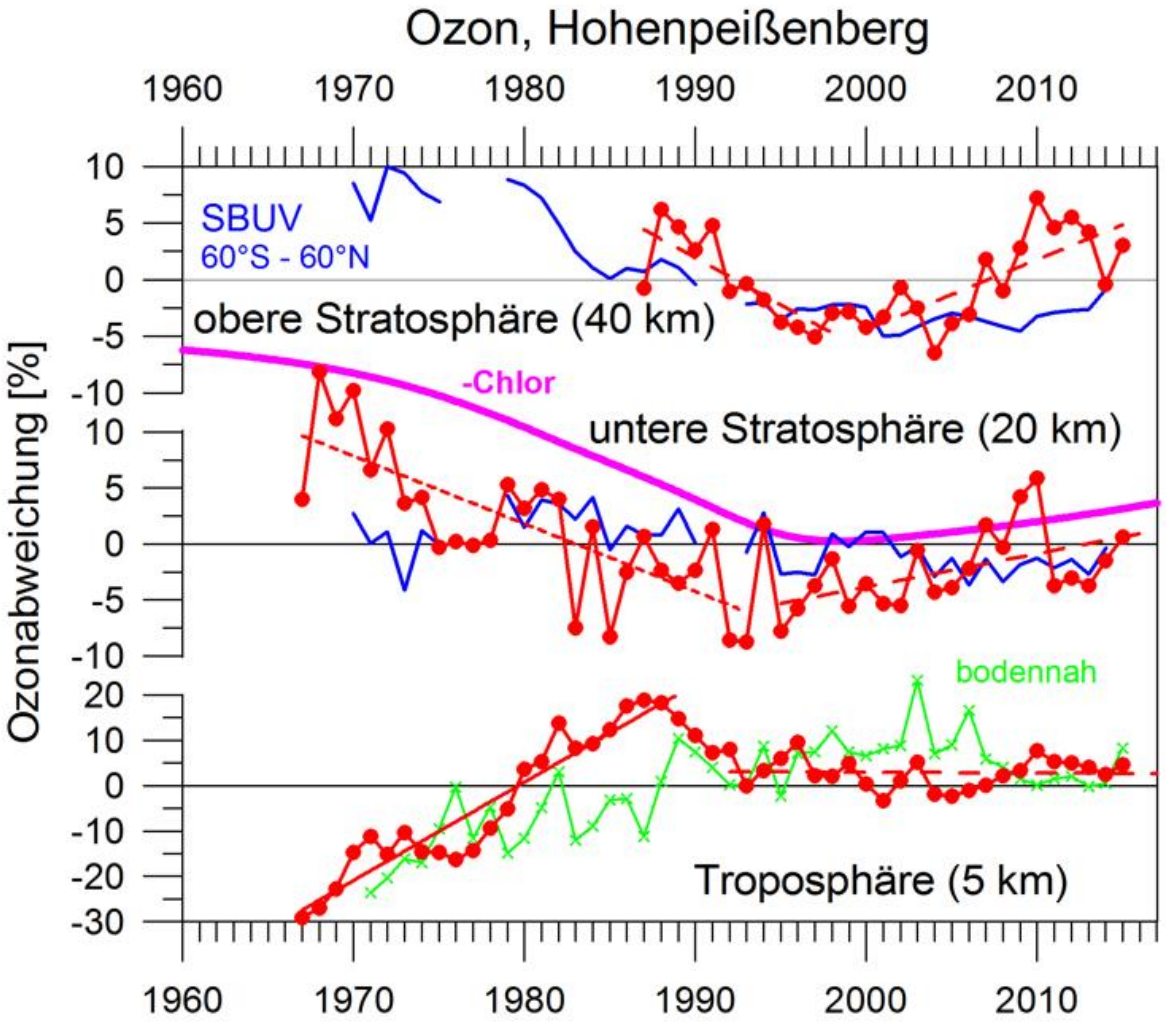


Abb. 3: Jahresmittel der Ozonwerte am Hohenpeißenberg für verschiedene Höhenschichten der Atmosphäre.
Ergebnisse der Messungen am Hohenpeißenberg (rot und grün), sowie globale Entwicklung anhand von Satellitendaten (blaue Kurven).
Die rosa Kurve stellt schematisch den Einfluss der Chlorbelastung der Stratosphäre dar.
Der maximale Chlorgehalt wurde Ende der 1990er Jahre erreicht und damit auch die niedrigsten Ozonwerte.

Rückblick auf das Klima in Europa (WMO Region VI) im Jahr 2015

H. Mächel

Dieser Beitrag präsentiert einen Rückblick auf das Klima in Europa und behandelt die Monate des Jahres 2015 und die Jahreszeiten Winter 2014/2015, Frühjahr, Sommer und Herbst 2015. Der Dezember 2015 wird mit dem Winter 2015/2016 im Klimastatusbericht 2016 behandelt. Monatliche Rückblicke in englischer Sprache sind unter http://rcccm.dwd.de/ zu finden. Anomalien beziehen sich grundsätzlich auf die von der WMO definierte Normalperiode 1961-1990, sofern es nicht anders angegeben ist.

Fast jeder Monat war in Europa überdurchschnittlich warm. Unterdurchschnittliche Temperatur verzeichneten: Skandinavien von Mai bis Juli; Zentraleuropa im September und Oktober und Südwesteuropa nur im Februar und September.

Lufttemperatur

Im Jahresmittel (Abb. 2) war 2015 in ganz Europa wärmer als normal, in Ost- und Nordeuropa sogar mehr als +2°C über der Referenzperiode von 1961-1990. Nach der Auswertung der E-OBS Daten (vom Königlich-Niederländischen Meteorologischen Institut, kurz KNMI) war 2015 gefolgt von 2014 das wärmste Jahr in Europa seit dem Beginn der Zeitreihe im Jahr 1950 (Abb. 1). Die genaue Rangfolge ist wegen der Unsicherheiten, die die grauen Balken angeben, nicht exakt feststellbar. Besonders markant war die positive Anomalie in der Arktis mit mehr als +3°C (auf Spitzbergen, sogar +4.7°C). Das Jahr 2015 war auch global gesehen bisher das wärmste seit 1880, wozu auch das starke El Niño in 2015/16 beigetragen hat (WMO 2016, Blunden und Arndt 2016).

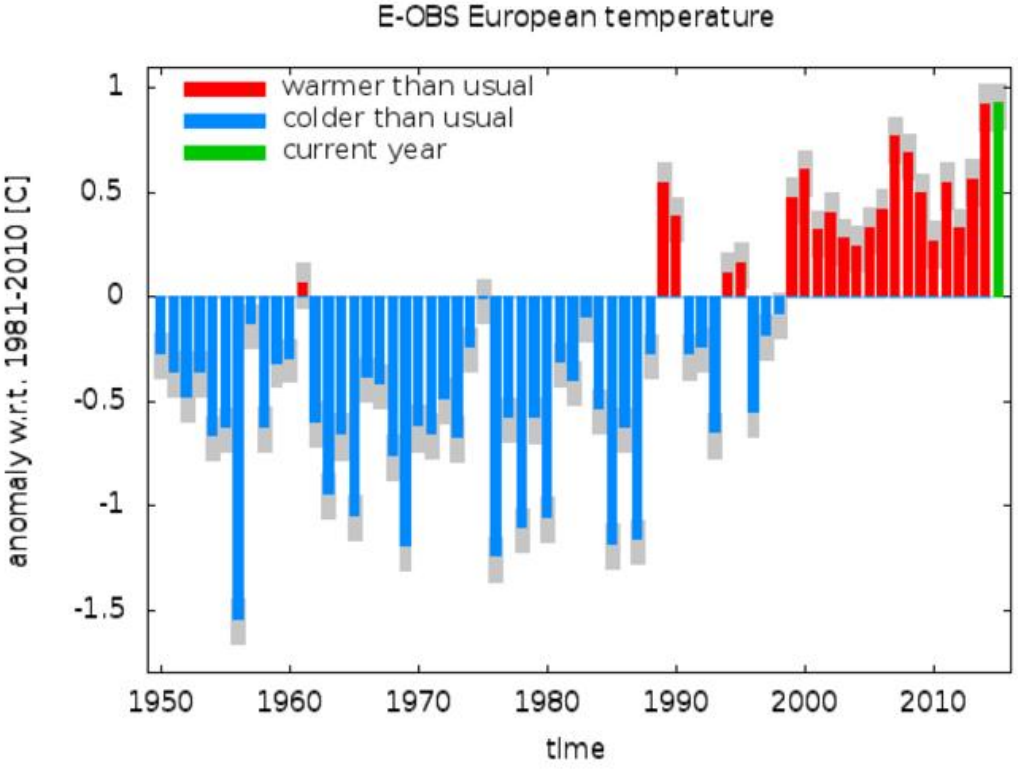


Abb. 1: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur der Periode 1950-2015 (2 m) vom vieljährigen Mittel 1981-2010 in °C für die Landstationen im Gebiet 35°-75°N und 25°W-45°E (nach Verver et. al. 2013)

Hohe Abweichungen wurden 2015 in Osteuropa beobachtet mit Werten von +2.3°C gefolgt von Zentral- und Westeuropa (+1.6°C), Nahem Osten (+1.5°C), dem Mittelmeerraum (+1.5°C) und der Iberische Halbinsel (+1.4°C). Schlusslicht war der Norden (mit Grönland) mit Anomalien von +1.3°C.

Die globale Jahrestemperatur stieg 2015 auf ein Rekordniveau von 0.76 ± 0.09°C über der Normalperiode von 1961-1990 (WMO 2016, Blunden und Arndt 2016).

Die Temperaturanomalien im **Winter 2014/15** (Abb. 3, rechts oben) lagen nur in Südwesteuropa unter dem langjährigen Mittel. In Nord- und Osteuropa erreichen die positiven Anomalien Werte von über +4°C vor allem in Skandinavien, Nordrussland und in einem Gebiet zwischen der Türkei und Armenien.

Im **Frühjahr 2015** (Abb. 3, rechts Mitte oben) waren die meisten Teile Europas über +1°C wärmer als die Referenzperiode 1961-1990. Vor allem Spanien und Südfrankreich zeigten Anomalien über +2°C, das nördliche Skandinavien über +3°C und Nordrussland sogar über +4°C. Nur die zentrale Türkei, Irland, Grönland und Westisland wiesen unterdurchschnittliche Temperaturen auf.

Der **Sommer 2015** (Abb. 3, rechts Mitte unten) war durch eine lang andauernde Hitzewelle charakterisiert, die von Ende Mai bis Anfang August dauerte. Temperaturabweichungen von über +3°C traten in einer Zone von Spanien bis zur Ukraine auf, während Nordeuropa und die Britischen Inseln von negativen Temperaturanomalien berichteten.

Herbst 2015 (Abb. 3, rechts unten) war wieder in fast ganz Europa wärmer als normal. Besonders der Norden (Spitzbergen und die russische Arktisküste) beobachtete Temperaturabweichungen von über +4°C. Skandinavien, vor allem Finnland, und der Südosten der RA VI zeigten um +3°C höhere Temperaturen als die Referenzperiode von 1961-1990.

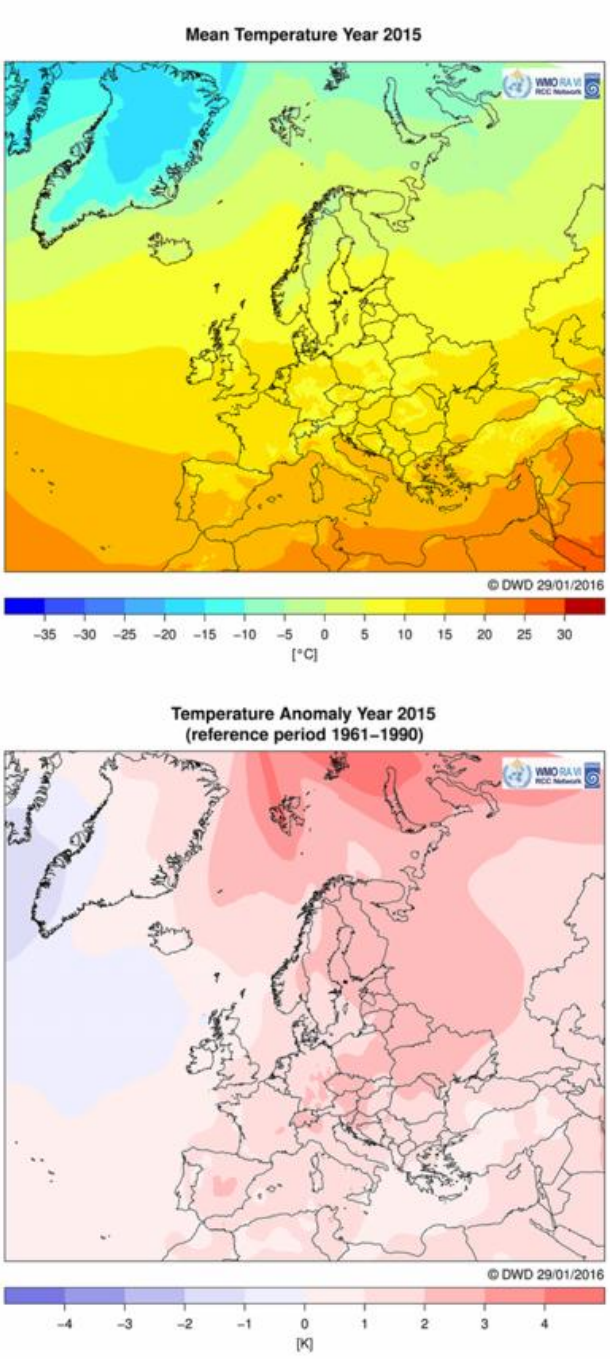
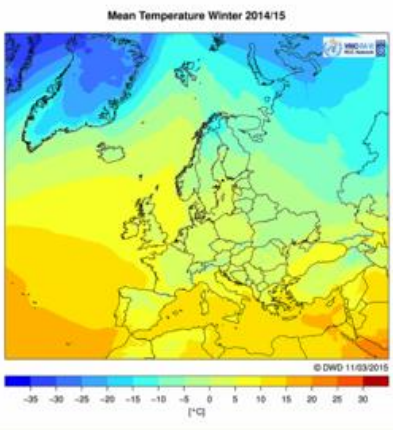
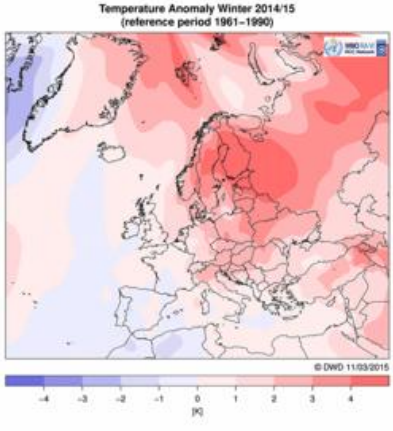


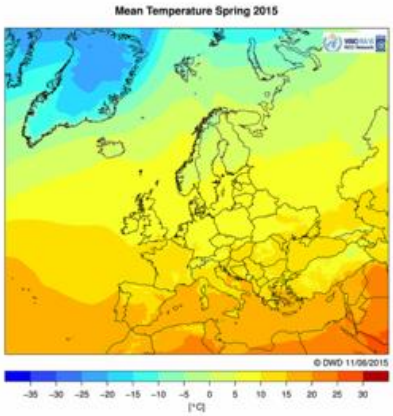
Abb. 2: Jahresmittel der Lufttemperatur (oben, in °C) und deren Abweichung (in K) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2015

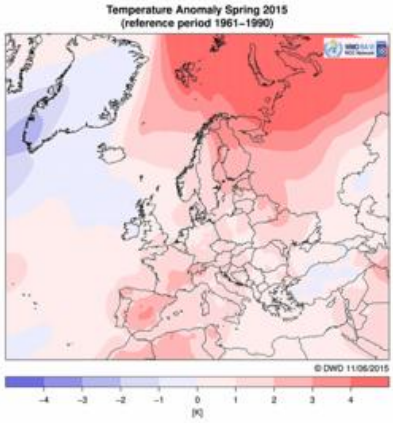
Winter 2014/ 2015



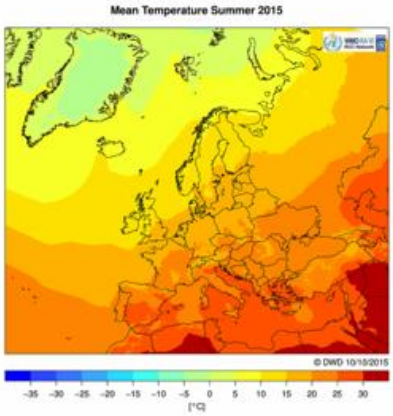


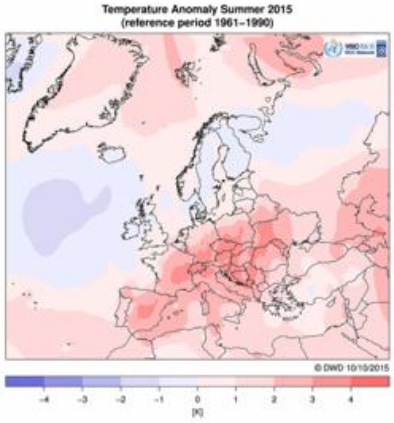
Frühling 2015



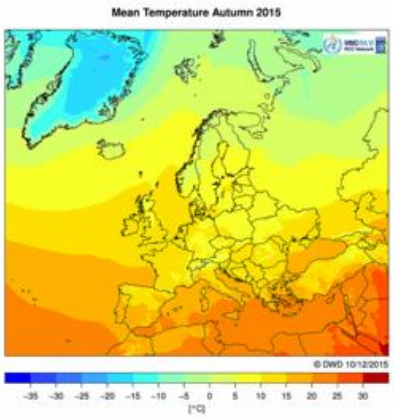


Sommer 2015





Herbst 2015



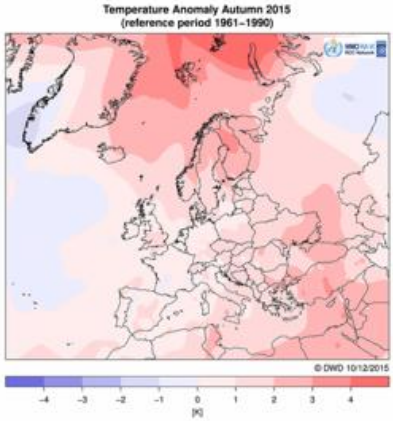


Abb. 3: Mittlere Lufttemperatur (in 2 m Höhe) in °C im Winter 2014/2015, Frühjahr 2015, Sommer 2015 und Herbst 2015 (linke Spalte) und die dazugehörigen mittlere Anomalie der Lufttemperatur (in 2 m Höhe) in K (rechte Spalte; Quelle: http://www.dwd.de/rcc-cm)

Niederschlag

Der Jahresniederschlag erreichte in vielen Teilen Europas fast das Normalniveau von 1951-2000 (Abb. 4, rechts oben). Positive Anomalien von über 10 mm/Monat zeigten Irland, Großbritannien, Dänemark, Teile Skandinaviens und Südosteuropa. Trockener als normal mit Anomalien unter -10 mm/Monat waren dagegen die Iberische Halbinsel, Frankreich, der Alpenraum und Osteuropa. In diesen Gebieten sank die Niederschlagsmenge unter den 0.1-Perzentilwert, was auf Dürre hinweist. Die Karten der Jahreswerte (Abb. 4, links oben) geben nur unzureichend wieder, wo im Jahr 2015 außergewöhnliche Niederschlagsereignisse auftraten.

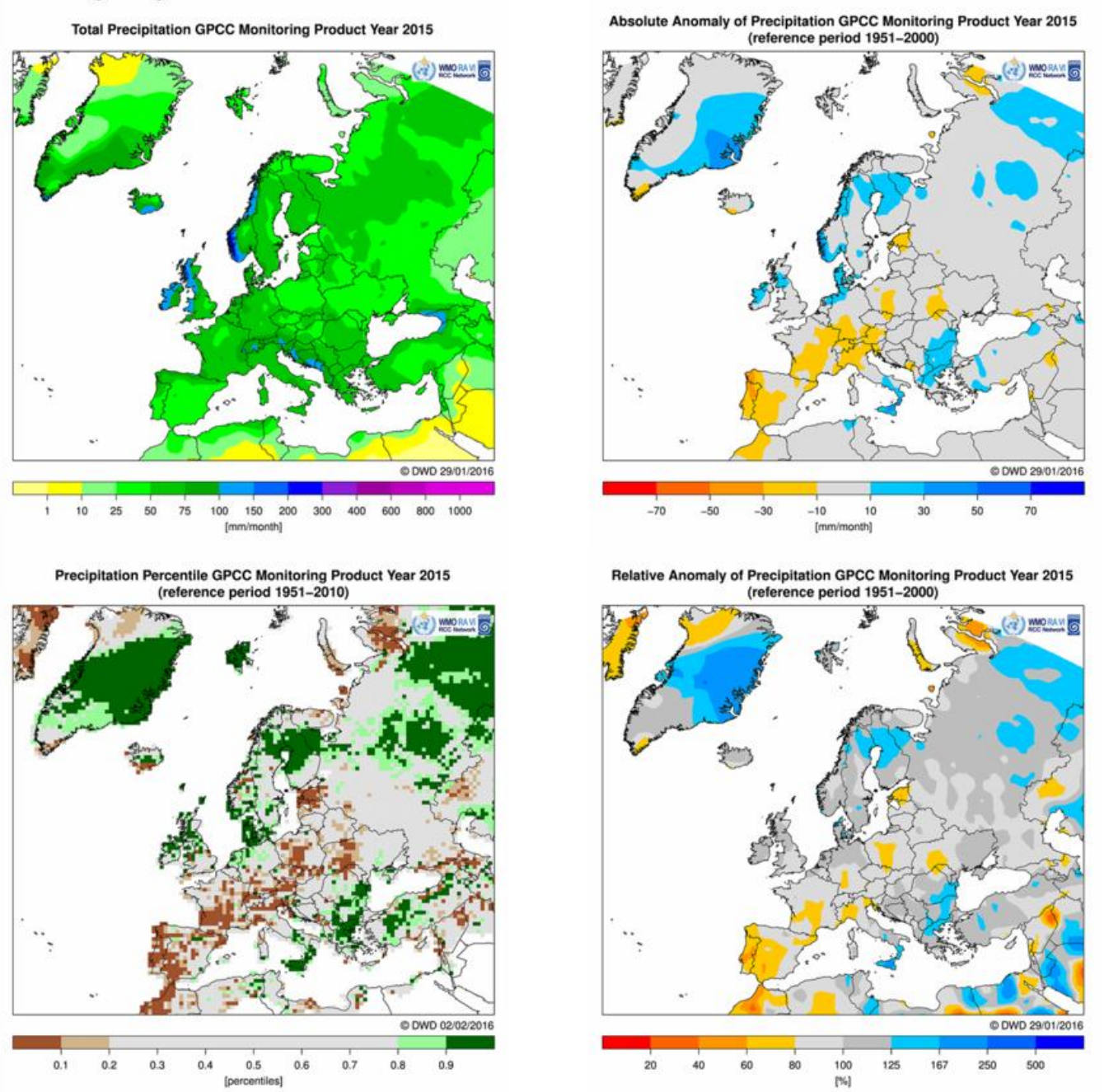


Abb. 4: Jahresniederschlagssumme (links oben), absolute Anomalien (rechts oben) in mm/Monat, Perzentile (links unten) und relative Anomalien in % (rechts unten) für das Jahr 2015 (Anomalien: Referenzperiode 1951-2000, Perzentile: Referenzperiode 1951-2010; Quelle: http://www.dwd.de/rcc-cm)

Der **Winter 2014/15** (Abb. 5, oben) erwies sich in einigen Teilen Europas als zu trocken und zwar von Portugal und Südspanien über Mitteleuropa bis zur Ukraine, in den übrigen Teilen dagegen als zu nass. In Nordspanien, Schottland, Südnorwegen, dem Balkan und dem östlichen Mittelmeerraum gab es Stationen, die bis zu 250 % der normalen Niederschlagsmenge registrierten. In Irland variierte die winterliche Niederschlagssumme zwischen der Höchstmenge von 702 mm (148 % des Mittels) an der Station Newport und der niedrigsten Summe von 150 mm (68 %) an der Station Carlow (Oak Park). In Kroatien schwankte die Niederschlagssumme für den Winter 2014/2015 von 71 % bis 225 % des langjährigen Mittels. In Montenegro gab es auch erhebliche Schwankungen von 196 mm an der Station Rozaje bis zu 1522 mm in Cetinje. Auch in Norwegen zeigte sich der Winterniederschlag als sehr variabel von 25 % im Osten (im Lee) bis über 300 % im Südwesten. Die höchste jahreszeitliche Niederschlagmenge in Norwegen wurde mit 1846 mm an der Station Hovlandsdal (Norwegen) gemessen, mit 147.5 mm als höchstem Tagesniederschlag am 19. Februar 2015. Die starken Niederschläge entlang der Pyrenäen mit bis zu 300 % resultierten aus den vorherrschenden nord- bis nordwestlichen Winden über der Biskaya.

Die Niederschlagsanomalien für das **Frühjahr 2015** (Abb. 5, Mitte oben) zeigten überdurchschnittliche Werte in Nord- und Nordwesteuropa sowie Teilen Osteuropas. In Skandinavien und der Ukraine wurden stellenweise über 150 % des langjährigen Mittels erreicht. Für gesamt Norwegen bezifferte sich der relative Niederschlag auf 130 %, in Teilen Westnorwegens erreichten sie das 2-2.5-fache des Normalwertes. Die regenreichste Station war Hovlandsdal (Fjaler, Sogn og Fjordane) mit 1150 mm (209 %). Hier fiel am 8. März auch die höchste Tagessumme für das Frühjahr mit 123.8 mm. Im Vereinigten Königreich war der Nordwesten mit mehr als 130 % oder 900 mm (Jahreszeitensumme) im westlichen Hochland deutlich nasser als normal. Somit ergab sich für Schottland der 2. Rang in der Reihe der nassesten Frühjahre seit 1910. In Südengland dagegen war es im Frühjahr mit 90 mm oder 70 % deutlich trockener. Trockener als normal war es in West- und Zentraleuropa von der Iberischen Halbinsel bis nach Polen. Im Nordwesten Spaniens und Nordportugal wurden weniger als 60 % des normalen Niederschlags gemessen. Auch der Nahe Osten war trockener als sonst.

Der **Sommer 2015** (Abb. 5, Mitte unten) zeigte sich in West-, Nord- und Osteuropa regnerisch. Trotz der Hitzewelle während des Sommers gab es in West- und Südfrankreich sowie im Nordosten Spaniens mehr Regen als normal. Grund dafür waren extreme Niederschlagsereignisse. Frankreich verzeichnete neue Rekorde der Monatssummen im August an der Station Gonneville (Bretagne) mit 178.4 mm (das 3-fache des Normalen) und in Montpellier mit 234.2 mm (fast das 7-fache der normalen Menge). Der Niederschlagsüberschuss in der Türkei betrug über 250 %. Die Hitzewellen und der Hochdruckeinfluss machten sich bei den fehlenden Niederschlägen in Zentraleuropa bemerkbar. Die westliche und südliche Iberische Halbinsel hatten schon seit Anfang des Jahres ein Niederschlagsdefizit. Die in Portugal von schwerer und extremer Trockenheit betroffene Landesfläche betrug am 31. August 74 %; das war die zweitschlimmste Dürre seit 70 Jahren (100 % im Jahr 2005 und 73 % im Jahr 2012). In Warschau regnete es während des Sommers nur die Hälfte der Normalmenge (172 mm). In Belgrad waren es nur 47 mm oder 30 % des Normalen. Die geringen Niederschläge in der Ukraine ließen die Pegelstände der Flüsse sinken wodurch auch viele Fische verendeten. In Deutschland war es der trockenste Sommer seit 50 Jahren.

Im **Herbst 2015** (Abb. 5, unten) regnete es überdurchschnittlich in Norddeutschland, Dänemark, Teilen Finnlands, Griechenland sowie West-, Nord- und Osttürkei. Auf dem Balkan wurden über 150 % (30 mm/Monat) des langjährigen Mittels verzeichnet. Im Norden Finnlands besonders in Lappland war es mit über 200 mm nasser, in Südfinnland dagegen trockener als normal. Große Teile Westeuropas, Islands, die Baltischen Staaten und Teile Skandinaviens waren trockener als normal. Die Summe der Niederschläge in den Herbstmonaten betrug in Spanien 165 mm oder 18 % unter dem Durchschnitt. Der Oktober brachte in Estland 11 mm Niederschlag (Normalwert=74 mm) wodurch auch der Herbst mit 138 mm (Normalwert=200 mm) trockener ausfiel. Auf den Britischen Inseln waren der September und der Oktober sehr mild und trocken mit jeweils 56 % und 57 %, während der November mit 145 % feuchter als normal war. Der Herbst 2015 war in Rumänien sehr regnerisch wobei an der Station Balea Lac im September 221 mm/Monat gemessen wurden. Griechenland verzeichnete ebenfalls überdurchschnittliche Niederschläge mit bis zu 272 % an der Station Serres.

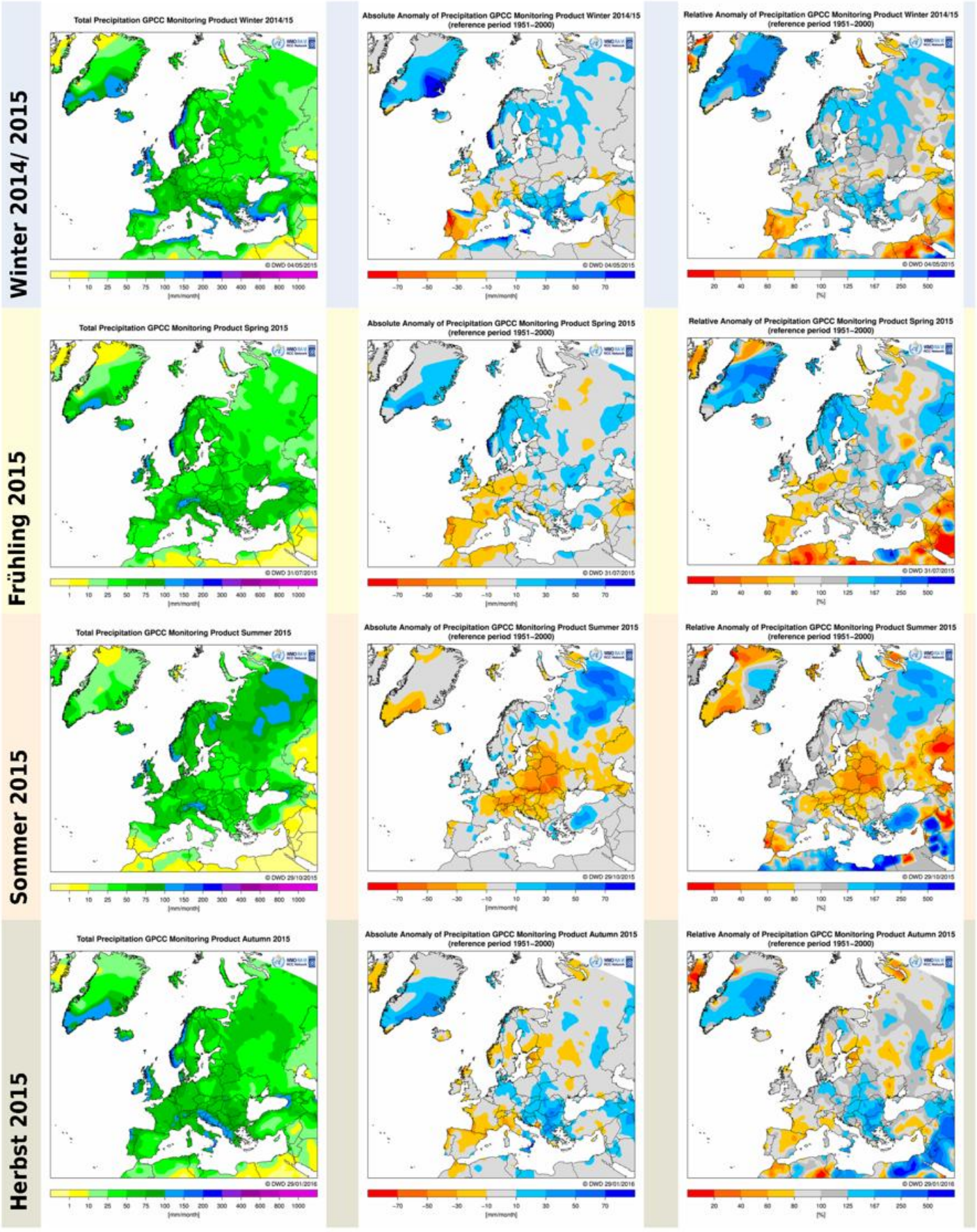


Abb. 5: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links), absolute Abweichung in mm/Monat (Mitte) und relative Abweichung in % (rechts) vom langjährigen Mittel 1951–2000 für die Jahreszeiten Winter 2014/2015, Frühling 2015, Sommer 2015, Herbst 2015
Die hohen Abweichungen über Grönland sind Datenfehler.

Luftdruck und Zirkulation

Die jährliche Verteilung des Bodendrucks im Jahre 2015 in der WMO Region VI wurde von einem Tiefdruckgebiet bestimmt, das sich von Grönland über Island bis nach Spitzbergen erstreckte. Das zweite Drucksystem mit dem Kern über den Azoren (Azorenhoch) erstreckte sich über Mitteleuropa bis nach Russland. Die Abweichungen vom langjährigen Mittel zeigen westlich und nordöstlich von Island um -6 bis -4 hPa niedrigere Werte und zwischen den Azoren und Mitteleuropa um +2 bis +4 hPa höhere Werte und damit ein stärkeres Gefälle zwischen Azorenhoch und Islandtief (Abb. 6).

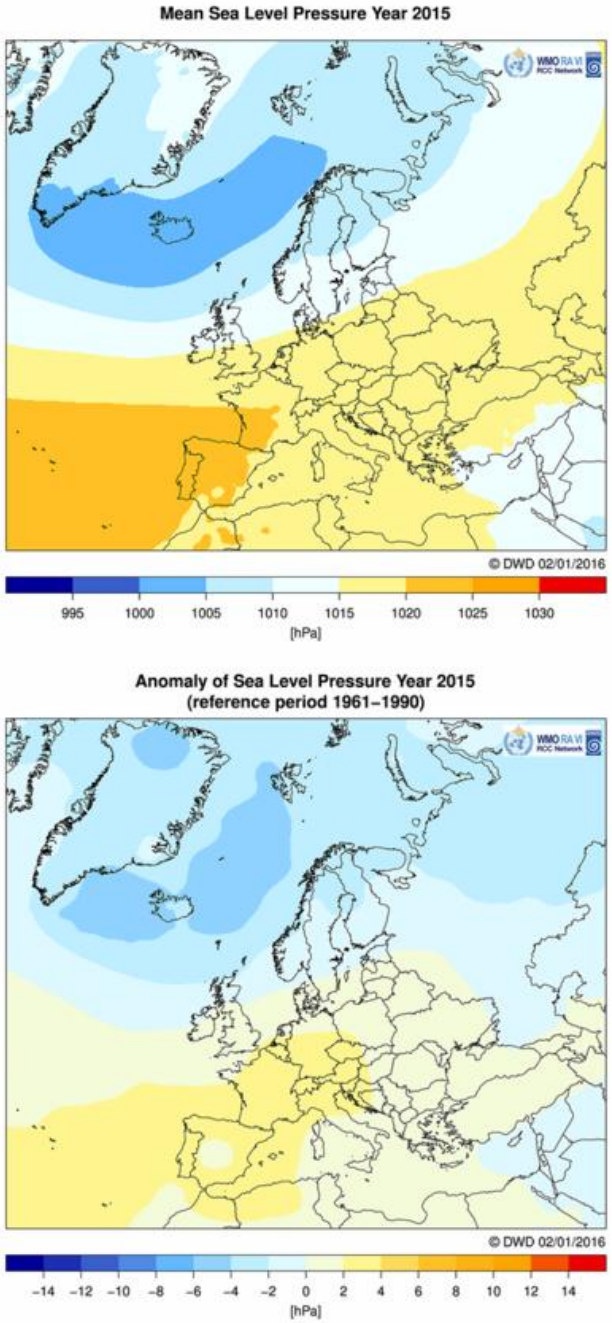


Abb. 6: Jahresmittel des Bodendrucks (oben) und deren Abweichung in hPa (unten) vom vieljährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2015

Im **Winter 2014/2015** (Abb. 7, oben) zeigten die Abweichungen vom langjährigen Mittel 1961-1990 ein ähnliches Muster wie das Wintermittel der Luftdruckverteilung. Der Kerndruck des Islandtiefs lag unter 995 hPa und der des Azorenhochs über 1030 hPa. Die größten Anomalien des Islandtiefs lagen zwischen Island und Skandinavien bei unter -10 hPa und die des Azorenhochs bei über +12 hPa. Beide Druckzentren waren intensiver und somit die Druckdifferenz zwischen Island und Azoren höher als normal. Dies bezeugen auch mehrer Stürme über Nordeuropa. Dementsprechend war auch der Index der Nord Atlantik Oszillation (NAO) in allen Wintermonaten größer als 1. Die negative Anomalie in Osteuropa und dem östlichen Mittelmeer war auch mit Tiefdruckgebieten verbunden.

Im **Frühjahr 2015** (Abb. 7, Mitte oben) waren beide Zirkulationszentren stark ausgeprägt. Das Islandtief, mit einem Kerndruck von 1000 hPa, lag westlich von Island. Die negativen Anomalien umfassten ganz Nordeuropa und erreichten minimale Werte von unter -8 hPa zwischen Island und Grönland, auf Grönland und zwischen Grönland und Spitzbergen. Der Kern des Azorenhochs befand sich südwestlich der Azoren mit höchsten Anomalien über Frankreich von +4 hPa. Die NAO war im Frühjahr nur leicht positiv. Die Arktische Oszillation war mit 1.27 etwas deutlicher ausgeprägt.

Im **Sommer 2015** (Abb. 7, Mitte unten) lagen beide Zirkulationszentren nach Süden verschoben wodurch sich über Grönland ein Hochdruckgebiet mit maximalen Anomalien von über +8 hPa ausbreiten konnte. Im Jahreszeitenmittel herrschten über fast ganz Europa positive Druckabweichungen von über +2 hPa vor, die zu vermehrtem Absinken und geringerer Bewölkung führten.
Der NAO Index mit einem Wert von -3.14 für den Juli 2015 war besonders extrem. Ein identischer Wert kam in der 66 Jahre langen Indexreihe nur noch einmal 1993 vor.

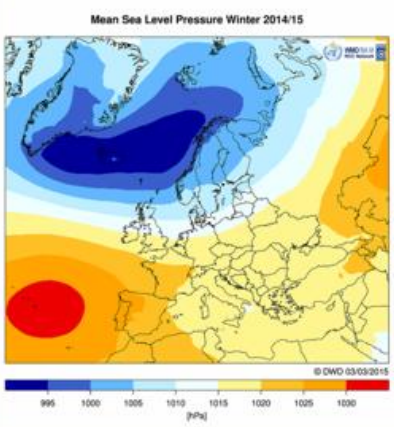
Das Zirkulationsmuster im **Herbst 2015** (Abb. 7, unten) wurde von einem weit nach Nordosten reichenden Azorenhoch und einem intensiveren Islandtief geprägt. Der Kerndruck des Islandtiefs lag mit weniger als 1000 hPa um -6 hPa unter dem langjährigen Mittel. Die positiven Anomalien über Skandinavien erreichten über +2 hPa und über Nordrussland über +4 hPa. Die Zirkulationsindizes im Herbst 2015 lagen bei ±1, da die einzelnen Monatswerte unterschiedliche Vorzeichen aufwiesen.

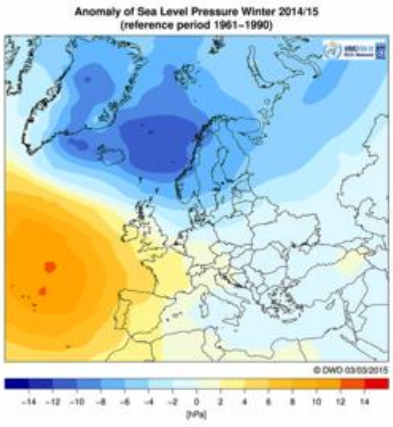
Jahr	Monat	NOA	EA	EA/WR	SCA	POL	AO
2015	1	1,57	1,11	-0,24	-0,18	-0,03	1,092
2015	2	1,05	-0,04	-0,92	-0,37	2,09	1,043
2015	3	1,12	1,20	0,27	0,39	0,68	1,837
2015	4	0,64	0,88	1,12	-1,49	-0,88	1,216
2015	5	0,19	0,71	-1,50	-2,15	0,50	0,763
2015	6	0,24	1,06	-0,78	-1,52	-0,20	0,427
2015	7	-3,14	0,22	2,01	-1,11	0,39	-1,108
2015	8	-1,10	1,08	-0,37	0,87	0,13	-0,689
2015	9	-0,49	0,15	-1,67	1,09	-0,13	-0,165
2015	10	0,99	0,22	0,59	0,62	-0,47	-0,250
2015	11	1,70	1,55	0,56	-0,40	-0,66	1,945
2015	12	1,99	3,14	1,28	0,08	0,58	1,444

Tab. 1: Jahresgänge der für Europa relevanten standardisierten Zirkulationsindizes der Nordhemisphäre von Januar bis Dezember 2015

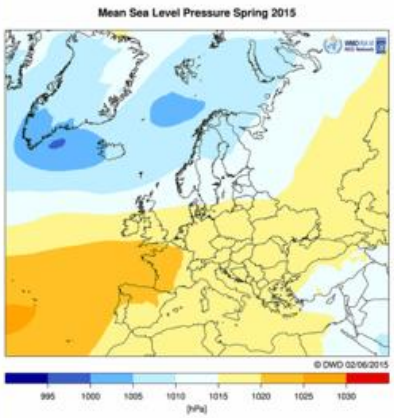
Anmerkung: Alle Werte sind bezüglich des Zeitraums 1981-2010 standardisiert. (Nordatlantik Oszillation (NOA), Ostatlantik Muster (EA), Ostatlantik/Westrussland Muster (EA/WR), Skandinavien Muster (SCA), Polar/Eurasien Muster (POL), Arktische Oszillation (AO); nach Daten des NOAA Climate Prediction Center, weitere Erklärungen sind bei http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml und http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ zu finden).

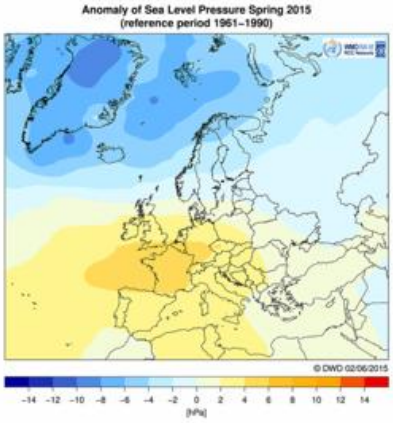
Winter 2014/ 2015



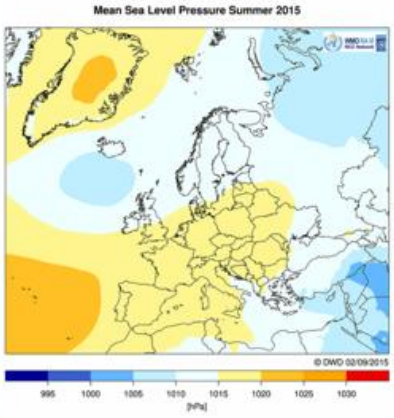


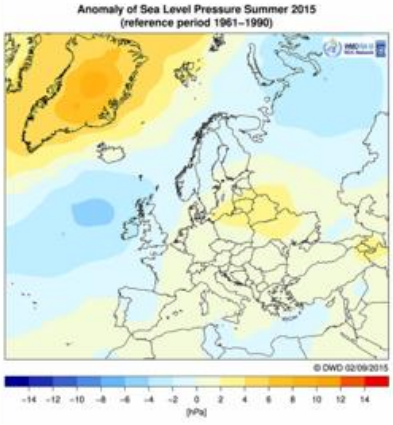
Frühling 2015



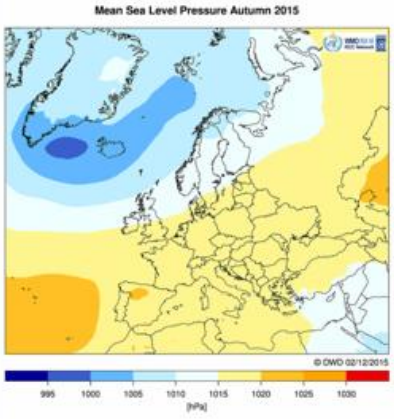


Sommer 2015





Herbst 2015



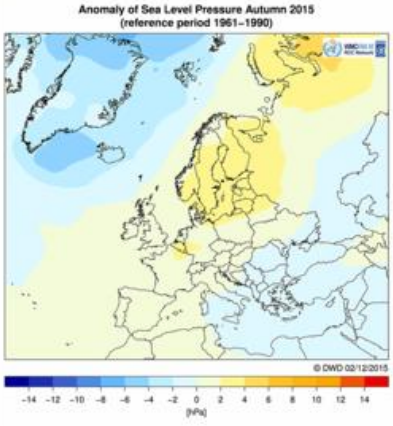


Abb. 7: Mittelwerte des Luftdrucks auf Meeresniveau in hPa (links) und deren Anomalien (rechts) vom langjärigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2014/2015, Frühling 2015, Sommer 2015 und Herbst 2015

Sonnenscheindauer und Bewölkung

Die jährliche Sonnenscheindauer (Abb. 8) zeigte von Süd nach Nord abnehmende Werte. Die meisten Teile Europas wiesen positive Abweichungen der Sonnenscheindauer auf. Nur Portugal, Süditalien, die Türkei und Nordosteuropa zeichneten sich durch unterdurchschnittliche Werte der Sonnenscheindauer aus. Spitzbergen, Polen und der südliche Teil des europäischen Russlands wiesen in fast jeder Jahreszeit höhere Anomalien auf.

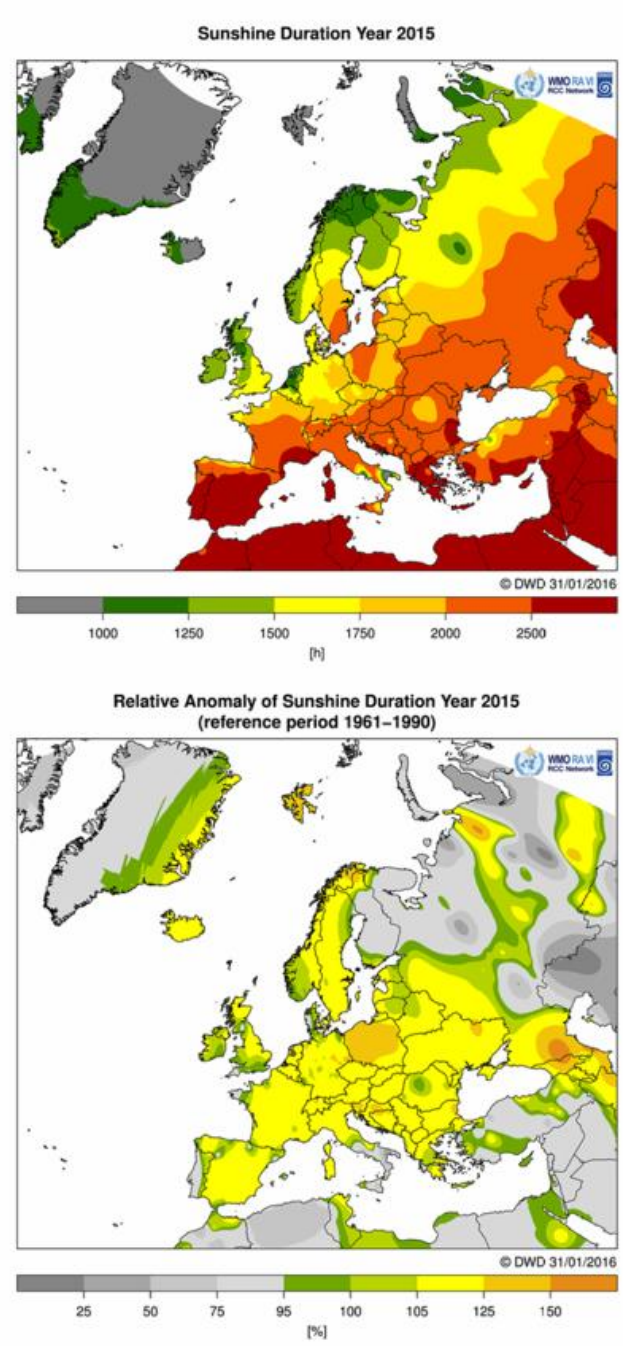


Abb. 8: Jahressumme der Sonnenscheindauer in Stunden (oben) und deren relative Anomalien in % (unten) zum vieljährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2015. (Quelle: http://www.dwd.de/rcc-cm)

In vielen Teilen Europas lag die relative Sonnenscheindauer im **Winter 2014/2015** (Abb. 9, oben) unter 100 %. Nur in Spanien, auf den Britischen Inseln und dem Balkan sowie in kleineren Gebieten schien die Sonne häufiger als im Durchschnitt, was sich auch in der überdurchschnittlichen Zahl an heiteren Tagen (Abb. 11, oben) bzw. der unterdurchschnittlichen Zahl an trüben Tagen (Abb. 10, oben) widerspiegelt. Die hohen relativen Abweichungen im Norden Europas sind der Berechnungsmethode geschuldet, da während der Polarnacht die Sonne kaum sichtbar ist.

Das **Frühjahr 2015** (Abb. 9, Mitte oben) zeichnete sich in fast ganz Europa durch überdurchschnittliche relative Sonnenscheindauer und einer höheren Anzahl heiterer Tage aus. Nur Nordskandinavien, das Baltikum, die Türkei und Teile des europäischen Russlands wiesen geringere als die normale Sonnenscheindauer aus.

Vermehrtes Absinken führte im **Sommer 2015** (Abb. 9, Mitte unten) zu mehreren Hitzewellen in Europa als Folge der vermehrten Sonneneinstrahlung und geringeren Bewölkung. Vor allem Osteuropa zeichnete sich durch weniger bewölkte Tage aus. Dies führte in Polen, in der Ukraine und Weißrussland zu geringeren Niederschlägen und langandauernder Dürre.

Auch der **Herbst 2015** (Abb. 9, unten) verzeichnete in vielen Teilen Europas überdurchschnittliche Sonnenscheindauer. Dementsprechend gab es weniger bewölkte und mehr heitere Tage. Die Türkei und Süditalien fallen dabei wegen der spärlichen Datenlage etwas aus dem Rahmen.

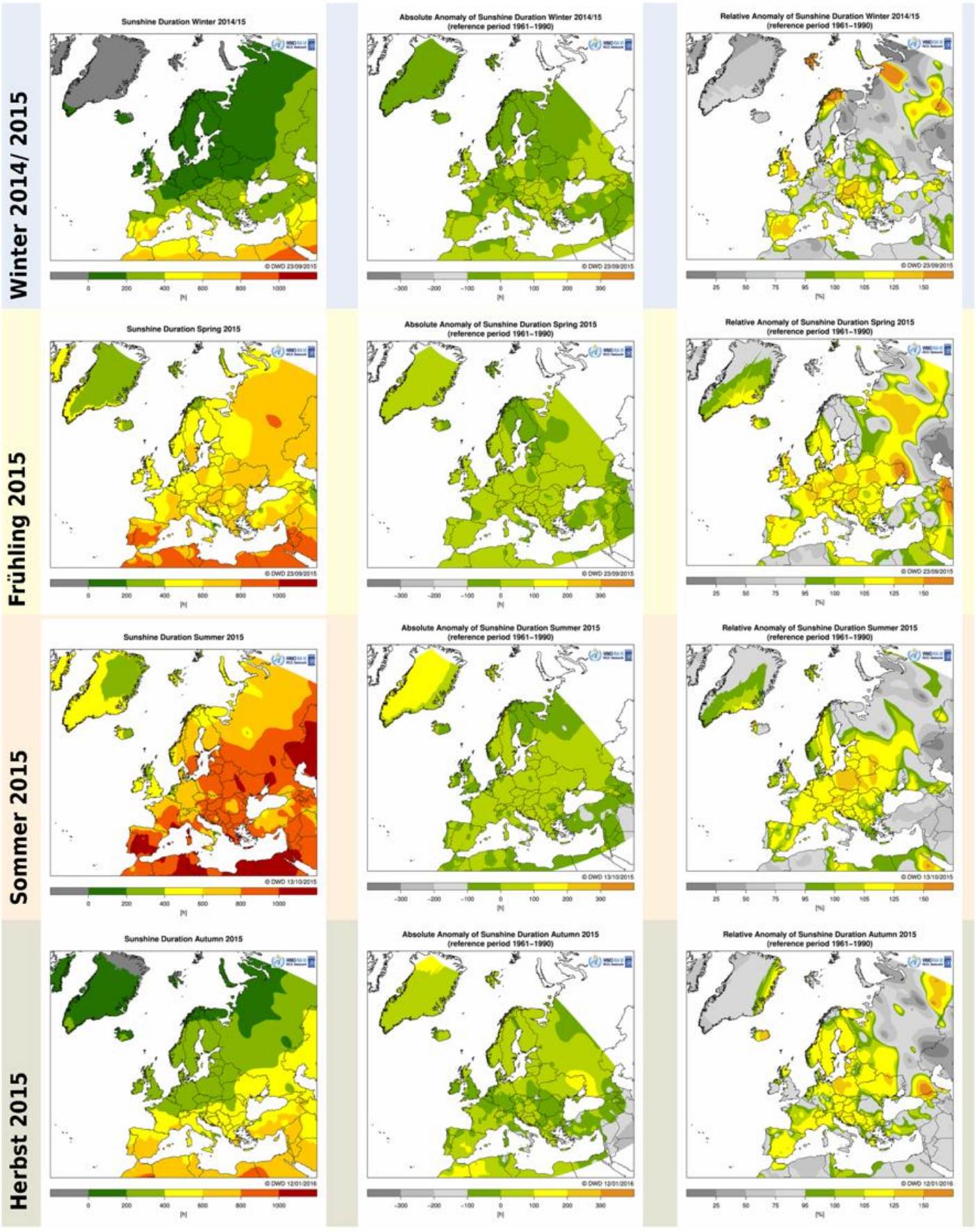
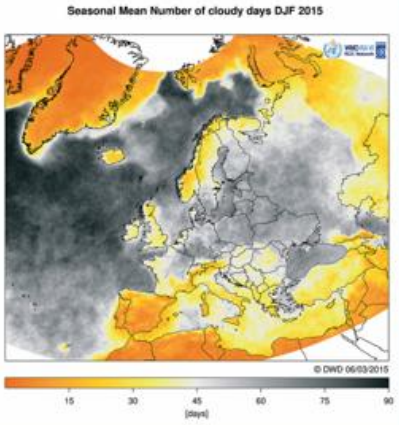
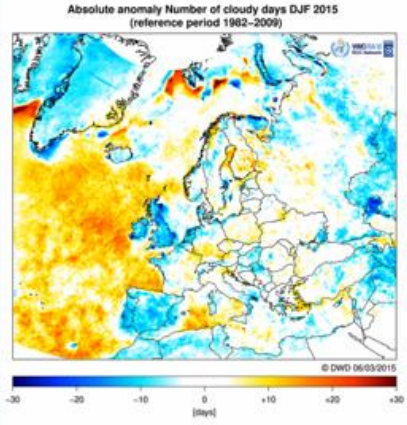


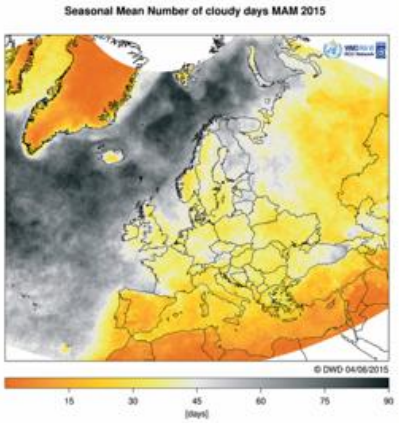
Abb. 9: Mittlere Sonnenscheindauer in h (links), absolute Abweichung in h (Mitte) und relative Abweichung in % (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 aus Stationsbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2014/2015, Frühling 2015, Sommer 2015 und Herbst 2015

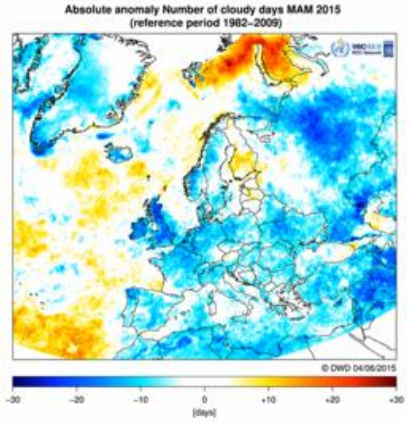
Winter 2014/ 2015



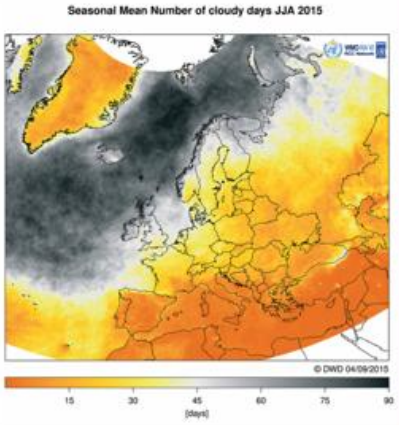


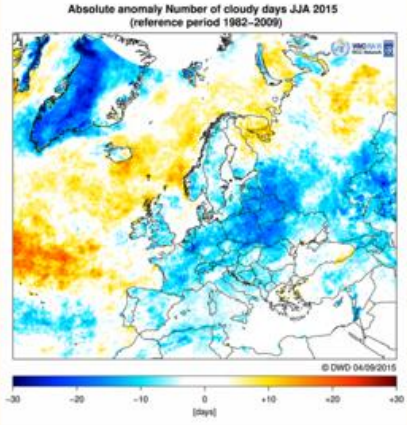
Frühling 2015



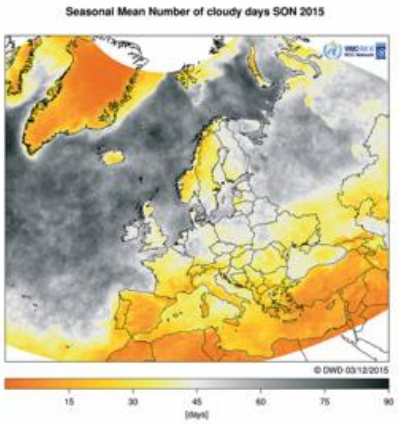


Sommer 2015





Herbst 2015



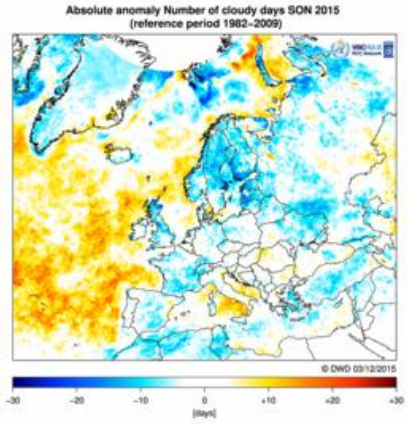
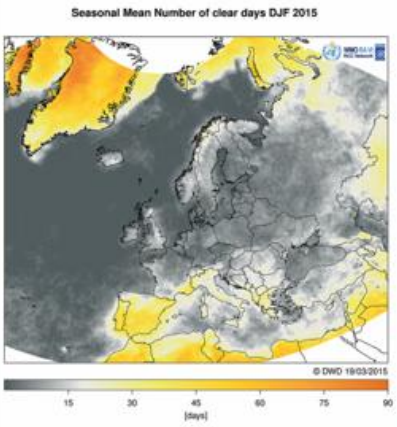
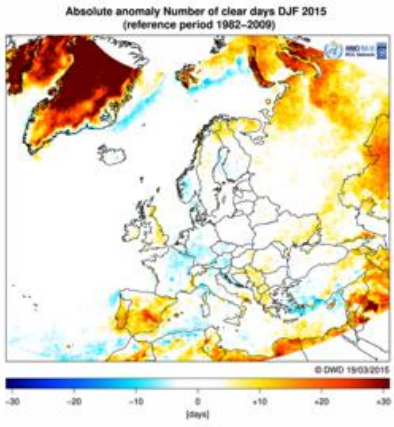


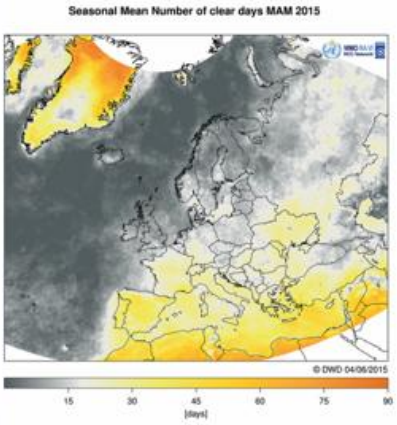
Abb. 10: Anzahl trüber Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2014/2015, Frühling 2015, Sommer 2015 und Herbst 2015

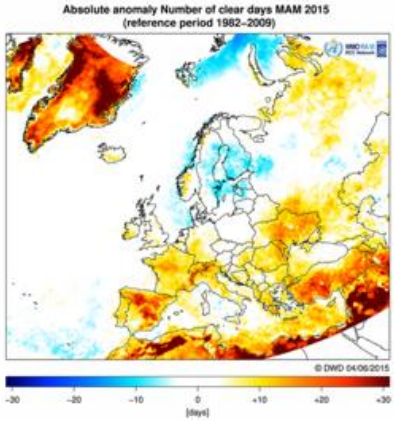
Winter 2014/ 2015



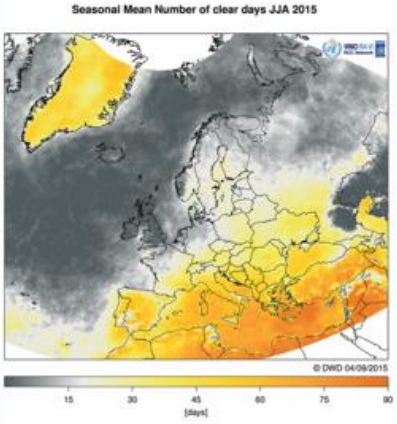


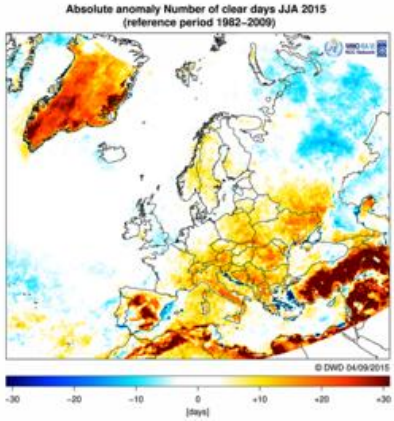
Frühling 2015



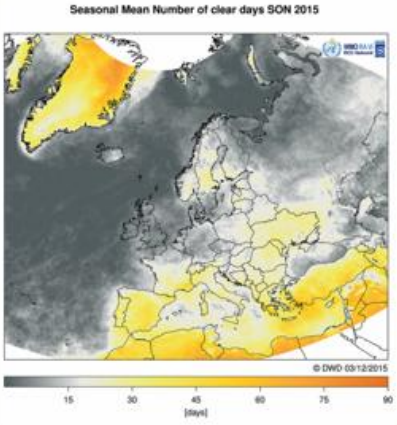


Sommer 2015





Herbst 2015



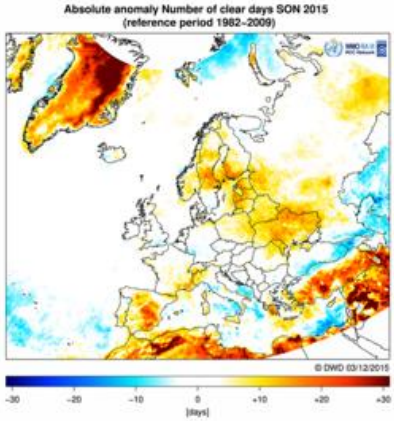


Abb. 11: Anzahl heiterer Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2014/2015, Frühling 2015, Sommer 2015 und Herbst 2015

Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

Die klimatischen Besonderheiten der Jahreszeiten lassen sich auch anhand verschiedener Indizes charakterisieren, die beispielhaft in den Abb. 12 bis 15 präsentiert werden. Das ECA&D erzeugt Darstellungen verschiedener Klimaindizes für Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Aus den verfügbaren Indizes wurden für jede Jahreszeit je ein repräsentativer Index für die Temperatur und den Niederschlag ausgewählt. Auf Stationsdaten (Abb. 12 und 13) beruhen die Anomalien ausgewählter Temperatur- und Niederschlagsindizes für die 4 Jahreszeiten. In Abb. 12 sind extreme thermische Verhältnisse (Anomalien der Eistage (Winter), kalter Tage (Frühjahr), Tropennächte (Sommer) und Sommertage (Herbst)) gezeigt. In Abb. 13 sind die Niederschlagsverhältnisse durch die Niederschlagssumme über 5 aufeinander folgende Tage charakterisiert. Die Ereigniskarten (Abb. 14) zeigen verschiedene extreme klimatologische Beobachtungen. Flächenhaft sind in diesen Karten die Verteilung von warmen und kalten Anomalien mit Werten von über +4°C und unter -4°C (Datenbasis Rasterdaten Temperaturabweichungen der Monatsmittel von der Referenzperiode, CLIMAT und Schiffsbeobachtungen) und die Verbreitung der starken Trockenheit (modifizierter SDI-Trockenheitsindex <-1.5) und des Niederschlagsüberschusses (>150 % des Mittels für 1951-2000) für Gitterboxen dargestellt (Datenbasis Rasterdaten des GPCC). Die Punkte charakterisieren Anomalien mehrerer Temperatur- und Niederschlagsindizes, die auf Beobachtungen von einzelnen Stationen basieren. Abb. 15 bietet einen Einblick in die Verteilung von extremen Wetterereignissen, die auf Informationen von Meldungen freiwilliger Beobachter basieren. Gemeldet werden Tornados, starke Windböen, starker Hagel und Starkniederschläge. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Anzahl der Ereignisse nicht unbedingt, die Gesamtheit solcher Ereignisse widerspiegelt.

Temperaturindizes

Die Zahl der Eistage (Maximumtemperatur <0°C) im **Winter 2014/2015** (Abb. 12, links oben) waren in fast ganz Europa geringer als im Durchschnitt der Jahre 1961-1990. Nur im Mittelmeerraum zeigen einige Stationen geringe Abweichungen um den Mittelwert, entsprechend den Temperaturabweichungen für den Winter (Abb. 3).

Das **Frühjahr 2015** (Abb. 12, rechts oben) zeichnet sich durch weniger kalte Tage aus (Tage mit Tagesmitteltemperatur unter dem 10 %-Perzentilwert) als im langjährigen Mittel und entspricht damit den Temperaturabweichungen für das Frühjahr (Abb. 3). Nur einige Bergstationen scheinen aus dem Rahmen zu fallen.

Die Abweichungen der Tropennächte (Minimumtemperatur >20°C) im **Sommer 2015** (Abb. 12, links unten) vermitteln ein etwas verwirrendes Bild. Die Stationen um das Mittelmeer weisen über 30 Tage mehr Tropennächte auf als dies im Mittel der Jahre 1961-1990 der Fall war. Hingegen zeichnen sich viele Stationen in der Nähe der Küste von Atlantik, Nord- und Ostsee durch eine unterdurchschnittliche Anzahl von Tropennächten aus. Eine Ausnahme bilden Großbritannien und Irland mit einer geringfügig höheren Anzahl an Tropennächten als Normal.

Obwohl der **Herbst 2015** sich durch positive Temperaturabweichungen auszeichnete (Abb. 3), lag die Zahl der Sommertage (Maximumtemperatur >25°C) in Zentraleuropa, Südschweden und Finnland unter der für die Jahreszeit üblichen Werten. In Nord- und Osteuropa lag die Zahl der Sommertage leicht über dem langjährigen Mittel (Abb. 12, rechts unten).

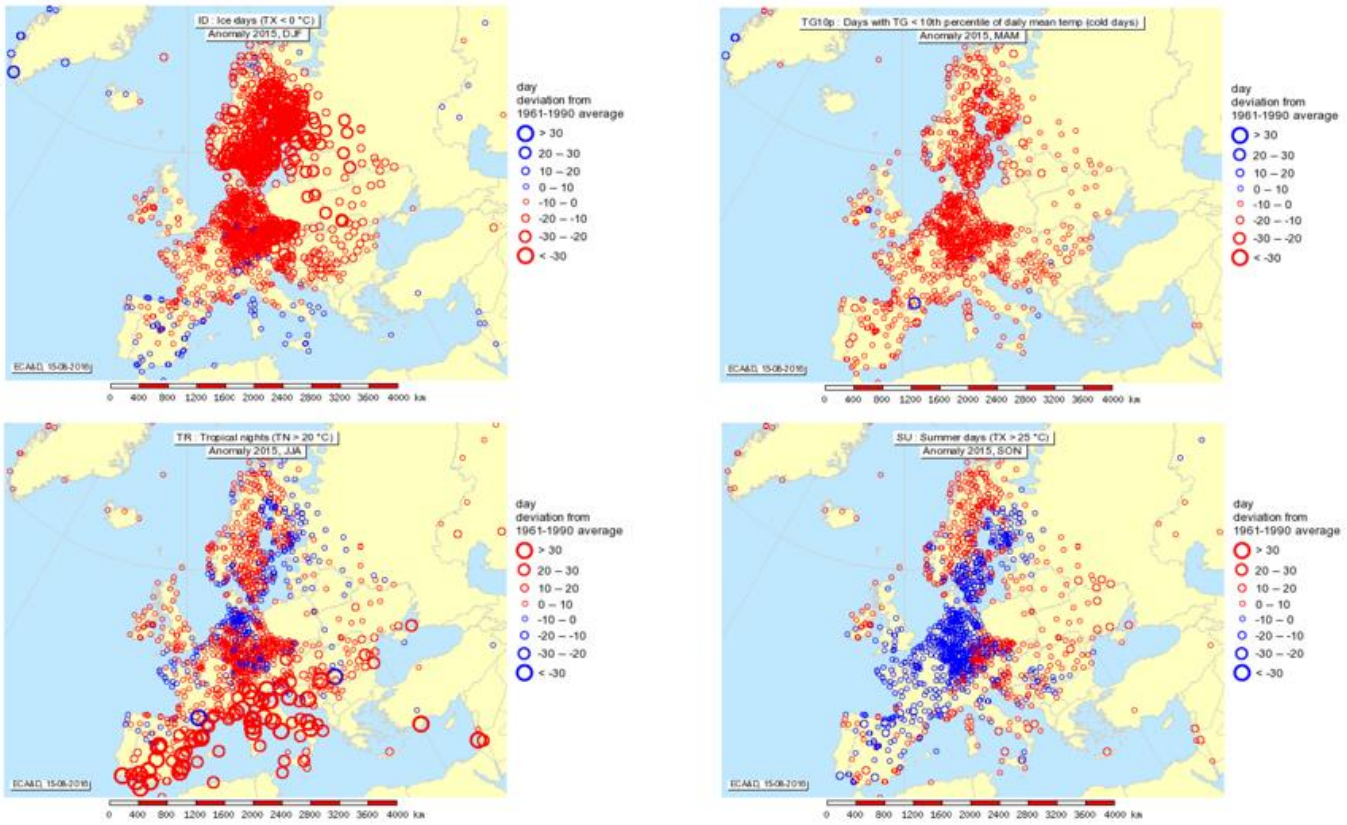


Abb. 12: Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Temperaturindizes nach ECA&D für Winter (links oben; ID (ice days) Eistage: Maximumtemperatur <0°C), Frühjahr (rechts oben; TG10p, Kalte Tage oder Tage mit Tagesmitteltemperatur unter dem 10 %-Perzentilwert), Sommer (links unten; TR Tropennächte: Minimumtemperatur >20°C) und Herbst (rechts unten; SU Sommertage Maximumtemperatur >25°C)

Niederschlagsindizes

Im **Winter 2014/2015** (Abb. 13, links oben) lag die 5-tägige Niederschlagssumme vielerorts über dem Durchschnitt. In Mitteleuropa, teilweise auch in Frankreich, Spanien, Polen, der Ukraine und dem nördlichen Teil Skandinaviens lagen diese 5-tägigen Summen unter den sonst üblichen Werten.

Zum **Frühjahr 2015** (Abb. 13, rechts oben) änderte sich das Bild nur unwesentlich. In den Alpen, auf dem Balkan und im westlichen Mittelmeerraum traten kräftigere Schauer auf mit 5-tägigen Niederschlagssummen die das Mittel um mehr als 120 mm überstiegen.

Der **Sommer 2015** (Abb. 13, links unten) wies vor allem in Mittel- und Osteuropa geringere 5-tägige Niederschlagssummen als im Mittel auf. In diesen Gebieten setzte sich das Niederschlagsdefizit vom Frühjahr fort. Die Hydrologischen Dienste dieser Länder berichteten von Dürren und geringen Flusspegeln, wodurch viele Fische verendeten.

Der **Herbst 2015** (Abb. 13, rechts unten) verzeichnete wieder etwas höhere Niederschlagsmaxima in Südfrankreich, den Alpen und auf dem Balkan. Die in Norddeutschland und Skandinavien teilweise auf kleinem Raum sich wechselnden Vorzeichen der Abweichungen lassen auf Schauer und gewittrige Niederschläge schließen.

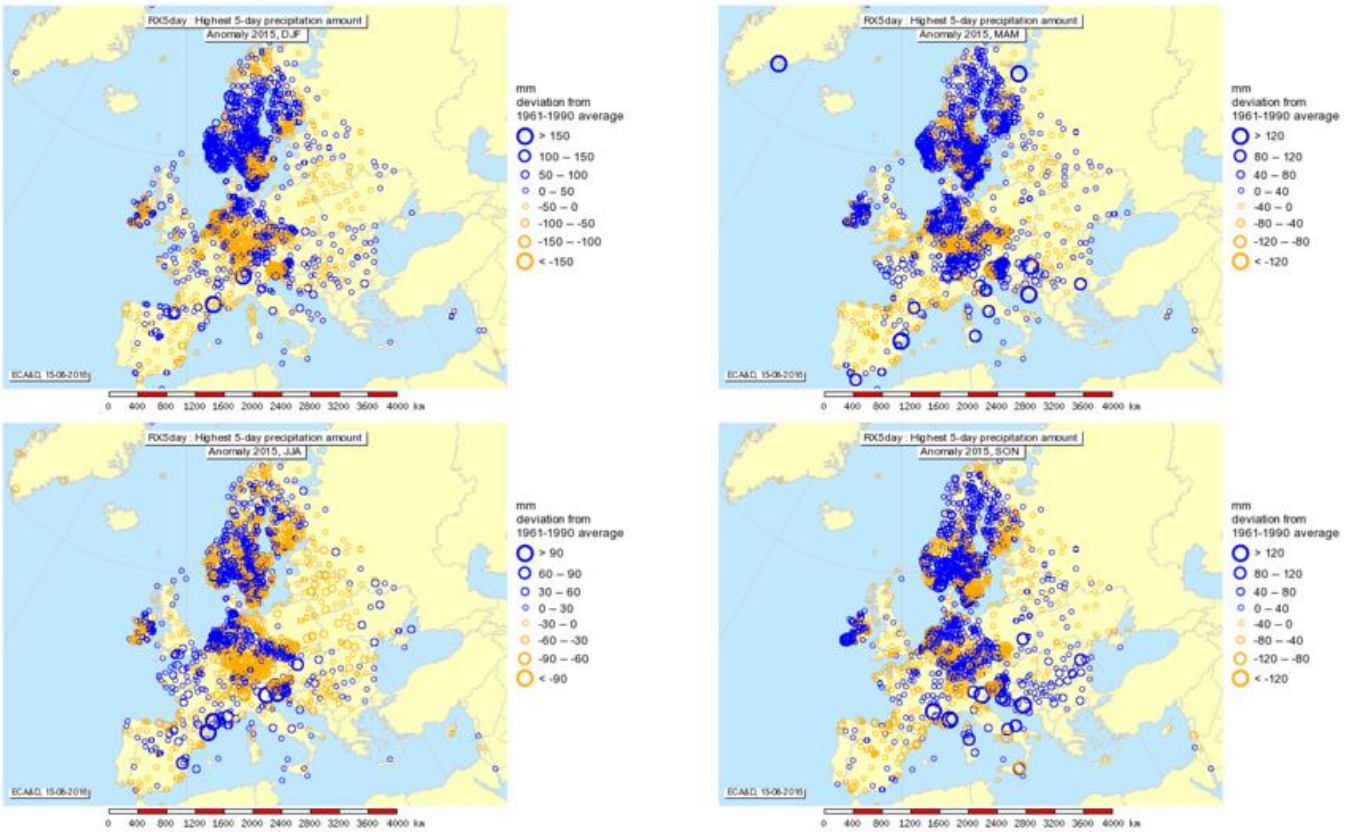


Abb. 13: Jahreszeitliche Anomalien des Maximums der 5-tägigen Niederschlagssumme (RX5day) nach ECA&D für Winter (links oben), Frühjahr (rechts oben), Sommer (links unten) und Herbst (rechts unten)

Besondere Ereignisse

In den Ereigniskarten für den **Winter 2014/2015** (Abb. 14, links oben) fallen besonders die Windspitzen über 32 m/s ins Auge (lila Punkte). An fast allen Küstenstationen trat zumindest einmal in diesen 3 Monaten eine Orkanböe auf. In vielen Teilen war die Anzahl sehr warmer Tage (Tagesmitteltemperatur über dem 90 %-Perzentil) und sehr nasser Tage (Tagessumme über dem 90 %-Perzentil) überdurchschnittlich. In Nordnorwegen, -schweden, Großbritannien, Griechenland und Bulgarien überstieg der aktuelle saisonale Niederschlag denjenigen des langjährigen Mittels um mehr als 50 %. In Teilen Schwedens, Finnlands, dem Baltikum und Nordrusslands lag das Jahreszeitenmittel der Temperatur +4°C über dem der Referenzperiode (1961-1990, siehe auch Abb. 3).

Das **Frühjahr 2015** (Abb. 14, rechts oben) war durch eine überdurchschnittliche Anzahl sehr nasser Tage in West- und Teilen Norosteuropas, in Skandinavien sowie den Alpen gekennzeichnet. Die Iberische Halbinsel, Südfrankreich und Rumänien waren dagegen sehr trocken mit einer überdurchschnittlichen Anzahl warmer Tage.

Der **Sommer 2015** (Abb. 14, links unten) war in Mittel- und Südeuropa von Hitzewellen geprägt, die sich in einer überdurchschnittlichen Anzahl sehr warmer Tage niederschlug. Begleitet wurde die Hitze von Gewittern mit heftigen Böen und Starkniederschlägen.

Wie alle Jahreszeiten in 2015, war auch der **Herbst 2015** (Abb. 14, rechts unten) wärmer als die Referenzperiode 1961-1990. An der Westküste Europas, von Frankreich bis Skandinavien, zeigten sich die Herbststürme durch Böen über 32 m/s. Auch der Mittelmeerraum war davon betroffen.

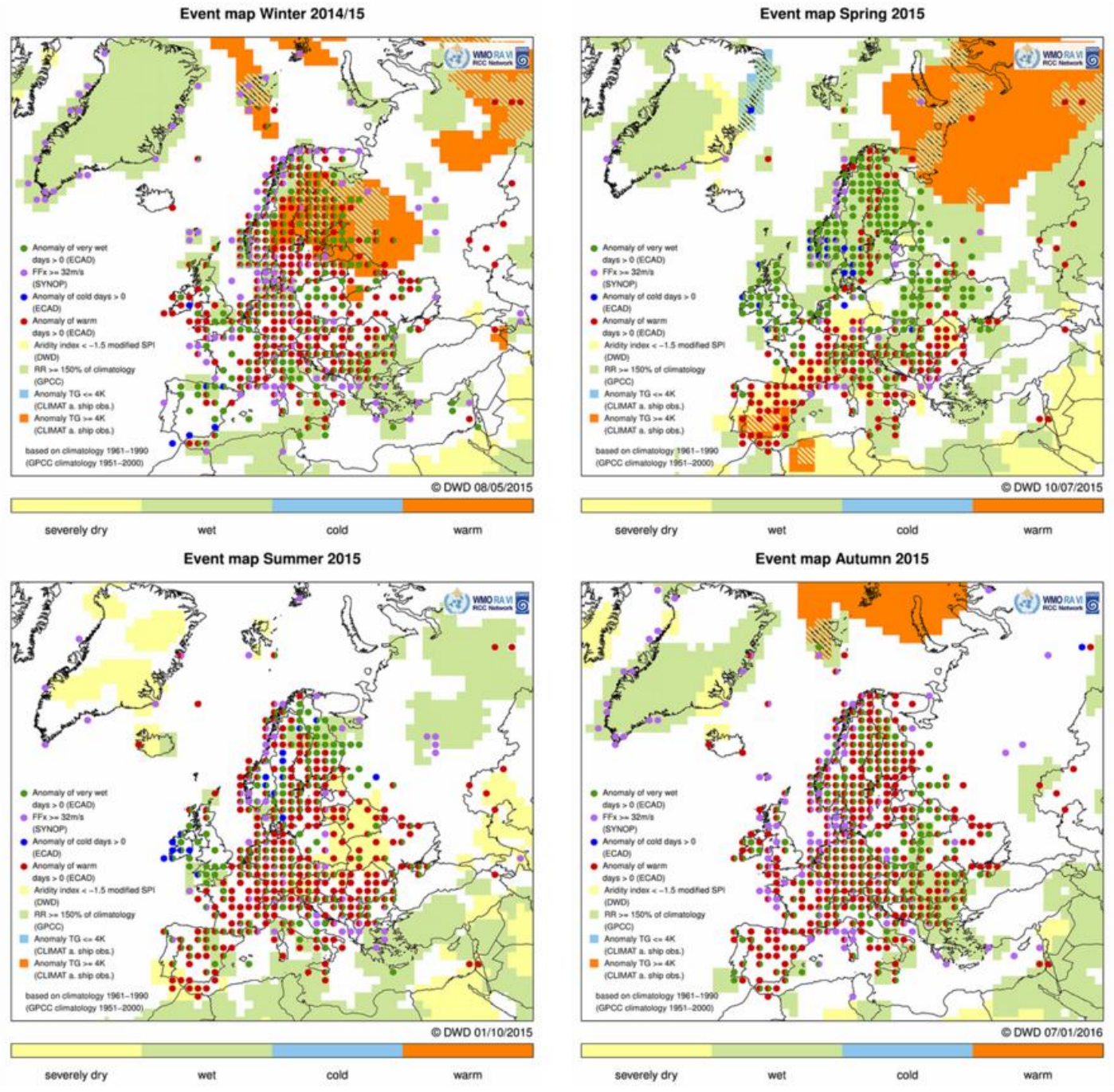


Abb. 14: Ereigniskarten für die Jahreszeiten Winter 2014/2015, Frühjahr 2015, Sommer 2015 und Herbst 2015

Legende zu Abb. 14:

- Anomalie sehr nasser Tage > 0 (ECAD)
- Anomalie sehr warmer Tage > 0 (ECAD)
- Windböen (>=32 m/s) (SYNOP)
- Anomalie sehr kalter Tage > 0 (ECAD)

Temperaturabweichungen der Monatsmittel von der Referenzperiode(CLIMAT und Schiffsbeobachtungen)

- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≤ -4 K
- Dürreindex < -1.5 modifizierter SPI (GPCC)
- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≥ 4 K
- Niederschlag ≥ 150 % der Klimatologie (GPCC)

Basierend auf der Referenzperiode 1961-1990 (GPCC Referenzperiode: 1951-2000)

Informationen der ESWD

Der **Winter 2014/2015** (Abb. 15, links oben) fällt durch viele Sturmereignisse auf, die an der Westküste Frankreichs, den Pyrenäen, Korsika und dem nördlichen Zentraleuropa von Gelegenheitsbeobachtern an die European Severe Weather Database (ESWD) berichtet wurden. Im östlichen Mittelmeer wurden Starkniederschläge und Tornados gemeldet.

Im **Frühjahr 2015** (Abb. 15, rechts oben) gingen Meldungen von Großhagel und Tornados aus dem Mittelmeerraum ein. Das nördliche Zentraleuropa und Osteuropa kennzeichnen Meldungen über Sturmereignisse.

Im **Sommer 2015** (Abb. 15, links unten) war in Mittel- und Südeuropa von Hitzewellen geprägt, die von Gewittern mit heftigen Böen und Starkniederschlägen begleitet wurden. Dort wurden auch etliche Tornados, vermutlich Wasserhosen, beobachtet.

Im **Herbst 2015** (Abb. 15, rechts unten) gehen die Meldungen deutlich zurück, doch ums Mittelmeer sind noch viele Starkniederschlagsereignisse und Tornados beobachtet worden. Im nördlichen Zentraleuropa wurden auch Spitzenböen beobachtet.

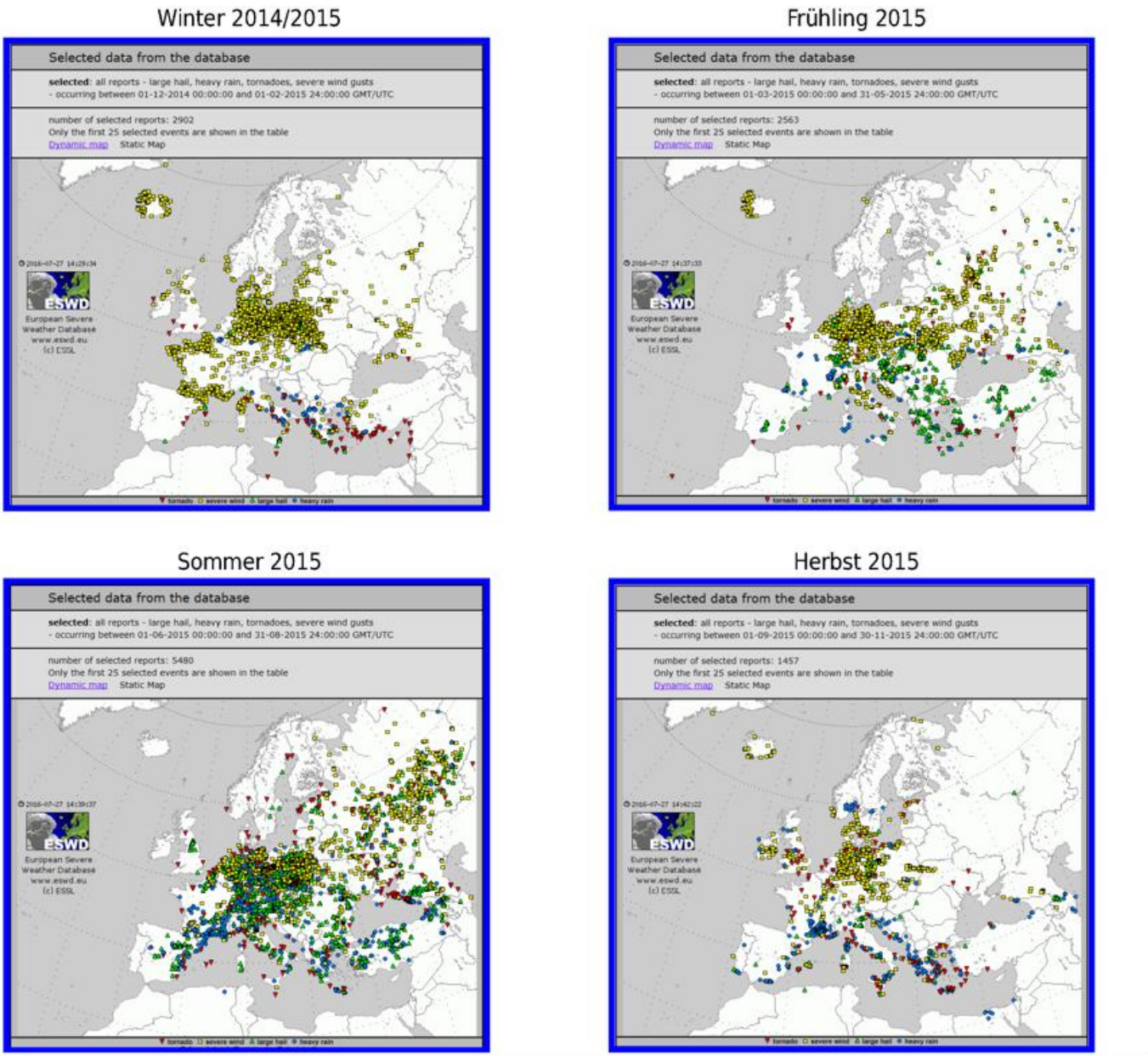


Abb. 15: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene Tornado, Sturm, Hagel und Starkregen für die Jahreszeiten Winter 2014/2015 (links oben), Frühling 2015 (rechts oben), Sommer 2015 (links unten) und Herbst 2015 (rechts unten)

Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten des Jahres 2015 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2015

Vom 9. bis 11. Januar 2015 überquerten 2 Orkantiefs, ELON/EGON und FELIX, Mittel- und Nordeuropa. In Lemvig in Dänemark kam es zu einer Sturmflut mit 1.95 m über Normal, wodurch der frühere Rekord von 1.81 m übertroffen wurde. Auf dem Brocken erreichte der Wind am 9. und 10. Januar 2015 Orkanstärke mit 43 m/s. Am 10. Januar kletterte an der bayerischen Station Piding das Thermometer auf einen neuen Rekordwert von 20.5°C im Warmsektor von FELIX. Die Orkantiefs wurden von Gewittern, Hagel, starkem Regen und Schneefall begleitet und beschädigten Tausende Gebäude. Die wetterbedingten Schäden beliefen sich laut Münchner Rückversicherung auf 500 Million €. In Norwegen erreichten an einigen Stationen die relativen Monatssummen des Niederschlags fast 300 % des Normalen. An der Station Eikemo wurde das Maximum mit 782.3 mm (279 %) gemessen.

Februar 2015

Vom 1. bis 16. Februar wurden Bulgarien und Griechenland von Unwettern und Überschwemmungen heimgesucht wodurch 14 Menschen starben und laut Münchner Rückversicherung ein Schaden von 660 Mio. Euro entstand. In Bulgarien wurde eine Fläche von 23.300 km² von den Fluten bedeckt. Am 1. Februar wurde der höchste Tagesniederschlag an der Station Kirkovo (Bulgarien) mit 210 mm gemessen. An der Station Derviziana in Griechenland summierte sich der Niederschlag vom 30. Januar bis 1. Februar auf 359 mm. Der Orkan OLE führte in Norwegen zu neuen Rekordwindgeschwindigkeiten mit mehr als 46 m/s im Bergland und Südnorwegen. Zum ersten Mal in der Geschichte wurden die Bewohner der Insel Givær in Bodø wegen einer Springflut evakuiert.

In der ersten Dekade verzeichnete Spanien eine Kältewelle mit Werten der Minimumtemperatur an der Station Molina de Aragón in Zentralspanien von -11,9°C am 8. Februar.

März 2015

Mehrere Stürme überquerten im März Europa. Sturm ANTON zog vom 4. bis 7. März über Großbritannien, Frankreich, Korsika, Italien und Kroatien und verursachte in Verbindung mit der Bora erhebliche Schäden. In Westschotland verursachte der Sturm zusammen mit der Schneeschmelze Überflutungen. Vom 22. bis 31. März führten Sturmtiefs ISEGRIM, MIKE und NIKLAS über Zentral- und Südosteuropa zu lokal Schäden und Überflutungen. An mehreren Standorten wurden neue Rekorde der Windgeschwindigkeit registriert. Der Wintersturm NIKLAS verursachte vom 30. März bis 1. April in den Niederlanden und Deutschland erhebliche Schäden, die die Münchner Rück auf etwa 1,400 Mio. Euro bezifferte. Dabei kamen auch 11 Personen ums Leben.

Vom 5. bis 7. März erlebte Bulgarien einen Schneesturm, der weite Landesteile traf. Die Spitzenböen schwankten von 24 m/s (in Burgas) bis 34 m/s (in Sliven). An der Station Momchilgrad wurde ein 48-stündiger Niederschlag von 238 mm gemessen.

April 2015

Der April zeichnete sich in West- und Mitteleuropa durch überdurchschnittliche Sonnenscheindauer aus. Großbritannien verzeichnete mit 143 % einen neuen allzeit Rekord seit Beginn der Messungen im Jahr 1929. Auch Deutschland wurde mit 224.6 Sonnenstunden bevorzugt, 72.3 Stunden oder +47.5 % mehr als im Referenzzeitraum 1961-1990. Die damit verbundenen niedrigeren Niederschläge führten von Rumänien bis Polen zu einer Dürre, die bis August andauerte. Die Pegelstände der Flüsse sanken, wodurch die Schifffahrt behindert wurde und viele Fische verendeten.

Mai 2015

In Vorbereitung auf den Sommer zeigte sich der Mai 2015 auf der Iberischen Halbinsel von seiner warmen Seite. Anfang Mai führte Warmluft von Afrika am 5. Mai zu einer Maximumtemperatur von 38.4°C an der Station Decimomannu auf Sardinien (Italien). Einige Tage später stiegen die Temperaturen in Spanien und Portugal über 40°C und erreichten am 14. das Maximum für den Mai mit 42.6°C am Flughafen von Valencia (Tags zuvor wurde derselbe Wert schon am Flughafen in Lanzarote gemessen). Für das Monatsmittel der Maximumtemperatur in Portugal ergab sich ein Wert von 25.5°C, +4.5 K über dem Normalen. Das war der höchste Mai-Wert für Portugal seit Beginn der Messungen im Jahre 1931.

Juni 2015

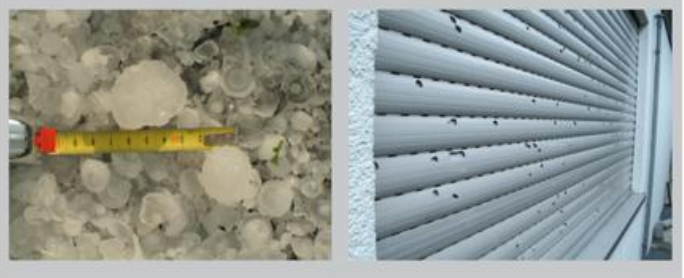
Fast den ganzen Sommer hindurch, von Juni–August, breitete sich eine Hitzewelle über Europa aus. Vor allem Südeuropa war davon betroffen aber auch nach Zentral- und Osteuropa drang sie ab und zu vor. Die Münchner Rück bezifferte den Schaden auf etwa 1,000 Mio. €.

Am 13. und 14. Juni führte ein heftiges Gewitter mit Starkregen in der Hauptstadt von Georgien, Tiflis (Tbilisi), zu Überschwemmungen und Erdrutschen in denen 12 Menschen ihr Leben verloren. Auch der Zoo war betroffen, in dem viele Tiere umkamen.

Juli 2015

Vom 4. bis 5. Juli zog ein Unwetter und Hagelsturm von

Belgien nach Deutschland mit 2 Toten und einem Schaden von etwa 400 Mio. Euro. Die Hagelschäden in Nordrhein-Westfalen erstreckten sich von Euskirchen über Bonn, Sankt Augustin, Olpe bis Lennestadt sowie im Landkreis Siegen-Wittgenstein. Mit 40.3°C wurde am 5. Juli an der Station Kitzingen ein neuer deutscher Temperatur-Allzeitrekord eingestellt (bisheriger Rekord vom 27. Juli 1983 mit 40.2°C). Am 8. Juli erlebte Österreich schwere Gewitter- und Hagelstürme mit Böen von 39 m/s in Innsbruck. Gemäß den regionalen Versicherungen war es das schlimmste Ereignis der letzten 150 Jahre mit 11 Toten und etwa 150 Mio. Euro Schaden. Es war der heißeste Juli seit Aufzeichnungsbeginn in Österreich, Spanien und der Schweiz. Auch die globale Temperatur erreichte im Juli einen neuen Rekord.



Hagel vom 5. Juli in Hennef/Sieg Kreis Siegburg (Quelle: Hermann Mächel)

August 2015

Wegen der anhaltenden Hitze verzeichnete man in diesem Sommer in Österreich 470 Feuer. In Deutschland war dies nach 2003 der zweitwärmste August und am 7. des Monats wurde der im Vormonat aufgestellte Rekord mit 40.3°C wieder in Kitzingen erreicht. Auch Ungarn litt unter der Hitze, in Budapest wurde in den Monaten Juli und August ein neuer Rekord mit 34 Tropennächten aufgestellt.

September 2015

Nach der großen Hitze stellen sich die Gewitter ein. Im Gebiet um Neapel (Italien) kam es am 5. September zu heftigen Gewittern und Hagel mit einem Durchmesser von bis zu 11.5 cm und einem Gewicht von 350 g, die hauptsächlich über dem Meer beobachtet wurden. Dabei kamen mehrere Menschen und Tiere ums Leben.

Der Südosten Frankreichs wurde gleich von mehreren Starkregengebieten getroffen. Am 12. September wurden an der Station Lodeve 200 mm Regen in 6 Stunden gemessen (358 mm in 24 Stunden). Der Sturm bewegte sich weiter über die Provence, Korsika bis nach Italien. Das nächste Starkregengebiet brachte am 13. September an der Station Grospierres eine Regenmenge von 242 mm in 6 Stunden und 246.5 mm in 12 Stunden.

Auch in Israel wurde ein neuer Rekord aufgestellt. Am 9. September wurde in Sedom mit 36.5°C die bisher höchste Minimumtemperatur gemessen.

Oktober 2015

Am 30. September zog ein Tiefdruckgebiet von den Balearen nach Sardinien und erreichte am 1. Oktober Korsika. Der 24-stündige Niederschlag an der Station Cape Pertusato (Südkorsika) verzeichnete mit 134.2 mm einen neuen Rekord. An mehreren Stationen wurden sogar mehr als 300 mm gemessen und am Cape Corsica Böen von über 43 m/s. Schon am 3. Oktober zog wieder ein Sturmtief vom Golf von Lyon über die Französische Riviera nach Italien. In Cannes wurden heftige Niederschläge mit bis zu 109 mm/h gemessen gefolgt von 68 mm/h (bzw. 195.5 mm/Tag) und 74 mm/h in Nizza. Dies führte zu schweren Überflutungen und Sturzfluten in diesen Städten, wodurch erhebliche Schäden verursacht wurden und es 20 Personen das Leben kostete. Die Schäden bezifferte die Münchner Rück auf etwa 900 Mio. Euro. Auch in Italien, Kroatien, Griechenland und der Türkei führten heftige Gewitter mit Starkregen und Tornados zu erheblichen Schäden.

November 2015

Zwei Orkane überquerten Dänemark. Der vom 7. bis 8. November hieß FREJA mit Windspitzen von bis zu 34.6 m/s. Der zweite Orkan hieß NILS (im dänischen Sprachgebrauch aber GORM) und erreichte in Dänemark am 29. November Böen von 45.9 m/s. West- und Zentraleuropa wurde vom 17. bis 18. November vom Orkan HEINI heimgesucht mit Böen von über 48 m/s (am 18. auf dem Brocken 47.3 m/s, und auf der Schneekoppe (Sniezka, Polen) sogar über 50 m/s) mit erheblichen Schäden an Bäumen und Häusern. Diese Orkane waren auch mit Starkregen verbunden, so dass an der Station St.-Blasien-Menzenschwand im 48-stündigen Zeitraum (vom 19. bis 21. November 7 Uhr) 185.7 mm/48h gemessen wurden.

Dezember 2015

Vom 4. bis 6. Dezember überquerte Sturmtief DESMOND (im englischen Sprachgebrauch) die Britischen Inseln mit ergiebigen Niederschlägen, vor allem im Norden der Insel und damit verbundenen Überschwemmungen. Die weiteren Sturmtiefs (z. B. EVA und FRANK) die Großbritannien überquerten führten dazu, das dieser Dezember der nasseste in den Aufzeichnungen des Königreichs wurde mit 191 % des langjährigen Mittels. Mancherorts fielen sogar das 2- bis 4-fache des Üblichen. An der Station Honister Pass (Cumbria) wurden am 5. ein neuer Landesweiter 24-Stunden Rekord von 341.4 mm gemessen. Gleichzeitig war dies auch der wärmste Dezember in Großbritannien seit 1910 (aber auch seit 1659). Die durch die Orkantiefs NILS und OSKAR von 29. November bis 1. Dezember im Großbritannien und Irland entstandenen Schäden zusammen mit denjenigen der Überschwemmungen wurden von der Münchner Rückversicherung auf etwa 3,000 Mio. Euro geschätzt.

Quellen und Referenzen

Allgemein:

Annual Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html)

Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71-99, doi:10.5194/essd-5-71-2013.

Brugge, R. (2015): World Weather News 2015; University of Reading, UK; http://www.met.reading.ac.uk/~brugge/world2015.html (Accessed 23.08.2016))

Dartmouth Flood Observatory (http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html)

Deutsche Rückversicherung 2016: Sturmdokumentation 2015 Deutschland. (http://www.deutscherueck.de/fileadmin/user_upload/Sturmdoku_2015_WEB.pdf)

European Severe Weather Database ESWD (http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi)

European Climate Assessment & Dataset ECA&D (http://www.ecad.eu/)

Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201“

KNMI/DWD: 2015: joint warmest year on record in Europe http://cib-dev.knmi.nl/mediawiki/index.php/2014_warmest_year_on_record_in_Europe (Accessed 23.08.2016)

Mekonnen, A., J. A. Renwick, and A. Sánchez-Lugo, Eds., 2016: Europe and the Middle East [in “State of the Climate in 2015”]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 97 (8), S197–S209.

Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html)

Monthly Event Calendars, (http://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm_int_sse.html)

Münchener Rückversicherungs 2016: TOPICS GEO Jahresrückblick 2015. (https://www.munichre.com/de/reinsurance/magazine/topics-online/2016/topicsgeo2015/, accessed 23.08.2016)

NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2015, published online January 2016, retrieved on August 23, 2016 from http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513.

Satellite Application Facility on Climate Monitoring CM SAF (http://www.cmsaf.eu)

Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) (http://gpcc.dwd.de)

WMO, 2016, WMO statement on the status of the global climate in 2015, WMO-No. 1167

Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

Deutschland: Stürme ELON und FELIX in Deutschland vom 9. bis 11. Januar 2015 (11.09.2016)

Deutschland: Orkantief NIKLAS wütet am 31. März 2015 über Deutschland

Europa: Sturm, Starkniederschläge Zentraler Mittelmeerraum 04.-06.03.2015 (11.09.2016)

Europa: Sturmtiefserie „Mike“ und „Niklas“ Mitteleuropa 29.03.-31.03.2015 (11.09.2016)

United Kingdom: The weather in March 2015 (11.09.2016)

Norwegen: Så voldsom var «Ole» http://www.yr.no/artikkel/ekstremvaeret-satte-nye-vindrekorder-1.12196234 (11.09.2016)

Spanien: Resumenen de febrero de 2015 (11.09.2016)

Das Klima 2015 im globalen Maßstab

L. Kühl, C. Lefebvre, A. Becker

Das Jahr 2015 war das wärmste Jahr seit dem Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen am Ende des 19. Jahrhunderts. Es stand unter dem Einfluss eines starken El Niño Ereignisses und war regional von dessen typischen Extremereignissen wie Hitzewellen, Überflutungen durch Starkregen und Dürren geprägt.

El Niño-Ereignis

Eine El Niño-Phase ist die Warmphase der El Niño–Southern Oscillation (ENSO), einem gekoppelten Zirkulationssystem von Ozean und Atmosphäre im Bereich des tropischen Pazifiks. Eine La Niña-Phase die Kaltphase. Während eines El Niño Ereignisses ist die Oberflächentemperatur im tropischen Ostpazifik erhöht. Dies führt zu einer Abschwächung des Humboldtstroms, einer kalten Meeresströmung vor der Küste Amerikas, und der Passatwinde (teilweise bis zu deren Umkehr). Der El Niño 2015/16 setzte im Frühling 2015 ein. Im November erreichte die mittlere Wasseroberflächentemperatur über dem zentralen Äquatorialpazifik (Niño3.4-Region) mit einer Abweichung von 2,95°C zum Mittel des Vergleichszeitraums 1981-2010 die höchste Anomalie dieses Ereignisses. Es gab weltweite Auswirkungen auf das Klima. Charakteristische Folgen waren u.a. die Trockenheit in Südostasien, im Nordosten und Süden Afrikas, im Osten von Kanada und den USA, in Mittelamerika und Nordbrasilien, sowie extreme Niederschläge an der peruanischen Pazifikküste, in Argentinien und im Süden der USA. Zudem wirkt sich eine El Niño-Phase in einer Erhöhung der Globaltemperatur aus (vgl. Abb. 1).

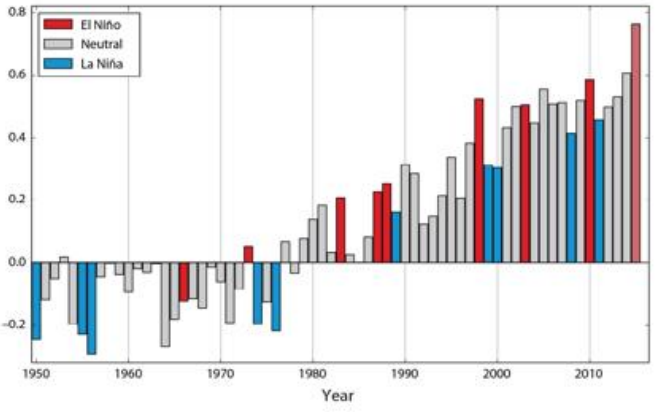


Abb. 1: Anomalien der Jahreswerte der Globaltemperatur als Mittel der 3 globalen Datensätze HadCRUT, NOAAGlobal-Temp, GISTEMP (Referenzzeitraum 1961-1990) als Balken. Durch El Niño beeinflusst: rot, La Niña: blau, ohne starken Einfluss (neutral): grau

Temperatur

Im Jahr 2015 führte der El Niño dazu, dass dieses Jahr noch wärmer ausfiel als das bisher wärmste Jahr 2014.

Nach Angaben der WMO (WMO, 2016) lag die Jahresmitteltemperatur um 0,76 ± 0,09 K über dem Mittel des internationalen Referenzeitraums 1961-1990. Diese Ergebnisse beruhen auf den Temperaturdatensätzen des UK Met Office Hadley Centre und der Climate Research Unit der University of East Anglia (HadCRUT), des National Center for Environmental Information der NOAA (NOAAGlobal-Temp) und des Goddard Institute for Space Studies der NASA (GISTEMP). Die Temperatur über Land war ähnlich hoch wie in den Jahren 2005, 2007 und 2010. Die Wasseroberflächentemperatur lag auf dem Rekordniveau von 2014, wozu insbesondere die überdurchschnittliche Wärme des zentralen und östlichen Äquatorialpazifiks und des Nordostpazifiks beitrugen, aber gebietsweise auch die des Indischen Ozeans und des Atlantiks. Nach Auswertungen der NOAA waren sowohl der Winter 2014/2015 als auch der Sommer die jeweils wärmsten der Zeitreihen seit 1880.

Abb. 2 zeigt die globale Verteilung der Temperaturanomalien des Jahres 2015. Für die europäischen Länder Estland, Finnland und Spanien war 2015 ein Rekordjahr, während es für die Länder Deutschland, Frankreich, Slowenien, Moldawien, Ungarn und Serbien zu den Top 3 gehörte. Zwischen Mai und September traten in Europa immer wieder Hitzewellen auf. An einigen Stationen wurden neue Temperaturrekorde gemessen, wie auch in Deutschland. Die Monate November und Dezember waren außergewöhnlich warm und brachten neue Rekordwerte für die einzelnen Monate. Den wärmsten Dezember seit Beginn der Messungen erlebten u.a. Deutschland, Frankreich, Großbritannien und die Niederlande. Auch für die Russische Föderation und China war 2015 das bisher wärmste Jahr.

In Nordamerika waren es mehrheitlich die westlichen Regionen, in denen es besonders warm war. Für die USA war 2015 das zweitwärmste Jahr, für 4 Bundesstaaten sogar das wärmste seit Beginn der Zeitreihe 1895. Auch hier traten im Monat Dezember Rekordtemperaturen auf, und zwar in 29 Bundesstaaten. Auch ein Großteil von Südamerika war wärmer als das Mittel, und zwar um bis zu 2 K. Die höchsten Werte traten in Teilen Venezuelas und Kolumbiens, an der Karibikküste, in Nordchile und im Südosten Brasiliens auf. In Argentinien wurde der kälteste Oktober verzeichnet, dennoch geht das Jahr als zweitwärmstes in die Geschichte ein.

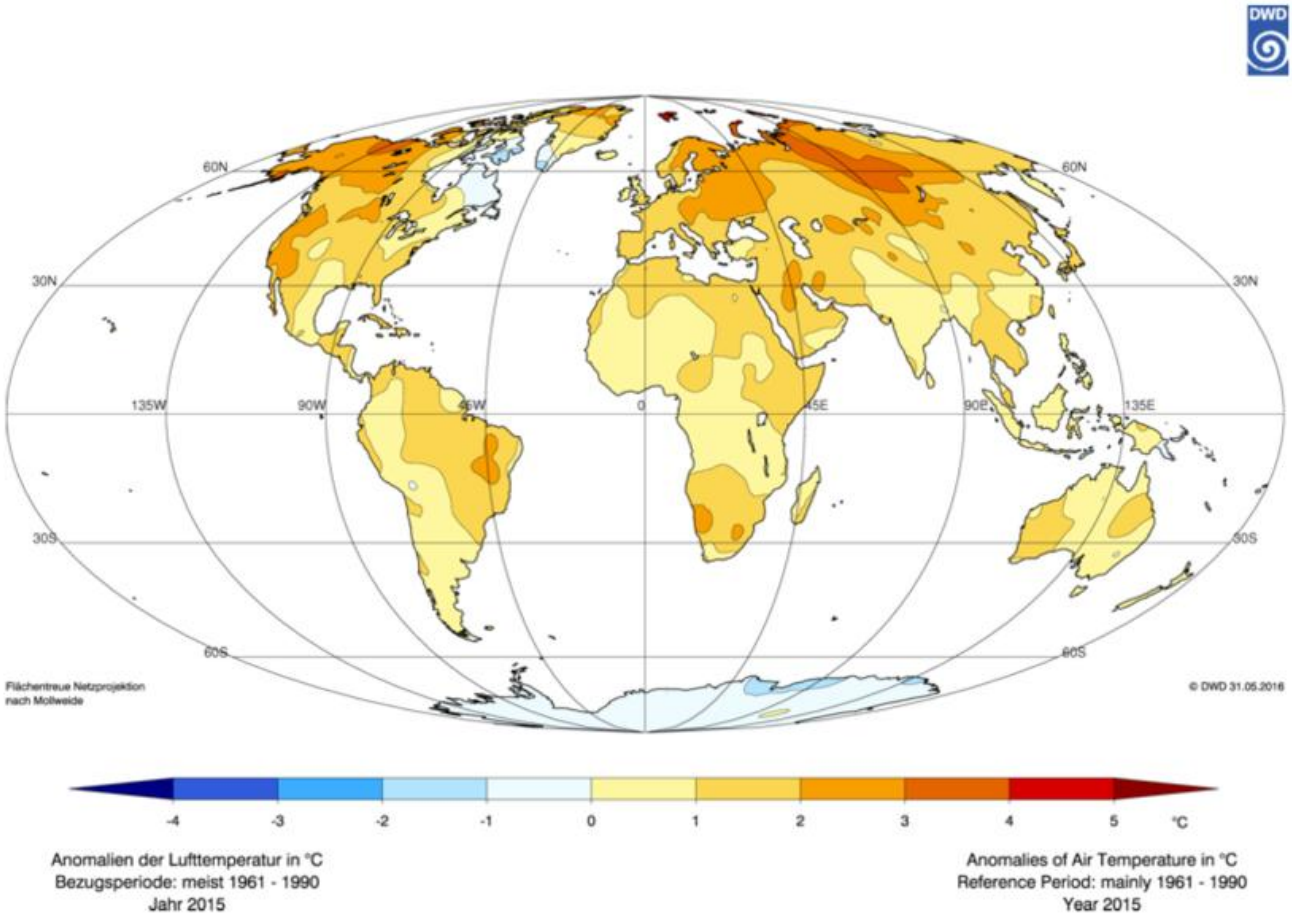


Abb. 2: Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 2015 vom Mittel des Zeitraums 1961-1990 (Quelle: DWD)

In Afrika traf die Hitze besonders den Süden. In der Republik Südafrika wurden örtlich mehrere Rekorde aufgestellt, außerdem wurde mit 48,4°C am 27. Oktober in Vredendal ein neuer landesweiter Rekord erreicht. Neben Südafrika war es auch im Norden des Kontinents überdurchschnittlich warm, vor allem in Marokko und Ägypten in den Monaten Mai und Juli, was auch zu einer 50 %igen Reduktion des Ernteertrags von Zitrusfrüchten führte.

Indien und Pakistan wurde in der Vormonsunzeit von heftigen Hitzewellen heimgesucht, bei denen Tausende Menschen ums Leben kamen. Im Mai und Juni wurden dort Temperaturen von deutlich über 40°C gemessen. Neben Indien und Pakistan waren auf dem asiatischen Kontinent auch Russland, der Iran und Hongkong von der Hitze betroffen.

Australien verzeichnete den bisher wärmsten Oktober, der durch eine Hitzewelle zu Monatsbeginn zahlreiche neue Temperaturrekorde brachte. Die Abweichungen zum vieljährigen Mittel waren die höchsten, die je in einem Monat verzeichnet wurden.

Niederschlag

Das Niederschlagsaufkommen wurde 2015 deutlich durch das El Niño-Ereignis beeinflusst. Einen Überblick über die Niederschläge als Perzentile des Mittels 1951-2000 zeigt die Abb. 3.

Zu den Regionen mit außergewöhnlich viel Niederschlag gehören südliche Teile der USA, Mexiko, Peru, Nordchile, Paraguay, Südbrasilien, Nordargentinien, Nord- und Südosteuropa, Teile von Zentralasien, Südostchina, Teile von Pakistan und Afghanistan. Zu den durch Trockenheit gekennzeichneten Regionen zählen Mittelamerika, der Nordosten Südamerikas, Teile von Zentral- und Südeuropa, Teile von Südostasien, Indonesien und dem südlichen Afrika. Die gemessenen Abweichungen in den El Niño sensitiven Regionen entsprachen größtenteils den Erwartungen an ein starkes El Niño Ereignis. Lediglich die eher zu geringen negativen Abweichungen in Ostafrika weisen darauf hin, dass kein El Niño Ereignis in seinen Auswirkungen auf das Niederschlagsverhalten exakt dem Anderen gleicht. Für Europa hat das El Niño Ereignis keine Rolle gespielt, obwohl es auch dort zu Abweichungen von den mittleren Verhältnissen gekommen ist.

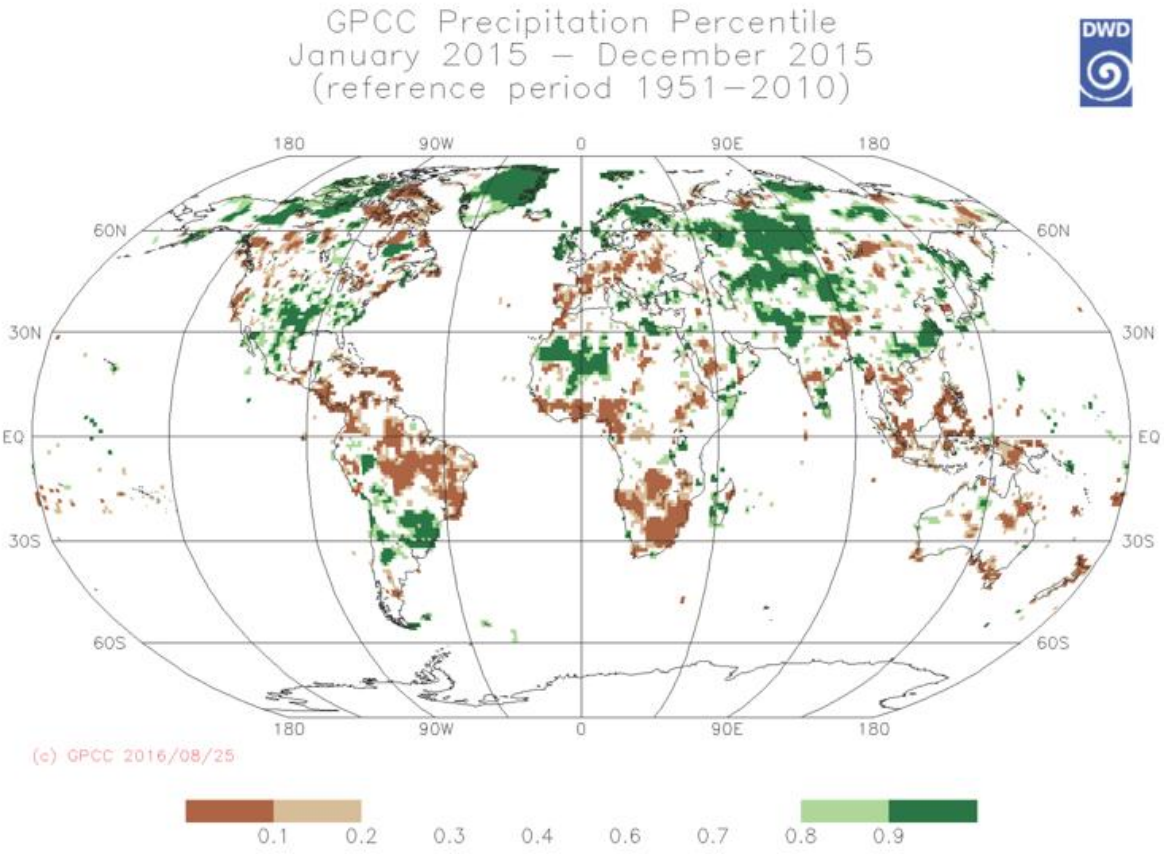


Abb. 3: Perzentile der Niederschlagshöhe für das Jahr 2015 vom Mittel des Zeitraums 1951-2000. Die 10, 20, 80 und 90 Perzentile sind farblich hervorgehoben (Quelle: Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie, DWD))

So verzeichnete die schwedische Stadt Pitea mit 134,6 mm den niederschlagsreichsten Januar seit 1860, auch der Mai war in Schweden und den anderen skandinavischen Ländern sehr nass, so wurden mancherorts 100- oder 200-jährige monatliche Höchstwerte erreicht. In Montpellier (Frankreich) wurden im August 108,1 mm innerhalb einer Stunde gemessen, was einen örtlichen Rekord bedeutete. Von Starkregen und Überflutungen waren auch Zypern, Albanien, Bosnien, Mazedonien, Griechenland und Bulgarien betroffen. In Cumbria wurde mit 341,4 mm innerhalb von 24 Stunden ein neuer britischer Rekord aufgestellt. Neben den Starkregenereignissen gab es in Europa auch ungewöhnliche Trockenheit. Die Slowakei verzeichnete den trockensten Sommer seit 1872. Der Dezember war insbesondere in Österreich und Ungarn sehr trocken.

Sehr trocken war es im Westen der USA. Zahlreiche Waldbrände breiteten sich im August über dem Nordwesten aus. In Alaska wurden im Mai 400 Feuer gezählt, welche insgesamt 728 000 Hektar vernichteten, was einen Rekord darstellt. In den anschließenden Sommermonaten folgten weiterhin mehrere Hundert Feuer. Der Mai war extrem nass (insbesondere in Colorado, Oklahoma und Texas) und ging als niederschlagsreichster Monat der Vereinigten Staaten in den letzten 121 Jahren in die Geschichte ein. Im Oktober wurde durch den Hurrikan JOAQUIN tagelanger Starkregen in North und South Carolina ausgelöst. Den Überflutungen fielen 16 Menschen zum Opfer. Der Dezember war gleichzeitig der wärmste und regenreichste der Geschichte. Mexiko verzeichnete den niederschlagsreichsten März seit Aufzeichnungsbeginn 1941. In Südamerika begann das Jahr sehr trocken, vor allem in Brasilien, was für El Niño-Jahre typisch ist. Auch in Kolumbien, Bolivien und Venezuela blieb der Regen größtenteils aus, was zu schweren Ernteverlusten führte. Der Januar war auch in Chile trockener als im Mittel, teilweise sogar niederschlagsfrei. Argentinien erlebte den regenreichsten Februar. In Cordoba wurde mit 385 mm der Rekord von 1899 (266 mm) gebrochen. Im März fiel sogar ungewöhnlich viel Regen in der Atacama-Wüste. Starkregen und Überflutungen traten gegen Ende des Jahres insbesondere in Paraguay, Südbrasilien und Nordargentinien auf und hinterließen große Schäden an Häusern und Infrastruktur.

In Nordafrika begann das Jahr ungewöhnlich nass. In Alhoceima (Marokko) fielen im Februar 206 mm, wobei der Monatsdurchschnitt bei 36 mm liegt. Im September hingegen hatte Marokko mit Trockenheit zu kämpfen. Anders sah es in Libyen aus, wo es im September zahlreiche Überflutungen gab. Der Monsun brachte Westafrika viel

Regen, zum Teil mehr als 100 mm pro Tag, in Burkina Faso waren 21 000 Menschen von Überschwemmungen betroffen. Überflutungen und Tagesniederschlagsrekorde gab es zudem im Frühling und November in Tansania und im Januar in Malawi, Mosambik und Simbabwe. Südafrika durchlebte das trockenste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen.

Indien verzeichnete nach 2014 auch 2015 Niederschlagsdefizite. Der Sommermonsun brachte zwischen Juni und September nur 86 % des vieljährigen Mittels, was zu Wassermangel und Ernteverlusten führte. Jedoch forderten in dieser Zeit Starkregenereignisse über 200 Menschenleben. Von Extremereignissen war auch der Sommermonsun in Pakistan geprägt, wo in der ersten Hälfte 90 % des gewöhnlichen Niederschlags fielen. In Mianwali fielen am 2. und 3. August in 36 Stunden 340 mm Regen. Das Monatsmittel beträgt 116 mm. In China waren 75 Mio. Menschen von Überschwemmungen zwischen Mai und September betroffen, die Schäden von 25 Mrd. US$ verursachten. Den Sommer über kam es im Norden und Nordwesten des Landes jedoch auch zu Dürren und damit zu Ernteeinbußen von Mais und Kartoffeln. In Indonesien ließ Trockenheit die auf Brandrodung zurückzuführenden Feuer außer Kontrolle geraten, wodurch es zu einer hohen Luftverschmutzung kam, die Atemwegserkrankungen auslöste. In Australien trug der El Niño zu Niederschlagsdefiziten im Südosten des Kontinents bei.

Nach Untersuchungen des Global Snow Lab der Rutgers Universität lag die Schneebedeckung auf der Nordhemisphäre im Frühling bei 28,5 Millionen km², was den achtniedrigsten Wert seit Beginn der Messungen darstellt. Die USA hatten die viertgeringste Schneebedeckung, obwohl der Nordosten teilweise (Massachusetts, Boston und Worcester) sogar den schneereichsten Februar und Winter überhaupt verzeichnete.

Meereis

Der arktische Eisschild erreicht normalerweise sein Maximum im März und sein Minimum im September. Im Jahr 2015 wurde das Maximum bereits am 25. Februar erreicht, als mit 14,54 Mio. km² die geringste maximale Ausdehnung des Eises seit Beginn der Satellitenbeobachtungen im Jahr 1979 beobachtet wurde. Dieser Wert liegt um 1,1 Mio. km² unter dem Mittel von 1981-2010 und um 0,13 Mio. km² unter dem bisherigen Rekord aus dem Jahr 2011. Das Minimum des Meereises wurde am 11. September verzeichnet und betrug 4,41 Mio. km², das dem viertniedrigsten Minimum entspricht.

Tropische Wirbelstürme

Die Verteilung der tropischen Wirbelstürme wurde ebenfalls vom El Niño beeinflusst. 2015 entwickelten sich weltweit 91 tropische Wirbelstürme (Windgeschwindigkeiten ab 63 km/h) und damit etwas mehr als im Mittel von 1981-2010 (85 Stürme). 11 dieser Stürme waren im Nordatlantik aktiv, davon entwickelten sich 4 zu einem Hurrikan (Windgeschwindigkeiten ab 118 km/h), 2 davon zu einem „Major Hurrikan" (Windgeschwindigkeiten ab 178 km/h, ab Kategorie 3 der Saffir-Simpson-Skala). Diese Anzahl lag leicht unter dem vieljährigen Mittel, was für eine El Niño-Phase typisch ist.

Im Nordostpazifik war die Hurrikan-Aktivität dagegen verstärkt. Insgesamt traten 18 Stürme auf, wovon sich13 zu einem Hurrikan verstärkten, im Vergleich zu 15 und 9 im vieljährigen Mittel. Ende August traten für 12 Stunden gleichzeitig 3 Hurrikane mit der Kategorie 4 (Saffir-Simpson-Skala) auf, was in einem Seegebiet zuvor noch nie beobachtet wurde. Der stärkste Hurrikan war PATRICIA mit einer Maximalgeschwindigkeit von 346 km/h. Er ging am 24. Oktober als Kategorie-5-Hurrikan mit 241 km/h in Mexiko an Land, glücklicherweise in einer Region, die nur spärlich besiedelt war. Im Nordwestpazifik gab es 27 Tropenstürme, von denen sich 18 zu einem Taifun intensivierten. Auch diese Anzahl überschritt den Mittelwert. Mit 11 Tropenstürmen traten im Südwestpazifik beinahe doppelt so viele auf wie im Mittel. Der Taifun PAM zerstörte im März 2015 einen großen Teil der Infrastruktur von Vanuatu, als er als Kategorie-5-Zyklone zunächst östlich vorbei und dann über die südlichen Inseln des Staates hinweg zog. Auf seiner weiteren Zugbahn waren auch die Inseln Tuvalu, Kiribati und die Salomon Inseln betroffen.

Im Indischen Ozean kam es zur Entwicklung von insgesamt 14 Wirbelstürmen, was in etwa dem jährlichen Durchschnitt entspricht. Hervorzuheben sind hier die Stürme KOMEN und CHAPALA. Ersterer entwickelte sich über dem Golf von Bengalen und zog dann in Richtung Bangladesch, wo er in Kombination mit dem Monsun für starke Überschwemmungen sorgte. CHAPALA war der erste tropische Wirbelsturm seit Beginn der Satellitenbeobachtungen, der mit Hurrikanstärke auf den Jemen traf.

Im Australischen Becken traten 7 Stürme auf gegenüber 10 im vieljährigen Mittel. Einer davon war MARCIA, die als Kategorie-5-Zyklone die stärkste war, die seit 1979 hier beobachtet wurde.

Quellen und weitere Informationen:

WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015: WMO-No.1167, WMO Geneva 2016

Die folgenden Berichte sind im Internetauftritt des DWD unter dem Link http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/besondereereignisse.html verfügbar:

Friedrich K, Imbery F, Haeseler S, Rösner S, 2016: Neuer Rekord der globalen Temperatur 2015 - Klimatologische Einschätzung global und national

Haeseler S, 2015: Kälte im Februar 2015 im Osten der USA

Haeseler S, 2015: Winter 2014/2015: global wärmster Winter mit extremer Kälte im Osten Nordamerikas

Haeseler S, 2015: Hitzewelle in Indien im Mai 2015

Haeseler S, 2015: Globaler Rückblick – Sommer 2015

Haeseler S, Ziese M, 2015: El Niño 2015/16 und seine klimatischen Folgen im Vergleich zu 1982/83 und 1997/98

Haeseler S, 2015: Die beiden schweren tropischen Wirbelstürme LAM und MARCIA treffen am 19./20. Februar 2015 auf die Küsten Australiens

Haeseler S, 2015: Taifun NOUL streift am 10. Mai 2015 mit extremer Intensität den Nordosten der Philippinen

Haeseler S, 2015: Hurrikan PATRICIA trifft im Oktober 2015 mit einer Stärke der Kategorie 5 auf die Pazifikküste Mexikos

Haeseler S, 2015: Zyklon CHAPALA trifft am 03.11.2015 mit Orkanstärke auf die Küste von Jemen

Lefebvre C, 2015: 13. März 2015 – Tropischer Wirbelsturm PAM verwüstet Vanuatu

Wittlich K-P, Ziese M, Becker A, 2015: Selbst am Ende der Regenzeit: Keine Entspannung für Dürreperiode in Kalifornien

Ziese M, Schneider U, Becker A, 2015: Hochwasserschäden durch beginnenden El Niño an Pazifikküste Südamerikas

Ziese M, Meyer-Christoffer A, 2015: Zerstörungen durch Unwetter im Raum Nizza und Cannes (Frankreich) – keine Fortsetzung der bisherigen Unwetterlage

Ziese M, Becker A, Fröhlich, K, 2015: El Niño 2015 – Erste Erkenntnisse und Ausblick

Ziese M, Becker A, 2015: Niederschlagsdefizit und Dürre verschärfen sich in Südost-Brasilien trotz der Februar-Niederschläge.

Langzeitliche Klimaänderungen in Frankfurt/Main

A. Hoy

Zusammenfassung: Die langjährigen Klimabeobachtungen für Frankfurt/Main stellen nicht nur regional im mitteldeutschen, sondern auch großräumig im deutsch-europäischen Kontext ein sehr wertvolles Datenmaterial zur Bewertung klimatischer Veränderungen dar. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit Veränderungen von Temperatur und Niederschlag seit 1870, für die Temperatur z.T. sogar seit 1758. Er beinhaltet eine ausführliche Diskussion des Datenmaterials und seiner Verwendbarkeit. Aus den anschließenden klimatologischen Auswertungen erschließt sich eine – im Kontext der vergangenen fast 260 Jahre – beispiellose Erwärmung in den vergangenen 30 Jahren (1986–2015). Neben den Mittelwerten werden hier auch Extreme von Winterkälte und Sommerwärme betrachtet, die gleichfalls bedeutenden Veränderungen unterworfen waren. Niederschlagsvariationen sind zeitlich und räumlich weniger stabil. Sie werden daher für ein Kollektiv von elf Stationen in und um Frankfurt in Bezug auf die Veränderungen von Mittel- und Extremwerten diskutiert.

Inhalt

1 Einleitung
2 Datengrundlage und -qualität
2.1 Anforderungen an Klimabeobachtungen
2.2 Zeitreihen der Lufttemperatur Frankfurt/Main
2.3 Zeitreihen des Niederschlags Frankfurt/Main
3 Lufttemperatur
3.1 Säkulare Betrachtung (1758–2015)
3.2 Jahresgang und Extremwerte (1870–2015)
3.3 Winterkälte und Sommerwärme
4 Niederschlag
5 Schlussbemerkungen
6 Danksagung
7 Literatur

1 Einleitung

Der Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main ist das Zuhause für ca. 2,2 Millionen Menschen, in Frankfurt/Main selbst leben über 700.000 Einwohner. Die Stadt und ihr Umland beherbergen somit mehr als ⅓ der Bevölkerung des Bundeslandes Hessen, umfassen aber nur 10 % der hessischen Fläche. Geografisch gesehen befindet sich die Region im westlichen Teil Mitteleuropas und ist im Verhältnis zu anderen, auf gleichen Breitengraden gelegenen Orten, durch vergleichsweise mildes, von atlantischen Tiefdrucksystemen beeinflusstes Klima geprägt. Allerdings grenzen die Höhenlagen des Taunus die Stadt und den Ballungsraum nach Nordwesten ab und schwächen – zusammen mit weiteren vorgelagerten Mittelgebirgen – die vom Atlantik kommenden Niederschlagsgebiete soweit ab, dass die Region vergleichsweise trocken ist. Durch die schon etwas weiter vom Meer entfernte Lage von Frankfurt/Main wechseln maritim und kontinental beeinflusste Luftmassen recht häufig und bilden charakteristische, in jedem Jahr unterschiedlich ausgeprägte Witterungsabschnitte.

Die Frankfurter Wetterbeobachtungen rechtfertigen aus vielfältigen Gründen eine nähere Betrachtung – nicht nur für Mitteldeutschland, sondern auch bezogen auf Deutschland und Europa. Zum einen ergibt sich ein überdurchschnittliches Interesse an regionalklimatologischen Fragestellungen aufgrund der hohen Bevölkerungszahl der Region, zum anderen rechtfertigt vor allem die lange Historie der Frankfurter Wetteraufzeichnungen diese Auswertungen. Die längste Zeitreihe – die Rekonstruktion jährlicher Mittelwerte der Lufttemperatur – beginnt bereits im Jahre 1758 und umfasst damit inzwischen fast 260 Jahre. Diese Beobachtungsreihe wurde durch BRINCKMANN (2005) auf den heutigen Standort am Frankfurter Flughafen angepasst. Sie kann daher (unter Beachtung von Unsicherheiten) zur Bewertung langzeitlicher Klimaänderungen verwendet werden. Seit 1870 liegen für Frankfurt/Main Daten vieler Klimaelemente digital in täglicher Auflösung vor, die durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) bereitgestellt werden. In diesem Beitrag werden ausgewählte Aspekte dieser Datenreihen betrachtet, basierend auf den zwei wichtigsten Klimaparametern – Temperatur und Niederschlag.

2 Datengrundlage und -qualität

2.1 Anforderungen an Klimabeobachtungen

Meteorologische Daten sollen für ein größeres Gebiet repräsentativ sein und nicht lokale, standortspezifische Charakteristika widerspiegeln. Die Zeitreihen sollen die natürlichen Variationen von Wetter und Klima ausdrücken, möglichst ohne durch nicht-klimatologische Faktoren beeinflusst zu sein. Leider wird diese zentrale Anforderung nur in ganz wenigen Fällen vollständig erfüllt. Ein Beispiel, das diesem Ideal nahe kommt, ist die Säkularstation Potsdam-Telegrafenberg westlich von Berlin (https://www.pik-potsdam.de/services/infothek/telegraphenberg-d/suering-haus/sakularstation), wo seit 1893 mit den gleichen Messinstrumenten, an gleichem Standort und nach einheitlichen Bedingungen gemessen wird.

Die meisten langen Zeitreihen sind allerdings durch verschiedene nicht-klimatologische Effekte beeinflusst, beispielsweise die Veränderung (Austausch/Verbesserung/Alterung) und räumliche Verlegung von

Messinstrumenten (incl. Veränderung der Messhöhen), Änderungen in den Beobachtungszeiten und -häufigkeiten, veränderte Beobachtungsregeln, Umstellung der Messeinheiten, Veränderungen im direkten Umfeld der Station (Pflanzen- und Baumwachstum) und weitere Faktoren (z.B. AUER et al. 2001; BRAZDIL et al. 2012). Der zunehmenden Urbanisierung, die zu einem künstlichen Temperaturanstieg insbesondere an innerstädtischen Standorten führt, wurde häufig durch eine Verlegung der Stationen an Stadtränder, ins Umland oder an die Flughäfen Rechnung getragen. Solche Verlagerungen beeinflussen die Zeitreihen allerdings mannigfaltig. Dies betrifft nicht nur die Mittelwerte, auch Extremwerte, die Standardabweichung oder der Jahresgang verändern sich dadurch. Die Zeitreihe der Stadt Frankfurt/Main ist durch viele der beschriebenen Effekte geprägt, die im Folgenden in knapper und nicht erschöpfender Form diskutiert werden sollen.

2.2 Zeitreihen der Lufttemperatur Frankfurt/Main

Die **jährliche Zeitreihe von 1758 bis 2015** wird zur Diskussion langzeitlicher Temperaturänderungen verwendet. Sie wurde von BRINCKMANN (2005) auf den gegenwärtigen Standort Frankfurt/Main-Flughafen angepasst (betrifft die Werte vor 1951; jährliche Reduktionszahl ca. 0,7 K). Anhand multipler Homogenitätstests stufen RAPP & SCHÖNWIESE (1996) die Frankfurter Reihe als „wahrscheinlich inhomogen" ein, allerdings fallen laut SCHÖNWIESE (2015) die Zeiten mit Standortwechseln nicht durch eklatante Temperatursprünge auf. Die Beobachtungen der Lufttemperatur sind jedoch bis in die 1850er Jahre durch häufig wechselnde Instrumente und Aufstellungsorte gekennzeichnet (ZIEGLER & KÖNIG 1896; MOLLWO 1958). Durch messtechnische Schwächen (Glasalterung der Thermometer; WINKLER 2009) und mangelnde Abschirmung der Sonnenstrahlung (PARKER 1994; BÖHM et al. 2010) ist davon auszugehen, dass die in Kap. 3 präsentierten Daten bis nach Mitte des 19. Jahrhunderts etwas zu hoch liegen (SCHÖNWIESE 2015).

Die ersten, sporadisch vorliegenden Temperaturangaben aus Frankfurt beziehen sich zumeist auf sehr kalte Wintertemperaturen, etwa der Jahre 1695, 1709 und 1740 (ZIEGLER & KÖNIG 1896). Regelmäßige Aufzeichnungen der Lufttemperatur liegen von 1758 bis 1786 durch Beobachtungen des Kaufmanns Peter Meermann – vermutlich vorgenommen im heutigen Stadtzentrum – vor. Das von ihm benutzte Thermometer, das nicht mehr erhalten ist, hing immer außerhalb eines Fensters in Richtung Norden in freier Luft – bis 1766 im ersten, dann im zweiten Stockwerk. Es wurde täglich eine Messung von Maximum (14 oder 15 Uhr) und Minimum (im Bereich Sonnenaufgang, je nach Monat unterschiedliche Zeiten) vorgenommen (ZIEGLER & KÖNIG 1896, 1901). Die Jahresmittel bis 1786 basieren auf diesen und ggf. noch weiteren vorliegenden Messungen.

Mehrere Jahrzehnte ohne (oder mit nur unvollständigen Messungen) folgen (ausführlichere Informationen in ZIEGLER & KÖNIG 1896). Erst ab 1826 gab es wieder umfangreichere meteorologische Aufzeichnungen (MOLLWO 1958). Die jährliche Zeitreihe der Frankfurter Lufttemperatur liegt dennoch durchgängig seit 1758 vor, da der fehlende Zeitraum 1786 bis 1825 durch lineare Regression anhand der Zeitreihe der Deutschland-Flächenmittelwerte (RAPP 2000) geschlossen werden konnte (SCHÖNWIESE 2015).

Seit 1870 sind für verschiedene Standorte in der Frankfurter Innenstadt (siehe Tab. 1) Temperaturaufzeichnungen in täglicher Auflösung für Temperaturmittel, -minimum und -maximum vorhanden, an die ab 1870 die jeweils gültigen Instrumentenkorrekturen angebracht wurden (ZIEGLER & KÖNIG 1896; MOLLWO 1958). Bis 1879 wurde noch die Teilung nach ⅕° Reaumur benutzt, dann durchgehend die Einheit °C. Bis 1887 wurden die Thermometer an der Nordseite eines Gebäudes aufgestellt und nur durch kleine Schirme gegen Niederschläge und direkte Strahlung geschützt. Dieses Konstrukt wurde Ende 1887 durch einen drehbaren, allerdings nicht völlig geschlossenen Schutzbehälter ersetzt. Ab 1897 kam die bekannte (weiße, lamellierte) Englische Wetterhütte zum Einsatz. Die Mittelung der Lufttemperatur erfolgte zunächst anhand der Terminwerte 6, 14 und 22 Uhr Mitteleuropäische Zeit (MEZ), ab 1893 für die Werte 7, 14 und 21 Uhr MEZ[1] (ZIEGLER & KÖNIG 1896; MOLLWO 1958). Der dritte Messtermin ging dabei mit doppelter Gewichtung in die Berechnung ein.

Die Zeitreihe von 1870 bis 1950 ist bis auf den Zeitraum von März bis Mai 1945 lückenlos. Diese dreimonatige Lücke wurde in diesem Beitrag über die Daten der Station Darmstadt, 25 km südlich von Frankfurt/Main und 60 m höher gelegen, gefüllt[2]. Die Darmstädter Werte liegen aufgrund des Höhenunterschiedes etwas unter denen von Frankfurt, die klimatischen Unterschiede zwischen beiden Stationen sind, basierend auf einem Vergleich mit anderen Frühjahrsmonaten späterer Jahre, aber statistisch vertretbar und weniger problematisch als eine Lücke in der Zeitreihe.

[1] Im Jahre 1987 wurden die Termine um eine halbe Stunden nach hinten verschoben (Änderung auf 7:30, 14:30, 21:30 Uhr MEZ)

[2] Die Station Darmstadt befand sich in diesem Zeitraum im Osten der Stadt auf einem flachen Hügel auf 180 m NN. Die Umgebung bestand aus Park- bzw. Garten- und Obstgelände (EISENHARDT 1968).

Zeitraum (Höhenlage)	Lagebschreibung
1870–1907 (102m NN)	östlich des Eschenheimer Turms; begrenzt durch Bleichstr., Brönnerstr., Stephanstr., Stiftstr.
1908–1925 (97/122m NN)	Robert-Mayer-Str.; Achtung: 1914-1925 auf 25m hoher Plattform über den Dächern!
Ab 1926 (103m NN)	Feldbergstraße
alle Stadtbeobachtungen wurden bis 1961 im Gelände der Dr. Senckenbergischen Stiftung ausgeführt	

Tab. 1: Standorte der täglichen Temperaturmessungen Frankfurt/Main Stadt 1870 bis 1950, basierend auf MOLLWO (1958)

Seit 1949 liegen tägliche Werte für die meteorologische Station am Frankfurter Flughafen vor, die ca. 10 km südwestlich des Stadtzentrums gelegen ist. In diesem Beitrag wird die Station (neben den Innenstadtwerten) ab 1951 verwendet. Ihr Standort lag bis zum 21. Oktober 2014 auf einer Höhenlage von 112 bzw. 113 m. Die Station befand sich zunächst in der Nähe von Terminal 2. Im Oktober 1956 erfolgte eine Verlegung der Station um einige hundert Meter nach Südosten. Eine weitere, sehr gering Verlegung erfolgte im Juli 1984. Am 22. Oktober 2014 wurde der Standort von der Ost- zur Westseite des Flughafens verlegt, was auch einen Rückgang der Höhenlage um 12 m auf 100 m zur Folge hatte. Da in diesem Beitrag der Zeitraum bis 2015 (für saisonale Auswertungen bis September 2016) behandelt wird, wirkt sich diese Verlegung im klimatologischen Mittel nicht auf die nachfolgenden Auswertungen aus. Einzig die Einzelwerte nach dem Oktober 2014 könnten durch die Verlegung geringfügig beeinflusst sein.

Generell sind die Werte der Flughafenstation gegenüber der Innenstadtlage besonders wertvoll, da der Standort seit seiner Einrichtung kaum verändert wurde, während die Stadtstation weiterhin recht deutlichen Standortveränderungen unterworfen war (Tab. 2). So zog die Station zwischenzeitlich (12/1961 bis 8/1984) aus der nördlichen Innenstadt (Feldbergstraße[3]) in Richtung nördlicher Stadtrand (Wöhlerschule, Waldorfschule) um. Seit November 1985 befindet sie sich wieder in der Nähe ihres ursprünglichen Standortes. Die Zeitreihe am Flughafen ist außerdem lückenlos, während an der Stadtstation von September 1984 bis Oktober 1985 eine Lücke von 14 Monaten auftrat (für diese Lücke wurden hier die Flughafenwerte verwendet). Zusätzlich wurde mit der Verlagerung zum Flughafen der zunehmende Urbanisierungseffekt (künstlicher Temperaturanstieg) umgangen, wenngleich in der kombinierten Innenstadt-Flughafen-Reihe dadurch 1951 ein Bruch zu tieferen Temperaturen zu verzeichnen ist, der in den täglichen Daten aufgrund des immensen Aufwandes nicht zu homogenisieren ist. Die **tägliche Zeitreihe von 1870 bis 2015** (für saisonale Auswertungen verwendet bis 2016) wird daher in zwei Ausprägungen verwendet: 1) bestehend nur aus den Werten der verschiedenen Standorte der Innenstadt bzw. 2) als Kombination von Innenstadt (bis 1950) und Flughafen (ab 1951). Die Reihen sind nicht homogenisiert. Falls Datenqualitätsaspekte die klimatische Interpretation beeinflussen, werden sie in Kap. 3 diskutiert.

Der Einfluss der städtischen Wärmebelastung wurde durch FRÜH et al. (2011) am Beispiel Frankfurt/Main im Vergleich mit den Flughafenwerten ab 1950 untersucht. Sie zeigen eine deutliche Beeinflussung der jeweiligen Stadtstandorte durch Bebauungsdichte und Grünflächenanteil. Kaum eine Überwärmung trat dabei am Standort Waldorfschule auf – ein lokaler Effekt, hervorgerufen durch den Kühleffekt einer nahegelegenen kleinen Grünfläche und der leichte Senkenlage des Standortes. Die stärkste Überwärmung wurde hingegen am Standort Feldbergstraße – inmitten sehr dichter Bebauung gelegen – beobachtet.

[3] Am Standort Feldbergstraße wurde (inoffiziell) durch das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt bis 1994 weiterhin gemessen (GRIESEL 1988; SCHÖNWIESE, mündliche Mitteilung). Diese Werte liegen für diesen Beitrag allerdings nicht vor.

Lage	Zeitraum	Höhe	Charakteristik	DWD#
Feldbergstraße	1951–11/1961	109 m	Sehr dichte Bebauung	1425
Wöhlerschule	12/1961–3/1973	125 m	Dichte Bebauung	1421
Waldorfschule	4/1973–8/1984	125 m	Lockere Bebauung, Grünflächenrand, kl. Senke	
Palmengarten	11/1985–7/2008	107 m	Parkanlage mit Gewächshäusern, straßennah	1424
Unicampus Westend	Seit 8/2008	124 m	Kleine Parkanlage, lockere Bebauung	

Tab. 2: Metadaten der meteorologischen Messungen in Frankfurt/Main Stadt ab 1951; basierend auf FRÜH et al. (2011), dem Klimadatenzentrum des Deutschen Wetterdienstes (ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/) und eigenen Recher-chen; DWD# = DWD Stationsidentifikationsnummer

Da sich auch die früheren Standorte seit 1870 (siehe Tab. 1 und Lageplan in WACHTER 1939) im dicht bebauten Innenstadtbereich befanden, ist dort von einer ähnlich starken Überwärmung wie zu späteren Zeiten auszugehen. Das bedeutet, dass die Flughafenwerte in der Analyse der täglichen Temperaturen ab 1951 analog den in Abb. 1 gezeigten Mittelwerten (zumeist) niedriger liegen. Gegenüber den seit 1870 gemessenen Werten ist also 1951 zunächst ein künstlicher Rückgang der Minima um ca. 1,5 K[4], der Mittelwerte um ca. 0,7 K und der Maxima um ca. 0,5 K anzunehmen. Die Abweichungen zwischen Flughafen und Stadt sind, vor allem bezogen auf das Temperaturminimum, im Winter und Frühling am größten und im Sommer am geringsten. In Strahlungsnächten und in auf sehr starke Strahlungstage folgenden Nächten sind dabei überdurchschnittlich große Unterschiede zwischen den Stationen zu erwarten. Dies zeigt sich an den systematisch höheren Temperaturminima an den Stadtstationen: die im Stadtbereich (Straßen, Gebäude) tagsüber gespeicherte Wärme wird nachts abgestrahlt und reduziert damit die nächtliche Abkühlung. Dieser Effekt wird als „städtische Wärmeinsel" bezeichnet. Auch Hitzekenntage treten an der Feldbergstraße von 1950 bis 1961 deutlich häufiger als am Flughafen auf (Sommertage: +11 Tage; heiße Tage: +3,4 Tage; Tropennächte: +0,6 Tage; FRÜH et al. 2011). Die Differenzen zwischen den späteren Stadtstandorten und der Station am Flughafen waren und sind deutlich geringer, am Standort Walddorfschule traten Sommer- und heiße Tage sogar seltener als am Flughafen auf (FRÜH et al. 2011). Diese Ausführungen sind bei der Interpretation der in Kap. 3 gezeigten, auf Tagesbasis basierenden Abbildungen, zu beachten.

Im Zuge der Automatisierung des DWD-Messnetzes fand in den letzten Jahrzehnten eine Umstellung der Messverfahren von konventionellen zu automatisierten Datenerfassungsmethoden statt. Im Zuge dieser Umstellung werden die täglichen Mittelwerte der Lufttemperatur seit 1. April 2001 auf stündlicher Basis (24 Werte/Tag ersetzen die bisherigen drei Terminwerte) berechnet (KASPAR & HANNAK 2016). An den Klimareferenzstationen des Deutschen Wetterdienstes wurde der Einfluss der veränderten Messverfahren auf die Homogenität der Zeitreihen daraufhin umfangreich untersucht (AUGTER 2013). Dabei zeigten sich nur sehr geringe Effekte der a) Umstellung der Messtechnik (Differenz im Mittel -0,03 K) und b) der neuen Berechnungsmethodik der Tagesmittelwerte (Differenz im Mittel -0,08 K) auf das Tagesmittel der Lufttemperatur. Eine relevante künstliche Beeinflussung der Zeitreihen der mittleren Lufttemperatur durch die Automatisierung der Messungen kann also ausgeschlossen werden (KASPAR & HANNAK 2016). Bezogen auf maximale und minimale tägliche Temperaturen liefern die neuen Messverfahren bei hohen Maxima etwas größere, bei niedrigen Minima etwas geringere Werte als die konventionellen Messungen. Die mittleren Differenzen der Tageswerte sind in beiden Fällen aber ebenfalls marginal (0,01 K für das Temperaturmaximum, 0,04 K für das Temperaturminimum; AUGTER 2013).

[4]Temperaturänderungen werden generell in Kelvin (K) angegeben. Ein Kelvin (K) entspricht einem Grad Celsius (°C).

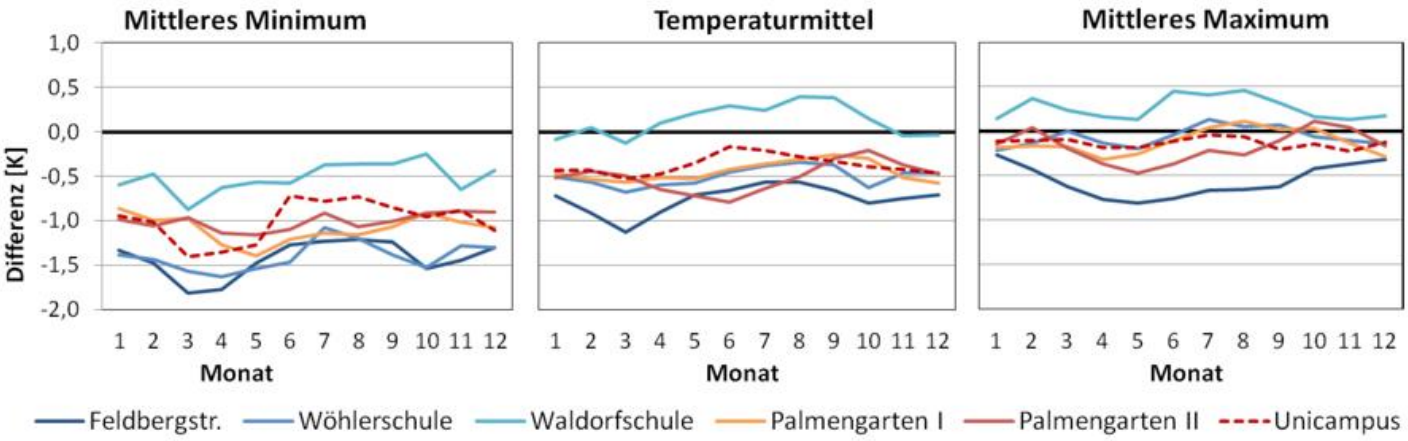


Abb. 1: Vergleich der monatlichen Mittelwerte der Lufttemperatur verschiedener Standorte der Frankfurter Innenstadtstation mit den Werten der Station Frankfurt-Flughafen (siehe Tab. 2); Standort Palmengarten für Vergleichszwecke mit den anderen Stationen in zwei ähnlich lange Perioden getrennt: 11/1985 bis 1996 (I) und 1997 bis 7/2008 (II)

2.3 Zeitreihen des Niederschlags Frankfurt/Main

Die Niederschlagsverteilung ist durch eine weit größere räumliche Heterogenität als die der Temperatur gekennzeichnet. Während letztere, an einem repräsentativen Standort gemessen, für ein größeres Gebiet sowohl in ihren Mittel- als auch Extremwerten aussagekräftig ist, so ist dies beim Niederschlag nur sehr eingeschränkt der Fall. Eine homogene Datenreihe vorausgesetzt, kann eine Zeitreihe des Niederschlags halbwegs aussagekräftige Mittelwerte für ein größeres, topographisch nicht allzu gegliedertes Gebiet abseits großer Wasserflächen bereitstellen. Eine Aussage zur zeitlichen Entwicklung von Intensität und Häufigkeit von Extremereignissen ist anhand von Punktmessungen nur (und auch das nur eingeschränkt) über die Einbeziehung möglichst vieler Stationen möglich, da insbesondere Konvektivereignisse große Unterschiede in der Niederschlagsverteilung in kleinen Gebieten generieren. Da im Fall der langen Frankfurter Klimazeitreihe (tägliche Werte seit 1870) aufgrund der vielen Änderungen der Messbedingungen keine Homogenität der Zeitreihe gegeben ist, werden weitere, im Raum Frankfurt gelegene Niederschlagsstationen in die Auswertungen mit einbezogen.

Die Standorte der langen Reihe ab 1870 entsprechen denen, die bereits in Kap. 2.2 für die Temperatur diskutiert wurden. Analog beziehen sich die Daten bis 1950 auf den Standort Frankfurt-Stadt (Tab. 1), ab 1951 zumeist auf den neuen Standort am Flughafen. Aufgrund der häufigen Wechsel der Beobachtungsstandorte der Stadtstation nach 1951 (Tab. 2) wird für langzeitliche Betrachtungen ab 1870 nur die kombinierte Innenstadt-Flughafen-Zeitreihe verwendet.

Die weiteren in diesem Beitrag verwendeten Niederschlagsstationen sind in Tab. 3 beschrieben. Die genaue räumliche Lage ergibt sich aus den in Kap. 4 gezeigten Karten. Bei der Auswahl der in und um Frankfurt gelegenen Stationen wurden bewusst nur die unmittelbar im Ballungsraum gelegenen Tieflandgebiete (80 bis 130 m NN) selektiert. Eine Einbeziehung der umliegenden Mittelgebirgs- und Hügelgebiete, insbesondere des Taunus, wäre aus wissenschaftlicher Sicht spannend, würde aber an dieser Stelle eine zu große Ausweitung des Themas bedeuten. Eine inzwischen etwas antiquierte Abhandlung zu starken Niederschlägen in der Region ist in ANIOL (1954) zu finden. Die Bachelorarbeit von HIEN (2012) beschäftigt sich mit dem Höhengradienten von Niederschlägen in der Taunusregion.

Die Bestimmung der Niederschlagshöhe erfolgt generell in den Morgenstunden. Bis 31. März 2001 wurde sie in den alten Bundesländern um 7:30 Uhr MEZ (bis 1986: 7:30 Uhr Mittlere Ortszeit) gemessen, danach um 6:50 MEZ. Abweichungen von dieser Praxis sind an den hier verwendeten Stationen nicht bekannt. In den frühen Jahren wurde in Frankfurt/Main ein Regenmesser nach Mahlmann verwendet, der ab 1885 durch einen Regenmesser nach Hellmann mit 200 cm² Auffangfläche (Messung 1 m über der Erdoberfläche) ersetzt wurde (ZIEGLER & KÖNIG 1896). Insbesondere seit der Jahrtausendwende wird die Niederschlagsmenge an mehr und mehr Stationen vollständig elektronisch erfasst. Im Vergleich konventioneller, manueller Messungen mit automatischen Erfassungsmethoden wurde von AUGTER (2013) eine Tendenz zu leicht geringeren Niederschlagsmengen bei den Automatenwerten festgestellt. Für Frankfurt/Main Flughafen waren die Abweichungen der Jahressumme zwischen beiden Messmethoden in den beispielhaft untersuchten Jahren 2009 (-7 mm) und 2010 (+1 mm) jedoch marginal (AUGTER 2013).

Standort	Höhe	Zeitraum	Beobachtungslücken	1951-2000	DWD#
F-Flughafen	100 m	1949-2016	keine	100,0 %	1420
F-Stadt	124 m	1870-2016	3-5/1945; 9/1984-10/1985; 3-4/2000	97,3 %	1421/1424
F-Praunheim	113 m	1931-2004	1945 & 1946	100,0 %	1418
F-Sindlingen	95 m	1951-10/1995		88,8 %	1419
Mühlheim	102 m	1941-2016	1945 & 1946; 6-12/2002	100,0 %	3136
Offenbach	110 m	11/1957-10/1995	11/1977–11/1979	71,8 %	3776
Hanau-Großauheim	102 m	1951-02/1996	keine	90,3 %	2001
Hattersheim	88 m	1951-11/2003	keine	100,0 %	2061
Sulzbach	124 m	1951-2013	keine	100,0 %	4957
Heusenstamm	128 m	1941-04/2000	1945 & 1946	98,7 %	2194
Neu-Isenburg	130 m	1941-2008	1945 & 1946; 6-12/1987	98,2 %	3474

Tab. 3: Metadaten der verwendeten Niederschlagsstationen (Höhe: in m NN; 1951–2000: Datenabdeckung im in Kap. 4 verwendeten Kernzeitraum); DWD# = DWD Stationsidentifikationsnummer

3 Lufttemperatur
3.1 Säkulare Betrachtung (1758–2015)

Die langzeitliche Entwicklung der Lufttemperatur im Raum Frankfurt/Main wird zunächst für die seit 1758 vorliegende, auf den heutigen Standort am Flughafen von BRINCKMANN (2005) angepasste Zeitreihe dargestellt (Abb. 2). Die deutliche Jahr-zu-Jahr-Variabilität überlagert bis in die 1980er Jahre langzeitliche Trendentwicklungen. Die kältesten Jahre wurden am Ende der „Kleinen Eiszeit" zum Anfang und in der Mitte des 19. Jahrhunderts beobachtet. Beachtenswert ist, dass die aufgezeichneten Werte aufgrund von Qualitätsproblemen der Messungen bis Mitte des 19. Jahrhunderts tendenziell etwas zu hoch liegen (Kap. 2.2), also gegenüber den heutigen Werten tatsächlich wohl noch etwas kälter waren.
Die mit Abstand wärmsten Jahre traten allesamt in den vergangenen 30 Jahren auf. 24 der 28 Jahre seit 1988 waren (zumeist deutlich!) wärmer als jedes andere Jahr in den 230 Jahren zuvor – ein Signal regional sehr deutlicher Klimaveränderungen. Das jährliche Temperaturmittel stieg dabei von 9,7°C in der Klimanormalperiode 1961–1990 auf 10,8°C in den vergangenen 30 Jahren 1986–2015 an. Dieser Anstieg ist absolut außergewöhnlich, da die Schwankungsbreite der 30-jährigen gleitenden Mittelwerte bis in die 1980er Jahre nur bei einem Kelvin lag (8,6°C bis 9,6°C). Diese 230 Jahre gültige Spannweite wurde nun innerhalb einer 30-jährigen Klimaperiode mehr als verdoppelt.

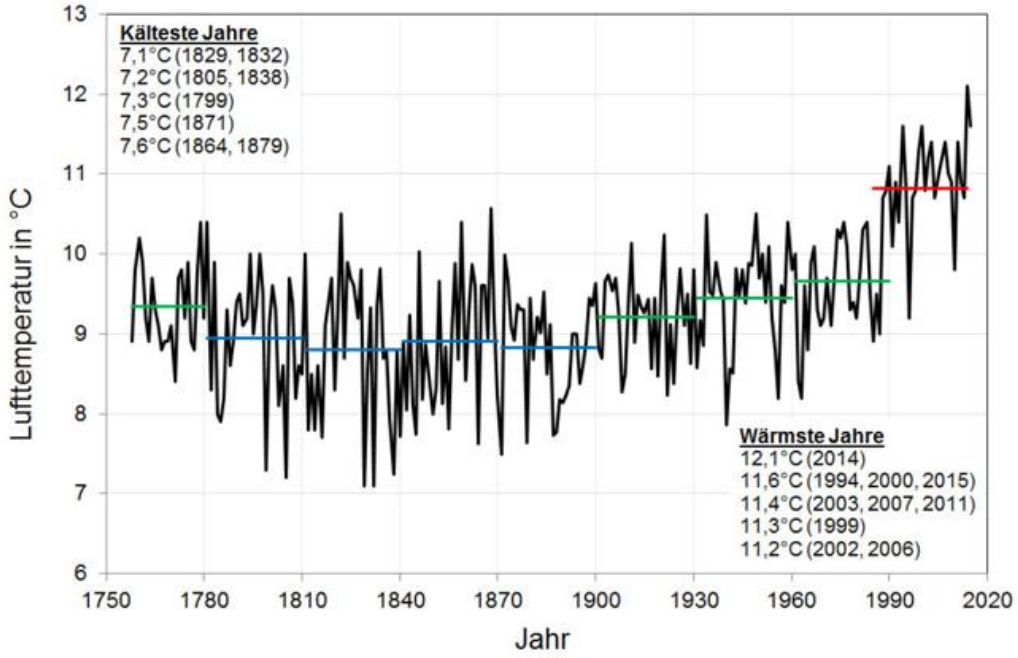


Abb. 2: Jahresmitteltemperatur für Frankfurt/Main Flughafen für 1758–2015 auf Basis der auf den heutigen Standort angepassten Daten von BRINCKMANN (2005), aktualisiert von SCHÖNWIESE (2015); farbige Linien: jeweilige 30-jährige Mittelwerte der Klimanormalperioden (Ausnahme: 1758–1780 und aktuelle Periode 1986–2015)

3.2 Jahresgang und Extremwerte (1870–2015)

Die Ausführungen der Kap. 3.2 und 3.3 beziehen sich 1) auf die Zeitreihe täglicher Werte, zusammengesetzt aus der Frankfurter Innenstadtstation (bis 1950) und dem Standort am Flughafen (ab 1951), bzw. 2) auf eine parallele Betrachtung der Werte ab 1951 für die jeweiligen Stadtstandorte (Tab. 2) und den Flughafen. Bei Betrachtung der zusammengesetzten Innenstadt-Flughafen-Zeitreihe ist der in den vergangenen Jahrzehnten beobachtete Temperaturanstieg gegenüber der Vorkriegszeit methodisch bedingt etwas weniger sichtbar als an anderen Standorten (Kap. 2.2).

In Tab. 4 ist die Temperaturstatistik der Klimanormalperiode 1961–1990 und der vergangenen 30 Jahre 1986–2015 für die Flughafenstation dargestellt. Der Januar ist in Frankfurt der im Durchschnitt kälteste Monat, auch wenn er einer der Monate mit der stärksten Erwärmungsrate ist und dadurch der Unterschied zu den beiden anderen Wintermonaten inzwischen etwas geringer ausfällt. Der Juli ist, dicht gefolgt vom August, der wärmste Monat des Jahres. Der Jahresgang beträgt ca. 18 K und blieb im Vergleich beider Perioden durch die gleichzeitig starke Winter- und Sommererwärmung relativ unverändert.

Tab. 4 zeigt außerdem die Temperaturwerte der kältesten und wärmsten Tage und Monate sowie das Jahr ihres Auftretens seit 1870 (kombinierte Stadt-Flughafen-Zeitreihe). Das niedrigste Temperaturminimum trat mit -23,8°C am 19. Januar 1940 auf (2. Platz: -22,2°C am 27.1.1942; 3. Platz: -21,6°C am 13.1.1968), die kältesten Monate waren Januar 1942, Februar 1956 und Dezember 1879.

In ZIEGLER & KÖNIG (1901) sind die jährlich tiefsten Wintertemperaturen seit 1755 (mit einigen Lücken von 1777 bis 1790) angegeben. Diese lagen z.T. noch deutlich unter den ab 1870 gemessenen Werten (Minimum: -27,9°C am 2.2.1830).

Das höchste Temperaturmaximum erreichte der 5. Juli 2015 mit 38,8°C, ganz knapp gefolgt vom 7. August des gleichen Jahres und dem 9. August 2003 (jeweils 38,7°C). In der Frankfurter Innenstadt lag das Allzeitmaximum – auch bei Berücksichtigung der in ZIEGLER & KÖNIG (1901) seit 1755 angegebenen höchsten Sommertemperaturen – bis 2014 übrigens mit 38,4°C (9.8.2003) niedriger als am Flughafen (38,7°C, ebenfalls am 9.8.2003). 2015 wurde dieser Wert allerdings zweimal deutlich überschritten: am 5. Juli mit 39,0°C und noch deutlicher am 7. August mit 39,6°C!

Der tägliche Verlauf von Mittel- und Extremwerten der Lufttemperatur ist in Abb. 3 im Jahresgang für die kombinierte Stadt-Flughafen-Zeitreihe für 1870–2015 dargestellt. Auffällig ist, dass die Standardabweichung der mittleren Lufttemperatur im Winter größer und im Sommer kleiner ist als der Abstand zwischen mittlerem Minimum und Maximum. Die im Winter im Vergleich zum Sommer höhere Standardabweichung ist durch stärkere Jahr-zu-Jahr-Schwankungen in der kalten Jahreszeit bedingt. So beträgt der Unterschied zwischen der seit 1870 gemessenen niedrigsten (-18,0°C) und höchsten Tagesmitteltemperatur im Winter (14,2°C) 32,2 K, während er im Sommer nur 22,5 K beträgt (Extremwerte 8,1°C und

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
1961–1990	°C	0,7	1,8	5,2	9,2	13,7	17,1	18,9	18,3	14,8	9,8	4,7	1,8	9,7
1986–2015	°C	2,2	2,8	6,5	10,7	15	18,1	20,1	19,7	15,2	10,6	5,9	3	10,8
Tägl. Maximum	°C	16,2	19	24,7	30,5	34,8	**38,2**	**38,8**	**38,7**	34,6	28	20	16,5	**38,8**
	Jahr	1877	1900	1968	1949	1892	1947	2015	2003	1911	1985	1899	1915	2015
Wärmste Periode	°C	6,1	7,5	9,3	14,3	17,9	21,9	24	23,7	18,6	13,4	9,1	7,2	12,1
	Jahr	2007	1926	1938	2007	1917	2003	2006	2003	1999	2006	1994	2015	2014
Tägl. Minimum	°C	-23,8	-21,5	-13	-7,1	-2,8	0,1	2,8	2,5	-0,3	-6,2	-12,7	-18,7	**-23,8**
	Jahr	1940	1929	1963	1986	1960	1975	1984	1978	1979	1912	1915	1879	1940
Kälteste Periode	°C	-8,1	-8	0,6	6,4	10,6	12,9	15,8	15,2	10,8	6	0,7	-7,9	8,2
														1871
	Jahr	1940	1956	1883	1903	1902	1923	1919	1924	1912	1881	1921	1879	1956
														1963

Tab. 4: Temperaturstatistik von Frankfurt/Main für 1870–2015 (bis 1950: Innenstadt; ab 1951: Flughafen); Mittelwerte für die Zeiträume 1961–1990 und 1986–2015 und Extremwerte mit den Jahren ihres Auftretens

30,6°C). Der Unterschied der täglichen Höchst- und Tiefsttemperaturen ist aufgrund des höheren Sonnenstandes in Frühling und Sommer andererseits deutlich größer als in Herbst und Winter (z.B. Mai: 10,8 K; Dezember: 4,7 K).

Beim Vergleich der vergangenen 30 Jahre mit der Gesamtperiode (vgl. schwarze mit grüner Linie) ist in allen Jahreszeiten ein z.T. deutlicher Temperaturanstieg erkennbar. Der Jahresgang beider Zeiträume ist dennoch vergleichbar, von der deutlich stärkeren „Zappeligkeit" der rezenten Kurve aufgrund des kürzeren Mittelungszeitraums abgesehen. Die im langjährigen Durchschnitt (1870–2015) höchsten Temperaturen treten am Monatswechsel von Juli zu August auf (den sog. „Hundstagen"), die tiefsten Temperaturen um Mitte Januar (dem sog. „Hochwinter"). Letztere Singularität, oder Witterungsregelfall, ist in den vergangenen Jahrzehnten (1986–2015) allerdings durch eine sehr milde winterliche Periode ersetzt worden.

In der langen Mittelungsperiode von 1870 bis 2015 sind bekannte Singularitäten wie die Eisheiligen oder das Weihnachtstauwetter kaum sichtbar, was letztlich auf die Vergänglichkeit dieser Erscheinungen hindeutet. Witterungsregelfälle ergeben sich aus der Verteilung der Großwetterlagen – da diese langfristig nicht konstant ist, kann sich eine in einem bestimmten Zeitraum sehr dominante Singularität in der folgenden Periode durchaus in ihr Gegenteil verkehren. Belastbare Prognosen des Witterungsverlaufes lassen sich daraus jedenfalls nicht ableiten. Die in den vergangenen Dekaden – mit Abstand – eindrucksvollste Singularität ist der deutliche Wärmesprung Ende April, der seit 1992 in fast jedem Jahr beobachtet wurde. 2016 war es hier im Zuge einer längeren Phase polaren Luftmasseneinflusses das erste Mal seit 25 Jahren wieder deutlich zu kühl. Ob dies ein Ausreißer oder ein Trendwechsel war werden die kommenden Jahre zeigen.

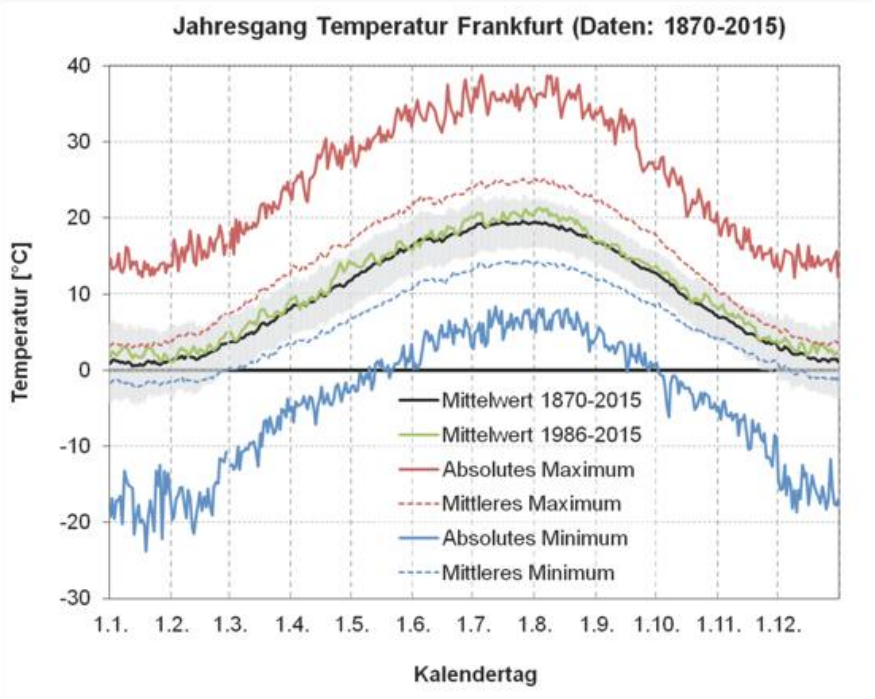


Abb. 3: Innerjährlicher täglicher Verlauf von Mittel- und Extremwerten der Lufttemperatur (1870–2015; bis 1950: Innenstadt; ab 1951: Flughafen); graue Fläche: Standardabweichung Mittelwert 1870–2015

Ein weiterer Nachweis für die Verschiebung der Temperaturverhältnisse in Richtung wärmerer Bedingungen ergibt sich aus der Betrachtung der täglichen Kälte- und Wärmerekorde im Untersuchungszeitraum 1870–2015 (Abb. 4). Dazu wurden zunächst für jeden Kalendertag die niedrigsten und höchsten Werte im 146-jährigen Zeitraum ermittelt. Daraus ergaben sich je 365 Rekordwerte, verteilt über den Gesamtzeitraum 1870–2015. Um standortbedingte Effekte in der langfristigen Entwicklung ausschließen zu können, sind hier zwei Zeitreihen dargestellt – einmal die der Frankfurter Innenstadt und einmal die der kombinierten Reihe Innenstadt-Flughafen.

In einem stationären Klima sollte die Verteilung der Rekordwerte über die Zeit weitgehend konstant sein. Größere Auffälligkeiten – insbesondere bei Mittelung über einen längeren Zeitraum sichtbar (hier dargestellt das 11-jährig gleitende Mittel) – deuten hingegen auf Veränderungen einer Messreihe hin, die entweder klimatisch bedingt sind oder künstlich in die Reihe hineingetragen wurden (z.B. veränderte Standortbedingungen). Abb. 4 zeigt, dass beide Zeitreihen (Frankfurt Innenstadt und Innenstadt/Flughafen) in ihrer Entwicklung langfristig weitgehend übereinstimmen. Einzig der zwischenzeitliche Anstieg der Kälterekorde in den 1950er und 1960er Jahren der kombinierten Reihe ist auf die Standortverlagerung von der Innenstadt zum Flughafen zurückzuführen. Der langzeitlich zu beobachtende Rückgang der Kälte- und Anstieg der Wärmerekorde – der besonders deutlich am Ende der Zeitreihe sichtbar wird – ist hingegen mit den ansteigenden Mitteltemperaturen zu erklären. Nach 1987 traten nur noch an wenigen Tagen Kälterekorde auf, während die warmen Extreme seit den 1990er Jahren etwa dreimal so häufig wie statistisch erwartbar vorkamen. Insbesondere die Wärmerekorde lassen daher eine deutliche Veränderung des Temperaturregimes in Frankfurt/Main in den rezenten 2-3 Jahrzehnten erkennen, die in den vergangenen 156 Jahren ohne Vergleich ist. Diese Veränderung ist aufgrund der großräumigen Repräsentativität der Lufttemperatur auch für einen größeren Raum (Rhein-Main-Region und generell Mitteleuropa) charakteristisch.

3.3 Winterkälte und Sommerwärme (1870-2016)

Winter und Sommer haben im Gegensatz zu den Übergangsjahreszeiten das höchste Potenzial für sehr niedrige bzw. hohe Temperaturen. Dieses Potenzial wird aber nur selten ausgeschöpft – wenn, dann aber z.T. mehrfach in einer Saison. So wurden in der Frankfurter Innenstadt von 1870 bis 2014 nur in drei Jahren, an insgesamt vier Tagen, extrem heiße Sommertemperaturen über 38°C gemessen – im Sommer 2015 kam dies jedoch gleich dreimal vor (4. und 5. Juli, 7. August). Seit 1870 wurden ebenfalls nur siebenmal Temperaturen unter -20°C gemessen – drei Tage davon traten jedoch innerhalb nur einer Woche auf (18., 19. und 23. Januar 1940). An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass Temperaturen unter -20°C in den (zur „Kleinen Eiszeit" gehörenden) Jahren zwischen 1755 und 1870 im Vergleich zum 20. und 21. Jahrhundert auch in Frankfurt/Main recht häufig vorkamen. Temperaturen von z.T. deutlich unter -25°C traten in der Frankfurter Innenstadt bereits von Ende Dezember (-25,5°C am 30.12.1783) bis nach Mitte Februar (-27,5°C am 18.2.1827) auf (ZIEGLER & KÖNIG 1901).

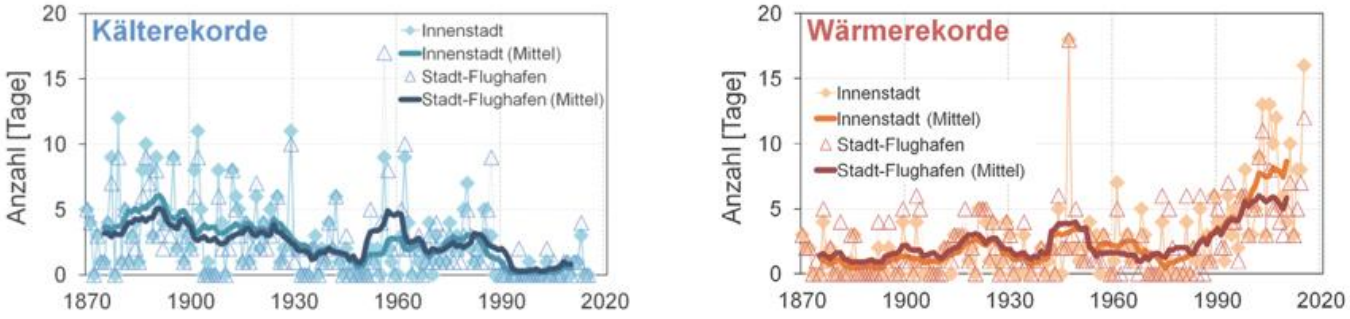


Abb. 4: Verteilung der je 365 Kälte- und Wärmerekorde der Tagesmitteltemperatur im Zeitraum 1870–2015 (ein Rekord pro Kalendertag = 365 Rekordwerte); Linien: 11-jährig gleitende Mittelwerte; türkis-/orangefarbige Markierungen/Linien beziehen sich auf die Zeitreihe Frankfurt-Innenstadt, blau-/rotfarbige Markierungen/Linien auf die Kombination Innenstadt bis 1950/Flughafen ab 1951.

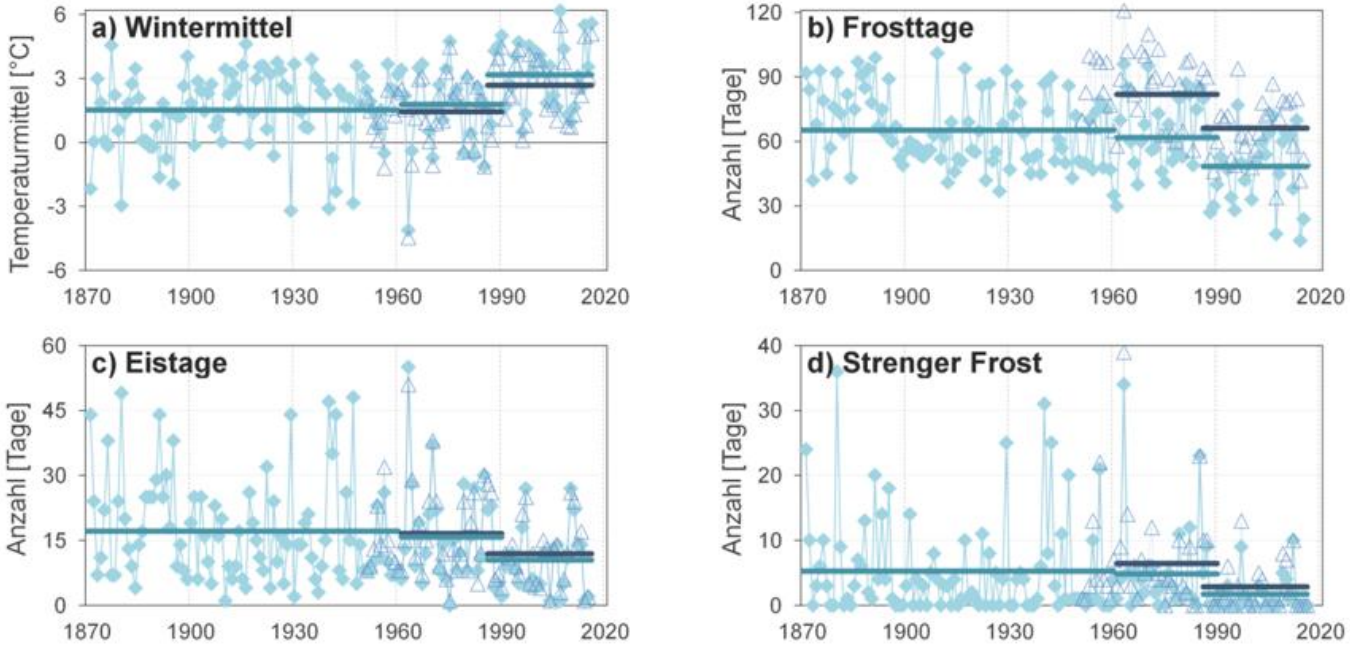


Abb. 5: Übersicht verschiedener Temperaturkenntage zur Charakterisierung der Winterkälte für 1870/71–2015/16; Linien: 11-jährig gleitende Mittelwerte; türkisfarbene Markierungen/Linien beziehen sich auf die Zeitreihe Frankfurt-Innenstadt, blaue Markierungen/Linien auf die Kombination Innenstadt bis 1950/Flughafen ab 1951; Mittelwerte 1870–1960, 1961–1990 und 1986–2015; Wintermittel: Dezember, Januar, Februar; Anzahl Kenntage: Summe Juli bis Juni für Frosttage (Minimum <0°C), Eistage (Maximum <0°C) und Tage mit strengem Frost (Minimum ≤-10°C)

Die Abb. 5 und 6 zeigen anhand von vier beispielhaft ausgewählten Parametern die Entwicklung von Winterkälte und Sommerhitze seit 1870. Um den Effekt der Stationsverlegung von der Innenstadt zum Flughafen zu quantifizieren und Fehlinterpretationen zu vermeiden, sind ab 1951 zwei Zeitreihen dargestellt: die Innenstadtreihe (türkis bzw. orange; Standorte wie in Tab. 2 beschrieben) und die Flughafenreihe (ab 1951 in blau bzw. rot). Zur besseren Interpretierbarkeit werden zusätzlich Mittelwerte über folgende Perioden dargestellt: 1870–1960, 1961–1990 und 1986–2015.

Die durchschnittliche Wintertemperatur zeigte bis in die 1960er Jahre ein deutlich höheres Potenzial für kalte als für warme Ausreißer (Abb. 5a). Seit dem (in der Innenstadt und am Flughafen nahezu gleich kalten) kältesten Winter der Zeitreihe, 1962/63, – also seit mehr als 50 Jahren – wurden im Rhein-Main-Gebiet keine extrem kalten Winter mit einem Mittelwert von deutlich unter 0°C mehr beobachtet. Das Potenzial für Ausreißer liegt seitdem eher auf der warmen Seite. Der wärmste Winter war an beiden Standorten die Saison 2006/07. Die häufig als kalt empfundenen Winter zu Beginn der 2010er Jahre waren kaum kälter als ein durchschnittlicher Winter bis in die 1980er Jahre.

Seit den 1990er Jahren ist die mittlere Wintertemperatur deutlich angestiegen (Abb. 5a). Gleichzeitig ging die Anzahl der kalten Kenntage klar zurück (Abb. 5b-d). An Frosttagen liegt die minimale Temperatur unter 0°C, an Tagen mit strengem Frost unter -10°C. An Eistagen bleibt die Höchsttemperatur unter 0°C. Die Differenzen zwischen Innenstadt und Flughafen treten dabei bei Verwendung der Temperaturminima (Abb. 5b, d) deutlich

stärker hervor als bei Nutzung von täglichen Mittelwerten und Maxima (Abb. 5a, c). Frosttage weisen die größten standortbedingten Unterschiede auf. Die Änderungssignale zwischen 1961–1990 und 1986–2015 sind an beiden Standorten – bei allen Parametern – jedoch sehr gut miteinander vergleichbar. Insbesondere die Anzahl der Eistage (um ca. ⅓) und der Tage mit strengem Frost (um mehr als die Hälfte) nahmen zwischen beiden Zeiträumen stark ab.

Bezogen auf die mittleren sommerlichen Temperaturverhältnisse (Abb. 6a) traten sehr kalte Ausreißer seit 1870 nicht auf – die mittleren Temperaturen lagen immer über 16°C. Einzelne Sommer wiesen jedoch sehr warme mittlere Bedingungen auf, namentlich 1947 (verglichen mit den Jahren vor 1991) und 2003. Absolut bemerkenswert – und im Gegensatz zum Winter nicht durch Jahr-zu-Jahr-Schwankungen überlagert – ist der um das Jahr 1990 beobachtete Temperatursprung. Sowohl in der Innenstadt als auch am Flughafen gab es seit dem Jahr 1988 keinen einzigen Sommer mehr, der kühler war als die langjährigen Mittelwerte (sowohl 1870–2015 als auch 1961–1990). Die Sommer der Periode 1986–2015 sind am Flughafen (rot) ca. 1,5 K wärmer als im Referenzzeitraum 1961–1990, und noch etwas mehr in der Innenstadt (orange; stärkerer Anstieg möglicherweise durch Urbanisierungseffekt).

Das gleiche Bild zeigt sich an beiden Standorten in sehr ähnlicher Form bezüglich der Überschreitung bestimmter Schwellenwerte des Temperaturmaximums (Abb. 6b, c).

Der Anstieg der Jahressumme tropischer Nächte (Abb. 6d) mit Minima über 20°C ist ebenfalls außergewöhnlich – der deutliche Unterschied zwischen Innenstadt und Flughafen ist auf die stärkere Bebauung im Frankfurter Stadtgebiet zurückzuführen, die die Wärme des Tages im Vergleich zu größeren freien Flächen viel länger speichern kann.

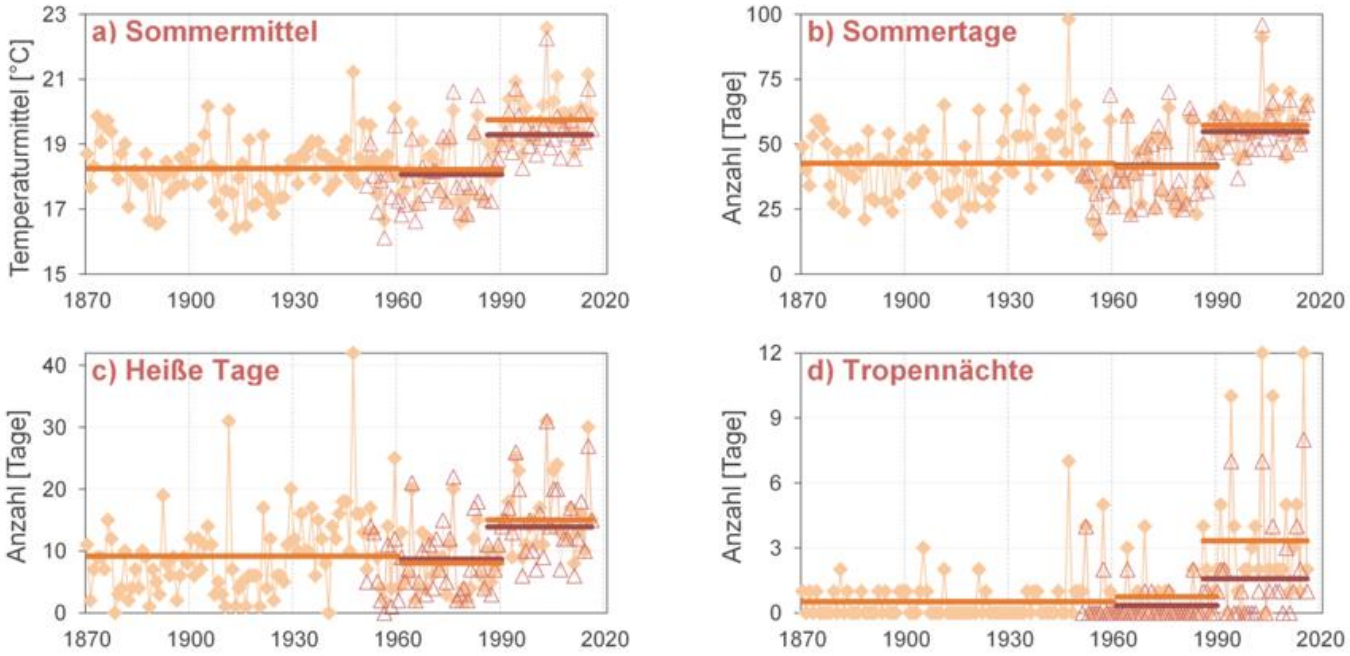


Abb. 6: Übersicht verschiedener Temperaturkenntage zur Charakterisierung der Sommerwärme für 1870–2016; Linien: 11-jährig gleitende Mittelwerte; orangefarbige Markierungen/Linien beziehen sich auf die Zeitreihe Frankfurt-Innenstadt, rote Markierungen/Linien auf die Kombination Innenstadt bis 1950/Flughafen ab 1951; Mittelwerte 1870–1960, 1961–1990 und 1986–2015; Sommermittel: Juni, Juli, August; Anzahl Kenntage: Jahressumme von Sommertagen/ heißen Tagen (Maximum ≥25/30°C) und Tropennächten (Minimum ≥20°C)

4 Niederschlag

Die Niederschlagsverteilung einer Region und auch einer Stadt ist selbst in ihren langjährigen Mittelwerten – bei entsprechender topographischer Gliederung sogar bedeutenden – Variationen unterworfen, die vorrangig mit dem Einfluss und der zeitlichen Verteilung von Anströmrichtungen und Großwetterlagen erklärt werden können. Der nordwestlich von Frankfurt/Main gelegene Taunus schwächt die von Nordwest und West kommenden Niederschlagsgebiete ab, während sich die selteneren, aus südlichen und östlichen Richtungen kommenden Niederschlagsgebiete im Luv des Taunus eher intensivieren. Zusätzlich beeinflussen weitere nahe Mittelgebirge den Frankfurter Raum, insbesondere Spessart und Odenwald.

Die unterschiedliche Verteilung der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge im Frankfurter Raum – hier dargestellt für den Zeitraum 1951–2000 – orientiert sich an diesen Gegebenheiten (Abb. 7). Der 50-jährige Zeitraum wurde kürzeren Perioden vorgezogen, um den Einfluss von zufälligen Einzelereignissen soweit als möglich zu minimieren. Sulzbach, wenngleich auf gleicher Höhenlage wie Frankfurt-Stadt und nur wenige Kilometer weiter westlich gelegen, profitiert mit im Vergleich über 50 mm Jahresniederschlag mehr von der unmittelbaren Taunusnähe (Abb. 7). Diese Station hat in jeder der sechs Dekaden seit den 1950er Jahren die höchste mittlere Niederschlagsmenge aller Stationen zu verzeichnen. Die im Vergleich zu den anderen Stationen ebenfalls höheren Werte in Neu-Isenburg und Heusenstamm sind wahrscheinlich auf die Nähe zu den südöstlich von ihren Standorten beginnenden Hügelketten zurückzuführen.

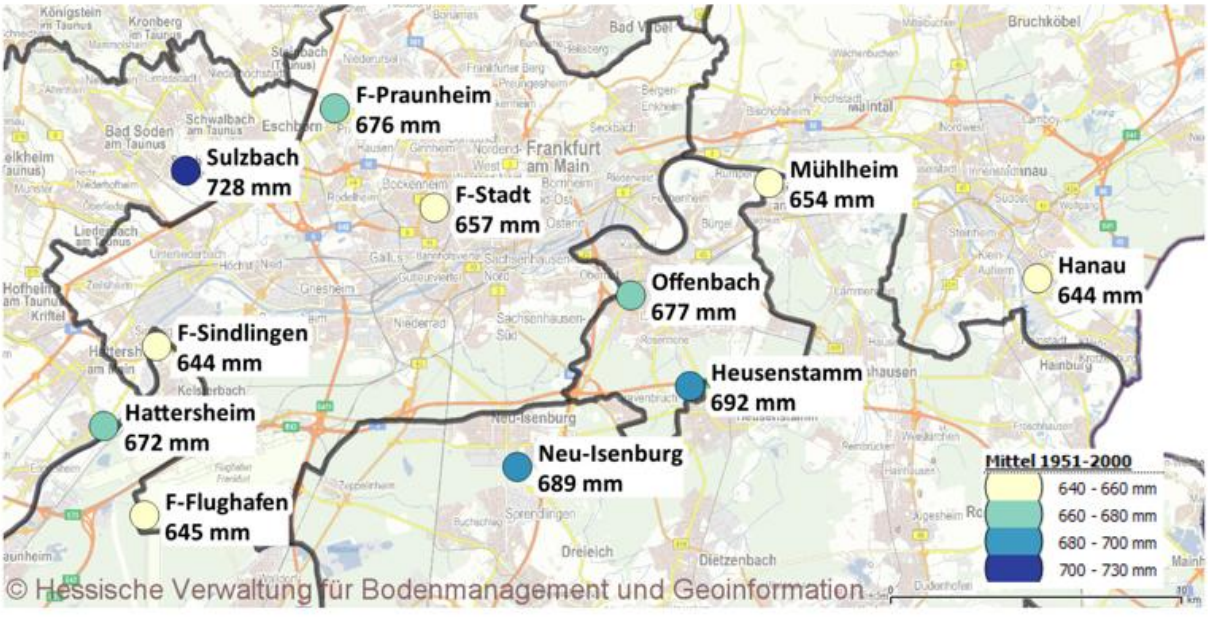


Abb. 7: Mittlere Jahressumme des Niederschlags verschiedener Niederschlagsmessstationen im Raum Frankfurt/Main für den Zeitraum 1951–2000 (für Lücken/verkürzte Zeiträume siehe Tab. 2)

Die Verteilung des mittleren täglichen Niederschlags über den Gesamtzeitraum (1870–2015) zeigt vier recht gut voneinander abgrenzbare Niederschlagsniveaus (Abb. 8): 1) vergleichsweise geringe Niederschlagsmengen von der zweiten Januardekade bis zur zweiten Aprildekade[5], 2) ein mittleres Niveau im kurzen Zeitraum von Ende April bis zur zweiten Maidekade, 3) hohe Niederschlagsmengen von Ende Mai bis August und 4) ein mittleres Niveau im Rest des Jahres (September bis Anfang Januar). Eine Abbildung der jährlichen Zeitreihe der Jahresniederschlagsmenge für den Gesamtzeitraum 1870–2015 wird in diesem Beitrag nicht gezeigt, da die Belastbarkeit der Veränderungen vor 1951 aufgrund von fehlenden Metadaten und wechselnden Standorten als nicht gesichert angesehen werden kann.

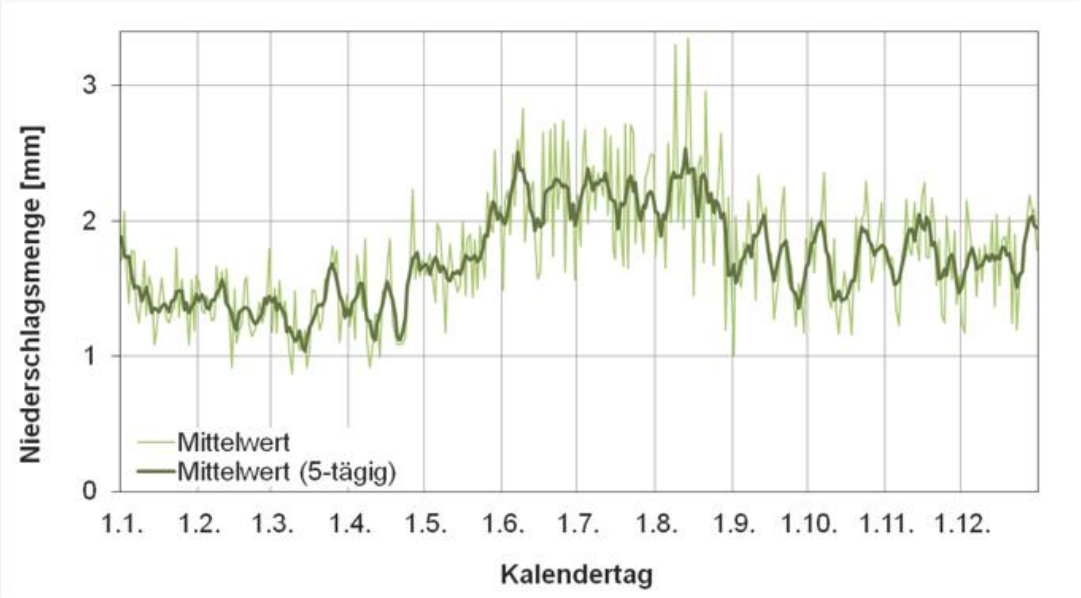


Abb. 8: Jahresgang der mittleren täglichen Niederschlagsmenge Frankfurt/Main (1870 –2015; bis 1950: Innenstadt; ab 1951: Flughafen)

Für die Niederschlagsstatistik der Frankfurter Reihe (Tab. 5) wird die kombinierte, auf den Standortwechsel nicht homogenisierte Zeitreihe täglicher Werte der Frankfurter Stadtstation (bis 1950) und dem Standort am Flughafen (ab 1951) verwendet. Im oberen Teil der Tabelle werden die Mittelwerte der Klimanormalperiode 1961–1990 und der vergangenen 30 Jahre 1986–2015 für den Standort am Flughafen gezeigt. Der Monat mit der höchsten mittleren Niederschlagsmenge verschiebt sich je nach betrachteter langjähriger Periode im Laufe der Zeit, befindet sich aber immer im Sommer (Juni, Juli oder August).

Das jährliche Niederschlagsminimum verschob sich in jüngster Zeit vom Februar (40 mm in der Periode 1961–1990) in den April hinein (37 mm in der Periode 1986–2015; Tab. 5). Seit Ende der 1980er Jahre fiel in ca. der Hälfte aller Aprilmonate häufig deutlich weniger als 30 mm Monatsniederschlag. Insgesamt ist am Frankfurter Flughafen in den vergangenen 30 Jahren (1986–2015) im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 ein Niederschlagsrückgang um ca. 10 % zu beobachten, der fast ausschließlich auf geringere Niederschläge im November und von März bis Juni zurückzuführen ist. Fehlender Niederschlag in der Pflanzenwachstumsphase stellt insbesondere für die Landwirtschaft eine Herausforderung dar.

[5] Als Dekaden werden in der Meteorologie neben den üblichen Zehnjahreszeiträumen auch Monatsdrittel bezeichnet (1. Dekade: 1.-10.; 2. ekade: 11.-20.; 3. Dekade: 21.-Monatsende)

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
1961–1990	mm	43	40	51	51	62	69	64	64	48	50	60	55	658
1986–2015	mm	44	41	43	37	55	58	67	58	51	52	49	54	604
Tägl. Maximum	mm	33,7	25,1	32,4	33,2	55,3	65	82,7	**109,7**	44	44,4	41,2	64	**109,7**
	Jahr	1936	1962	1957	1871	1944	1930	1999	1981	1967	1894	1939	1891	1981
Nasseste Periode	mm	119	119	115	110	158	182	203	**223**	149	169	153	160	**1057**
	Jahr	1995	1977	2001	1965	1978	1961	1882	1922	1957	1923	1872	1993	1965
Trockenste Periode	mm	2,3	0,8	3,3	**0,1**	4,3	9	1	1,4	0,7	3,9	1,1	1,1	**354**
	Jahr	1996	1896	1929	2007	1896	1962	1921	1991	1890	1908	2011	1890	1921

Tab. 5: Niederschlagsstatistik von Frankfurt/Main für 1870–2015 (bis 1950: Innenstadt; ab 1951: Flughafen); Mittelwerte für die Zeiträume 1961–1990 und 1986–2015 und Extremwerte mit den Jahren ihres Auftretens

Im Gegensatz zur Temperatur sind Niederschlagsveränderungen selbst bei nachgewiesener Homogenität der Zeitreihe nicht zwangsläufig regional einheitlich. Leider wurden die meisten der hier verwendeten Niederschlagsstationen im Frankfurter Raum zwischen 1995 und 2008 stillgelegt, so dass der Niederschlagsrückgang am Flughafen (1986–2015 vs. 1961–1990) nur mit den Standorten Mühlheim (vergleichbarer Rückgang der Niederschlagsmenge) und Frankfurt-Stadt (keine Veränderung der Jahresmenge; Aussage aufgrund von Standortveränderungen nicht gesichert, siehe Tab. 2) verglichen werden kann. Im Hessischen Landesmittel ist nur ein geringer Rückgang von 10 mm festzustellen, so dass die deutliche Veränderung am Flughafen im Zweifelsfall ein eher lokales Phänomen darstellt, das nur bedingt regionale Aussagekraft besitzt.

Bei Einbeziehung des Stationskollektives (Tab. 3; Daten ab 1951) waren die 1960er und 1980er Jahre an allen Stationen die nassesten Dekaden und die 1970er Jahre das trockenste Jahrzehnt. Die Jahre 1965 und 1981 treten dabei mit um oder über 1.000 mm/Jahr besonders hervor, alle anderen Jahre weisen flächendeckend, an allen hier betrachteten Stationen, weniger als 900 mm/Jahr auf. In der langen Frankfurter Reihe erreicht nur das Jahr 1882 noch ähnlich hohe Werte. Mit Ausnahme von Sindlingen war 1976 überall das trockenste Jahr.

Die trockensten und nassesten Monate sowie die höchsten täglichen Niederschläge in der kombinierten Frankfurter Reihe sind in Tab. 5 ersichtlich. Die für Abb. 8 beschriebenen vier Niederschlagsniveaus werden auch bei Betrachtung der nassen Extreme sichtbar, sowohl auf Monats- als auch Tagesbasis. Von Januar bis April werden maximal etwas mehr als 30 mm Tagesniederschlag und Monatssummen von nur wenig über 100 mm erreicht. Eine mittlere Position nimmt das Jahresende mit Tagesniederschlagsmengen über 40 mm (Dezember einmalig 65 mm, zweithöchster Wert 40,9 mm) und maximalen Monatsniederschlägen von zumeist etwas mehr als 150 mm ein. Von Juni bis August treten hingegen z.T. sehr hohe tägliche und monatliche Extreme auf.
Große Niederschlagsmengen in kurzer Zeit (wenige Minuten bis zu einem Tag) fallen im Frankfurter Raum zumeist zwischen Mai und August (Tab. 5). Von 1870 bis 2015 traten in der kombinierten Innenstadt-Flughafen-Reihe insgesamt 22 Ereignisse mit mehr als 50 mm Niederschlag in 24 Stunden auf, die sich mit einer Ausnahme (15. Dezember 1891) in der erwähnten Periode befanden. An fünf Tagen – alle im Hochsommer (Juli und August) gelegen – fielen mehr als 70 mm Niederschlag. Auch bei Betrachtung aller im Frankfurter Raum verfügbaren Zeitreihen (Tab. 3) traten Niederschlagssummen über 70 mm nur zwischen dem 25. Juni und dem 30. August auf.
Solche Niederschlagsmengen in kurzen Zeiträumen führen zu einer Vielzahl von Problemen – angefangen von Hochwasser auch größerer Flüsse bei großflächigen Ereignissen, bis hin zu Sturzfluten und lokalen, häufig sehr plötzlich auftretenden Überflutungen bei kleineren, häufig konvektiv bedingten Vorfällen. Hinzu kommen in beiden Fällen Bodenerosions- und Hangrutschungsgefahren.

Mit Ausnahme von Hattersheim[6] traten die höchsten 24-stündigen Niederschlagsmengen aller im Frankfurter Raum gelegenen Stationen (bezogen auf die in Tab. 3 angegebene Datenverfügbarkeit) am 9. August 1981 auf. Drei Stationen hatten mehr als 100 mm Niederschlag vorzuweisen (Frankfurt-Flughafen, Hattersheim

[6] Hier hatte ein Starkregenereignis am 6. Juli 1999 eine etwas höhere Menge aufzuweisen (106,7 mm; am 9. August 1981 fielen „nur" 102,8 mm)

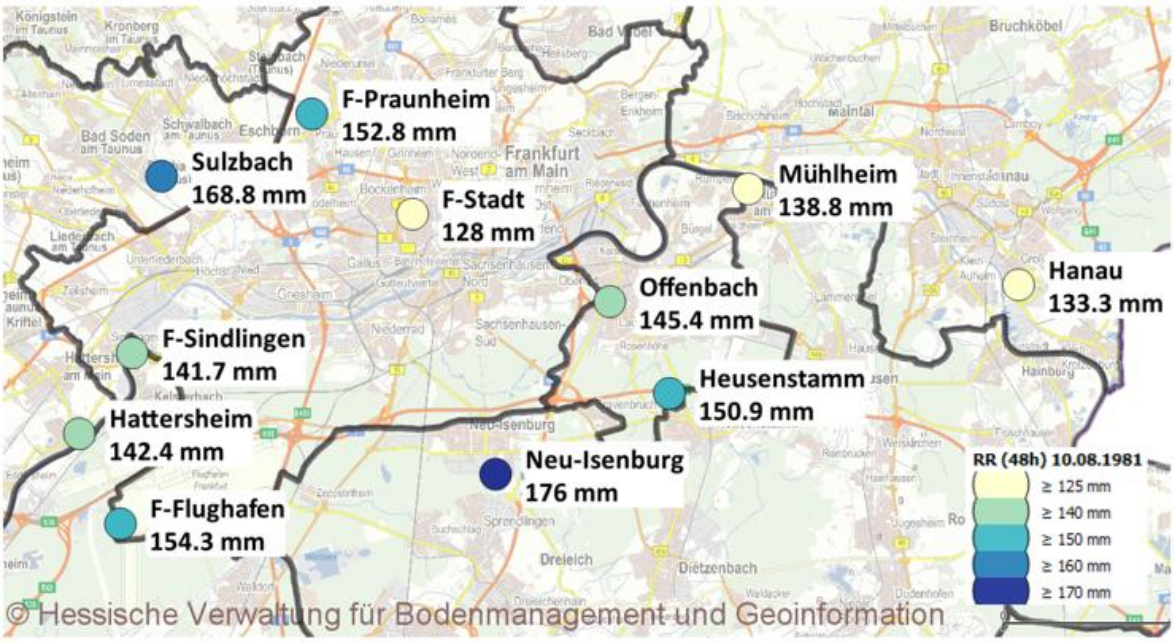


Abb. 9: 48-stündige Summe der Niederschlagsmenge am 9./10. August 1981

und Neu-Isenburg), an allen Stationen fielen mindestens 70 mm. Da sich die starken Niederschläge bis in den Folgetag (10. August) hinein erstreckten, kamen so im Raum Frankfurt in 48 Stunden zwischen 128 mm (Frankfurt-Stadt) und 176 mm Niederschlag (Neu-Isenburg) zusammen (Abb. 9). An beiden Tagen lag ein quasi-stationäres Niederschlagsband über der Mitte Deutschlands, aus dem es langanhaltend und ergiebig regnete. Der meiste Niederschlag fiel dabei in einem Streifen, der sich vom Frankfurter Raum bis ins östliche Thüringen hinein erstreckte.

Eine vergleichbare Situation, wenn auch mit flächig gesehen etwas geringeren Niederschlagsmengen, herrschte am 6. Juli 1999 vor – die Niederschlagsmaxima traten hier zwischen dem nordöstlichen Hunsrück und dem südöstlichen Frankfurt auf. Erwähnt werden soll noch das Ereignis vom 14. und 15. August 1922, bei dem in Frankfurt-Stadt 149 mm in 48 Stunden fielen, zu je gleichen Teilen gesplittet zwischen beiden Tagen. Hier liegen leider noch keine Vergleichsdaten naher Stationen vor[7]. Die Temperaturgegensätze zwischen Nord- und Süddeutschland und hohe Niederschlagssummen von Rheinland-Pfalz/Baden-Württemberg bis nach Thüringen/Südsachsen suggerieren jedoch eine Luftmassengrenze, die sich nur langsam in Richtung Alpen verlagerte.

5 Zusammenfassung und Fazit

Der vorliegende Beitrag widmet sich der Betrachtung der langzeitlich vorliegenden Klimadaten aus Frankfurt/Main Innenstadt (seit 1758 bzw. 1870) und Frankfurt/Main Flughafen (seit 1951). Dabei werden Mittelwerte und Veränderungen im Temperatur- und Niederschlagsregime auf verschiedenen Zeitskalen analysiert. Der Beitrag erweitert das Spektrum klimatologischer Betrachtungen im hessischen, aber auch deutsch-europäischen Raum und gibt einen aktuellen Einblick in gegenwärtig zu beobachtende Klimaveränderungen, u.a. durch Nutzung des aktuellen 30-jährigen Zeitraums 1986–2015.

In Kap. 2 werden **Datengrundlage und -qualität** der Frankfurter Klimazeitreihen ausführlich diskutiert. Die Zeitreihe der jährlichen Lufttemperatur seit 1758 basiert vor dem Jahr 1870 auf alten Quellenangaben, die im Laufe der Zeit von mehreren Wissenschaftlern akribisch überprüft und ausgewertet wurden. Die in täglicher Auflösung seit 1870 vorliegenden Klimadaten sind über den DWD digital zugänglich, inklusive verschiedener Metadaten zu den Zeitreihen. In diesem Beitrag werden die Daten von Lufttemperatur (tägliche Mittelwerte, Minima und Maxima) und Niederschlag (tägliche Summe) verwendet. Zwei kleinere Lücken der Innenstadtstation wurden über nahegelegene Nachbarstationen gefüllt. Der Einfluss von Urbanisierungseffekten auf die Lufttemperatur wird im Vergleich von Innenstadt- und Flughafenstation diskutiert. Elf in und um Frankfurt gelegene Niederschlagsmessstationen werden verwendet, um der (gegenüber der Lufttemperatur) deutlich größeren Heterogenität des Parameters Niederschlag Rechnung zu tragen.

Veränderungen der Lufttemperatur seit 1758 (auf jährlicher Basis) bzw. 1870 (auf täglicher Basis) werden in Kap. 3 analysiert. Stärkstes Änderungssignal ist die sehr deutliche Erwärmung seit 1988. In der 260-jährigen Zeitreihe überlagert die natürliche Jahr-zu-Jahr-Variabilität bis in die 1980er Jahre hinein zumeist langzeitliche

[7] Fortlaufende Digitalisierungsbemühungen des Deutschen Wetterdienstes lassen eine digitale Verfügbarkeit bisher nur in Archiven greifbarer Klimadaten erhoffen.

Trendentwicklungen, seit 1988 waren jedoch 24 der 28 Jahre (zumeist deutlich) wärmer als jedes andere Jahr in den 230 Jahren zuvor. Die seit 1758 gültige klimatische Schwankungsbreite von 1 K (basierend auf 30-jährig gleitenden Mittelwerten) wurde in den vergangenen 30 Jahren (1986–2015) aufgrund des starken Temperaturanstiegs auf 2 K verdoppelt. Gleichzeitig traten seit 1988 kaum noch Kälterekorde, dafür umso mehr Wärmerekorde auf. Warme Extreme kamen seitdem etwa dreimal so häufig wie statistisch erwartbar vor.

Die Erwärmung der vergangenen 30 Jahre (1986–2015, verglichen mit 1961–1990) trat ganzjährig auf, am deutlichsten im Januar, April und August, am geringsten im September und Oktober. Der Zeitpunkt der tiefsten jährlichen Temperaturen hat sich vom sog. „Hochwinter" Mitte Januar in den vergangenen 30 Jahren in Richtung Ende Januar/Anfang Februar verschoben, die im Mittel höchsten Temperaturen traten weiterhin zu den sog. „Hundstagen" Ende Juli/Anfang August auf. Die tiefsten Wintertemperaturen wurden vor langer Zeit aufgezeichnet – im 18. und 19. Jahrhundert traten selbst in der Frankfurter Innenstadt nicht selten Winter mit Tiefstwerten unter -20°C auf (Minimum: -27,9°C am 2.2.1830). Die höchsten Temperaturen wurden hingegen am Ende der Zeitreihe im Sommer 2015 gemessen, wo am 7. August an der Station in der Frankfurter Innenstadt fast 40°C erreicht wurden (39,6°C). Im Vergleich mit einem Kollektiv von 42 langjährigen europäischen Klimastationen von England bis in die Ukraine stellte die Frankfurter Überschreitung der früheren Rekordwerte den deutlichsten Temperatursprung dar (HOY et al. 2016).

Variationen des Niederschlags, die in Kap. 4 betrachtet werden, sind räumlich und zeitlich deutlich heterogener als die der Temperatur. Die jährlichen Mittelwerte der Niederschlagssumme im Zeitraum 1951–2000 liegen in der Frankfurter Region (ohne Taunus) zwischen 644 und 728 mm bei recht ähnlicher Höhenlage (88 bis 130 m). Die Ungleichheiten sind voranging durch die je nach Anströmrichtung wirksame unterschiedliche topografische Beeinflussung bedingt. Die im langjährigen Durchschnitt geringsten Niederschlagsmengen fallen von Mitte Januar bis Mitte April, während insbesondere von Anfang Juni bis Mitte August im Mittel vergleichsweise hohe tägliche Mengen registriert werden. In den vergangenen 30 Jahren (1986–2015, verglichen mit 1961–1990) verschob sich das jährliche Niederschlagsminimum vom Februar in den April hinein.

Aufgrund der starken jährlichen sowie dekadischen Schwankungen der Niederschlagsmenge kann, auch bei Verwendung der Frankfurter Innenstadtdaten ab 1870, keine gesicherte Trendaussage aus den beobachteten Veränderungen abgeleitet werden. Entscheidende Faktoren sind hier auch Unsicherheiten und Veränderungen in den Messmethoden und -geräten. Seit 1951 waren die 1960er und 1980er Jahre an allen Stationen am nassesten und die 1970er Jahre am trockensten. Sehr hohe Niederschlagsmengen in kurzer Zeit fallen zumeist zwischen Mai und August. Extrem hohe Tagesniederschlagsmengen über 70 mm traten an allen elf Stationen allerdings nur im Juli und August auf. Die auch flächendeckend größten Niederschlagsmengen seit 1951 fielen am 9. und 10. August 1981 und am 6. Juli 1999 mit z.T. über 100 mm Niederschlag in 24 Stunden.

Abschließend sei bemerkt, dass Variationen klimatischer Verhältnisse per se natürliche Phänomene sind, die dem Begriff des Klimas inhärent sind. Konstante klimatische Verhältnisse existieren nicht und haben zu keiner Zeit an keinem Ort der Erde existiert. Im erdgeschichtlichen Kontext waren die globalen klimatischen Verhältnisse der vergangenen Jahrtausende sogar bemerkenswert konstant. Dennoch sind die in den rezenten Jahrzehnten weltweit beobachteten klimatischen Veränderungen im Kontext der vergangenen Jahrhunderte einmalig. Dies trifft insbesondere auf Veränderungen der Lufttemperatur zu. Diese lassen sich anhand von z.T. seit dem 17. Jahrhundert vorliegenden Messreihen aus Paris (seit 1658; ROUSSEAU 2015), Mittelengland (seit 1659; MANLEY 1974, aktualisiert) und weiteren europäischen Standorten nach dem Jahr 1700, sowie der von verschiedenen Instituten (z.B. NASA, NOAA, CRU, BerkeleyEarth) erhobenen globalen Durchschnittstemperatur belegen. Eine proxybasierte Rekonstruktion europäischer Sommertemperaturen bestätigt die klimatische Außergewöhnlichkeit der rezenten Dekaden für den europäischen Sommerzeitraum (Juni bis August) sogar für die vergangenen zwei Jahrtausende (LUTERBACHER et al. 2016). In der zitierten Studie war der (auch hier verwendete) rezente Zeitraum 1986–2015 die wärmste Periode überhaupt. Die für Frankfurt/Main in diesem Beitrag seit 1758 bzw. 1870 diskutierten Temperaturveränderungen ordnen sich in dieses Gesamtbild ein und erweitern es auf regionaler Ebene.

6 Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. Schönwiese (Goethe Universität Frankfurt/Main, emeritiert) für Quellenhinweise und Diskussionsmöglichkeiten, ebenso bei den Kolleginnen des Fachzentrum Klimawandel Hessen für die kritische Durchsicht der Arbeit. Außerdem herzlichen Dank an die Bibliothek des HLNUG sowie die Hochschul- und Landesbibliothek Rhein-Main für die Bereitstellung z.T. sehr alter Literaturquellen.

7 Literatur

AUER, I., BÖHM, R., SCHÖNER, W. (2001): Austrian Long-term Climate 1767 - 2000: Multiple Instrumental Climate Time Series from Central Europe. In: Österr. Beiträge Meteorol. Geophys. 25. ZAMG, Wien, 155 S.

ANIOL, R. (1954): Über starke Niederschläge im Gebiet Taunus – Odenwald. Ber. Dt. Wetterdienst 11. Offenbach a. M., 16 S.

AUGTER, G. (2013): Vergleich der Referenzmessungen des Deutschen Wetterdienstes mit automatisch gewonnenen Messwerten. 2. Aufl., Ber. Dt. Wetterdienst 238. Offenbach a. M., 61 S.

BÖHM, R., JONES, P.D., HIEBL, J., FRANK, D., BRUNETTI, M., MAUGERI, M. (2010): The early instrumental warm-bias: a solution for long central European temperature series 1760–2007. Clim. Change 101(1-2): 41–67. DOI: 10.1007/s10584-009-9649-4.

BRÁZDIL, R., BĚLÍNOVÁ, M., DOBROVOLNÝ, P., MIKŠOVSKÝ, J., PIŠOFT, P., ŘEZNÍČKOVÁ, L., ŠTĚPÁNEK, P., VALÁŠEK, H., ZAHRADNÍČEK, P. (2012): History of Weather and Climate in the Czech Lands IX. Temperature and Precipitation Fluctuations in the Czech Lands During the Instrumental Period. Masaryk University, Brno, 236 S., ISBN 978-80-210-6052-4.

BRINCKMANN, S. (2005): Anwendung der schrittweisen Regression auf Temperatur-Zeitreihen zur Separierung anthro-pogener und natürlicher Einflüsse. Diplomarbeit. Univ. Frankfurt a. M., 116 S.

EISENHARDT, T. (1968): Klimaschwankungen im Rhein-Main-Gebiet seit 1880. Bundesforschungsanstalt für Landes-kunde und Raumordnung. Bad Godesberg., ca. 200 S.

FRÜH, B., KOßMANN, M., ROOS, M. (2011): Frankfurt am Main im Klimawandel – Eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung. Ber. Dt. Wetterdienst 237. Offenbach a. M., 68 S.

GRIESEL, H. (1988): Das Klima von Frankfurtt 1756–1980. Diplomarbeit. Univ. Frankfurt a. M., 266 S.

HIEN, S. (2012): Höhengradient des Niederschlags im Taunus. Bachelorarbeit. Univ. Frankfurt a. M., 62 S.

HOY, A., HÄNSEL, S., SKALAK, P., USTRNUL, Z., BOCHNÍČEK, O. (2016): The extreme European summer of 2015 in a long-term perspective. Int. J. Climatol. doi: 10.1002/joc.4751.

KASPAR, F. & HANNAK, L. (2016): Zur Auswirkung der Automatisierung der Temperaturmessungen auf die Messreihen des Deutschen Wetterdienstes. Mitteilungen DMG 02/2016, S. 8-9.

LUTERBACHER, J. et al. (2016): European summer temperatures since Roman times. Env. Res. Letters 11, 024001, doi: 10.1088/1748-9326/11/1/024001.

MANLEY, G (1974) Central England Temperatures: monthly means 1659 to 1973. Q.J.R. Meteorol. Soc. 100: 389-405.

MOLLWO, H. (1958) Klimawerte von Frankfurt/Main 1857-1956. Ber. Dt. Wetterdienst 43. Offenbach a. M., 60 S.

PARKER, D.E. (1994): Effects of changing exposure of thermometers at land stations. Int. J. Climatol. 14(1): 1–31. DOI: 10.1002/joc.3370140102.

RAPP, J. (2000): Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland. Ber. Dt. Wetterdienst 2012. Offenbach a. M., 145 S.

RAPP, J. & SCHÖNWIESE, C.D. (1996): Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891-1990. Frankfurter Geowiss. Arb., Bd. B5, 2. Aufl., Frankfurt a. M.

ROUSSEAU, D. (2015) Variabilité des températures mensuelles à Paris de 1658 à 2014. XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, 597-602.

SCHÖNWIESE, C.D. (2015): Die Temperaturreihe Frankfurt a. M. 1758–2014. Mitteilungen DMG 02/2015, S. 8.

WACHTER, H. (1939): Das Klima von Frankfurt am Main, Nachtrag III. Ber. Meteor.-Geophys. Inst. Frankfurt a. M. 5. ,31 S.

WINKLER, P. (2009): Revision and necessary correction of the long-term temperature series of Hohenpeissenberg, 1781–2006. Theor. Appl. Climatol. 98(3-4): 259–268. doi: 10.1007/s00704-009-0108-y.

ZIEGLER, J. & KÖNIG, W. (1896): Das Klima von Frankfurt am Main. Frankfurt a. M., 68 S.

ZIEGLER, J. & KÖNIG, W. (1901): Das Klima von Frankfurt am Main, Nachtrag. Frankfurt a. M., 51 S.

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AO	Arctic Oscillation
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
CPC	Climate Prediction Center
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECA&D	European Climate Assessment & Dataset
EM	European-Modell
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GME	Globalmodell
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
ICON	ICOsahedral Nonhydrostatic model
KSB	Klimastatusbericht
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
UTC	Universal Time Coordinated
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie

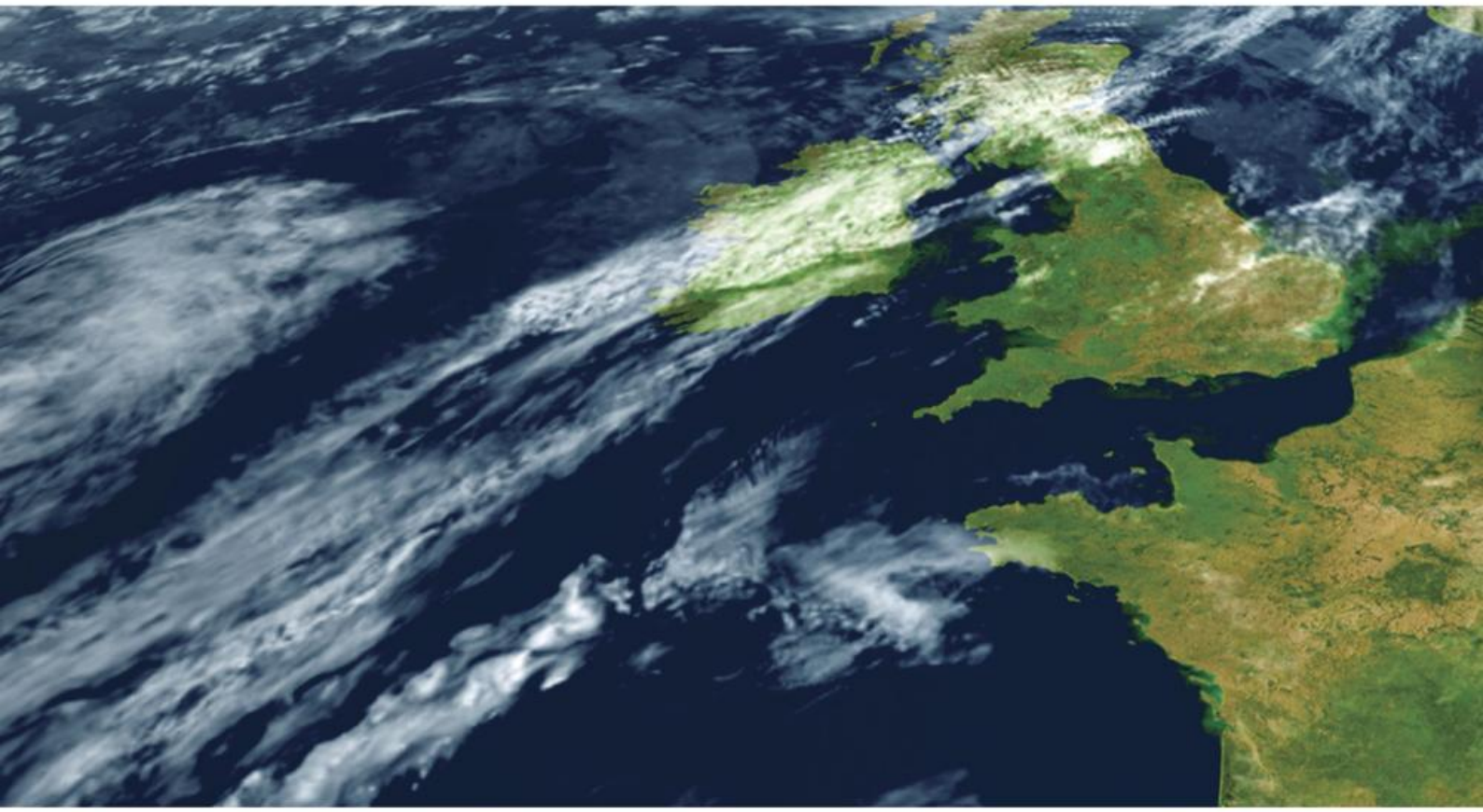
Autorenverzeichnis

Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dwd.de
Fildebrandt, Jens	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Jens.Fildebrandt@dwd.de
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Gerber, Marie	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Marie.Gerber@dwd.de
Hoy, Andreas	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) Rheingaustr. 186 65203 Wiesbaden	andreas.hoy@hlnug.hessen.de
Imbery, Florian	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Florian.Imbery@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Kühl, Laura		Laura.Kuehl@gmx.ch
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Franz-Josef.Loepmeier@dwd.de
Mächel, Hermann	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hermann.Maechel@dwd.de
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Wegener, Mareen	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Mareen.Wegener@dwd.de

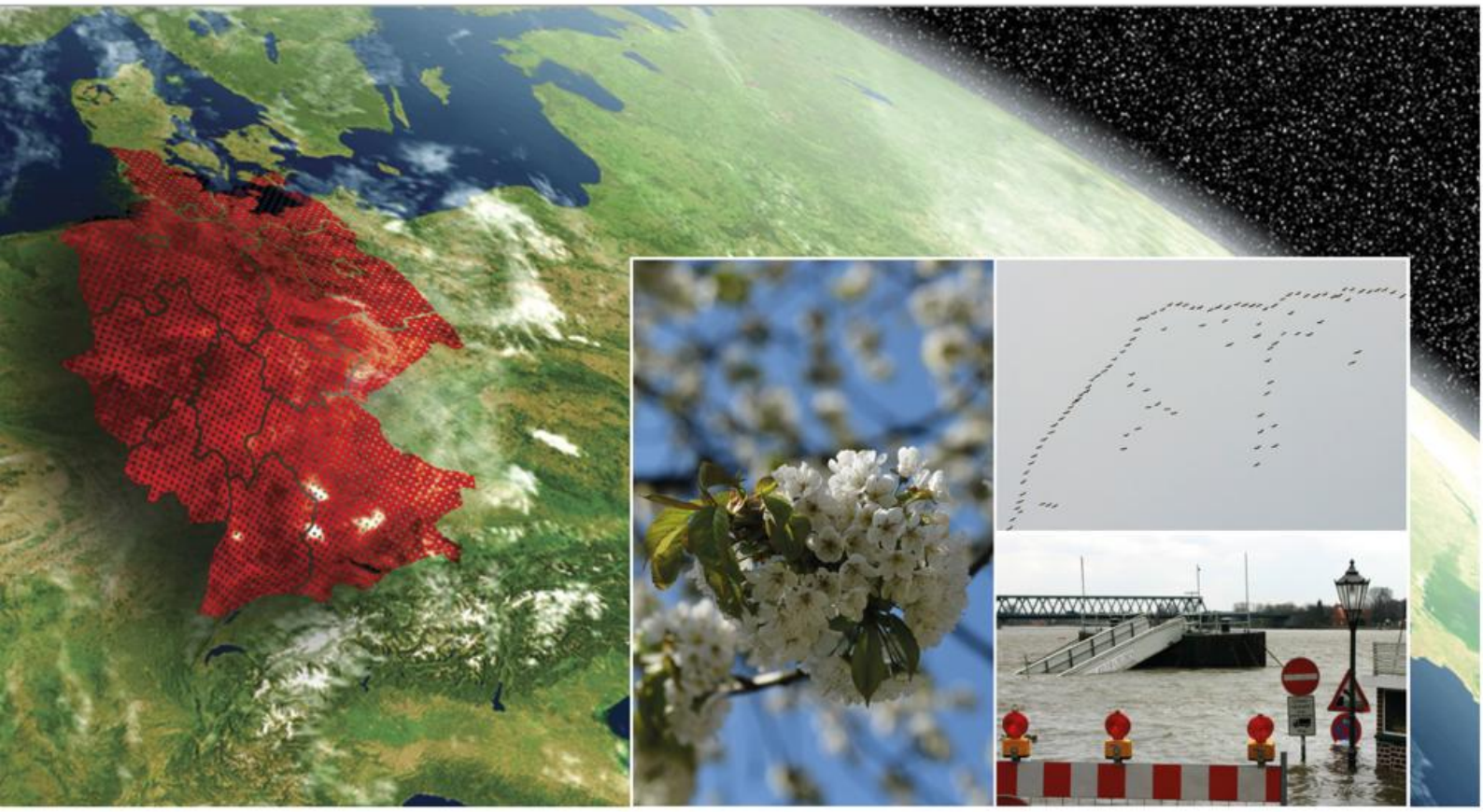
Zimmermann, Kirsten

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Kirsten.Zimmermann@dwd.de



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Klimastatusbericht 2016

- Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitorings
- Das phänologische Jahr in Deutschland betrachtet von 1997 bis 2016
- 50 Jahre Beobachtung heimkehrender Zugvögel im Vogtland
- Das Deutsche Klimabeobachtungssystem GCOS
- Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 21. Jahrhundert

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Karsten Friedrich
e-mail: karsten.friedrich@dwd.de

Juliane Breyer
e-mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Titelbild: Baumblüte, Vogelzug (Quelle: K. Friedrich); Hochwasser (Quelle: DWD)

Urheberrecht

Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst“ gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrücklich Genehmigung ist untersagt.

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

global gesehen war das Jahr 2016 das bisher wärmste Jahr seit dem Beginn der flächendeckenden Wetteraufzeichnungen. Auch in Deutschland wurde wieder ein sehr warmes Jahr beobachtet. Das Jahr 2016 belegte den Platz 8 in der Rangfolge der wärmsten Jahre seit 1881, den es sich aber mit den Jahren 1934, 1989, 1990, 1999, 2006 und 2008 teilen musste. Außergewöhnlich war im Jahr 2016 vor allem die Witterungsperiode von Ende Mai bis Anfang Juni. In dieser Zeit kam es durch stationäre Niederschlagsereignisse zu extremen lokalen Hochwassersituationen. Die Orte Braunsbach und Simbach/Inn werden dabei in Erinnerung bleiben. Im September ging der Sommer in die Verlängerung und brachte uns einen der wärmsten Septembermonate sein Beginn der flächendeckenden Wetterbeobachtung.

Weitere Ergebnisse der Klimaüberwachung, der Agrarmeteorologie und der Ozonbeobachtungen in Deutschland sowie ein Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten".

In diesem Klimastatusbericht werden auch wieder mehrere Sonderthemen beleuchtet. Neben der Betrachtung des phänologischen Jahres für den Zeitraum 1997-2016 aus Sicht der Pflanzenentwicklung wird auch auf die Entwicklung der Ankunftstermine von Zugvögeln in den zurückliegenden 50 Jahren geblickt.

Außerdem werden in einer umfangreichen Tabelle die Extremereignisse seit dem Jahr 2001 in Deutschland dokumentiert. Und kurz werden die Aufgaben des Deutschen Klimabeobachtungssystems, dem deutschen Beitrag zu dem Global Climate Observing System (GCOS), genannt.

Freuen Sie sich also auf einen interessanten Klimastatusbericht, der dieses Jahr bereits in der 20. Ausgabe erscheint.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Die Witterung in Deutschland 2016 5
Extremwertkarte 18
Das Strahlungsjahr 2016 19
Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2016 20
Objektive Wetterlagenklassen 2016 25
Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2016 32
Wetterrückblick Wein 2016 48
Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre 50
Ozon in der Stratosphäre 56
Rückblick auf das Klima in Europa im Jahr 2016 59
Das Klima 2016 im globalen Maßstab 83

Das phänologische Jahr in Deutschland betrachtet von 1997 bis 2016 89
50 Jahre Beobachtung heimkehrender Zugvögel im Vogtland 91
Das Deutsche Klimabeobachtungssystem GCOS 99
Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 21. Jahrhundert 100

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 112
Autorenverzeichnis 113

Die Witterung in Deutschland 2016

K. Friedrich, F. Imbery

Mit einer Mitteltemperatur von 9,5°C war das Jahr 2016 wieder ein sehr warmes Jahr. Die Jahre 1934, 1989, 1990, 1999, 2006 und 2008 erreichten die gleiche Mitteltemperatur und belegen somit die Plätze 8 bis 14. Damit ergibt sich gegenüber der international gültigen Klimareferenzperiode 1961-1990 eine Abweichung von +1,3 K. Das Jahr begann recht mild. Der Januar war +1,5 K zu warm, der Februar sogar +2,9 K. Die folgenden Monate waren wärmer als normal, blieben aber unter +2 K Abweichung. Der Monat September erreichte eine Anomalie von +3,6 K. Der Oktober und der November waren etwas kühler als normal, der Dezember wieder etwas wärmer. Zusammen mit dem Dezember 2015 war der Winter 2015/2016 extrem mild. Richtiger Hochsommer stellte sich erst im letzten Augustdrittel ein und reichte bis Mitte September. Die erste Novemberhälfte war recht frostig. Winterliche Witterung konnte sich aber auch im Dezember nicht durchsetzen.

Im Vergleich zu 1961-1990 waren insgesamt 10 Monate des Jahres zu warm und nur 2 zu kalt (Oktober und November).

Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr als Ganzes gesehen zu trocken. Mit 733,1 mm erreichte es 92,9 % der vieljährigen Mittelwerte und war damit im Vergleich zur Bezugsperiode um -55,8 mm zu trocken. Als 92.-nassestes oder 45.-trockenstes Jahr seit 1881 und als 80.-nassestes oder 37.-trockenstes seit 1901 ordnet es sich in die zu trockenen Jahre der Klimazeitreihen ein. Damit waren die letzten 6 Jahre trockener als im vieljährigen Mittel.

Bei der Betrachtung der Einzelmonate sind erhebliche Unterschiede erkennbar. 8 Monate waren trockener und entsprechend 4 Monate nasser als normal. Im Juni wurden die meisten Niederschläge beobachtet. Mit 115,5 mm wurde das Niederschlagssoll um +36,5 % übertroffen. Der trockenste Monat war der Dezember mit lediglich 26,5 mm und einem Niederschlagsdefizit von -62,3 %. Nur der Januar, der Februar und der Juni waren deutlich feuchter als normal. Die Monate März, August, September und Dezember waren deutlich zu trocken.

Insgesamt brachte das Jahr 2016 im Deutschlandmittel 1607,4 Sonnenstunden und lag damit geringfügig über dem vieljährigen Mittelwert. Der Überschuss betrug +63,4 Stunden oder +4,1 % gegenüber der internationalen Referenzperiode. Damit ordnet sich das Jahr als 31.-sonnenscheinreichstes Jahr seit 1951 in die vorliegende Klimazeitreihe ein.

Der höchste Sonnenscheinüberschuss wurde mit +69,7 % im Dezember beobachtet, eine Abweichung von +26,5 Stunden. Im Oktober schien die Sonne nur an 61,4 Stunden, dies entspricht einem Defizit von -43,4 %. Nach den Monaten August und Mai war der September mit 215,2 Stunden der 3.-sonnenscheinreichste Monat des Jahres 2016.

Das Thermopluviogramm (Abb. 1) zeigt Abweichungen der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2016 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Flächenmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Flächenmittel vom klimatologischen Flächenwert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen Flächenmitteles der Niederschlagshöhe im Verhältnis zum vieljährigen Flächenmittel in Prozent [%].

Für den Winter werden der Dezember des zurückliegenden Jahres und die Monate Januar und Februar des gezeigten Jahres betrachtet. In der Abb. 1 wird deutlich, wie warm vor allem der Winter und der Sommer und damit das Jahr 2016 waren. Nur der Oktober und der November waren kälter als normal.

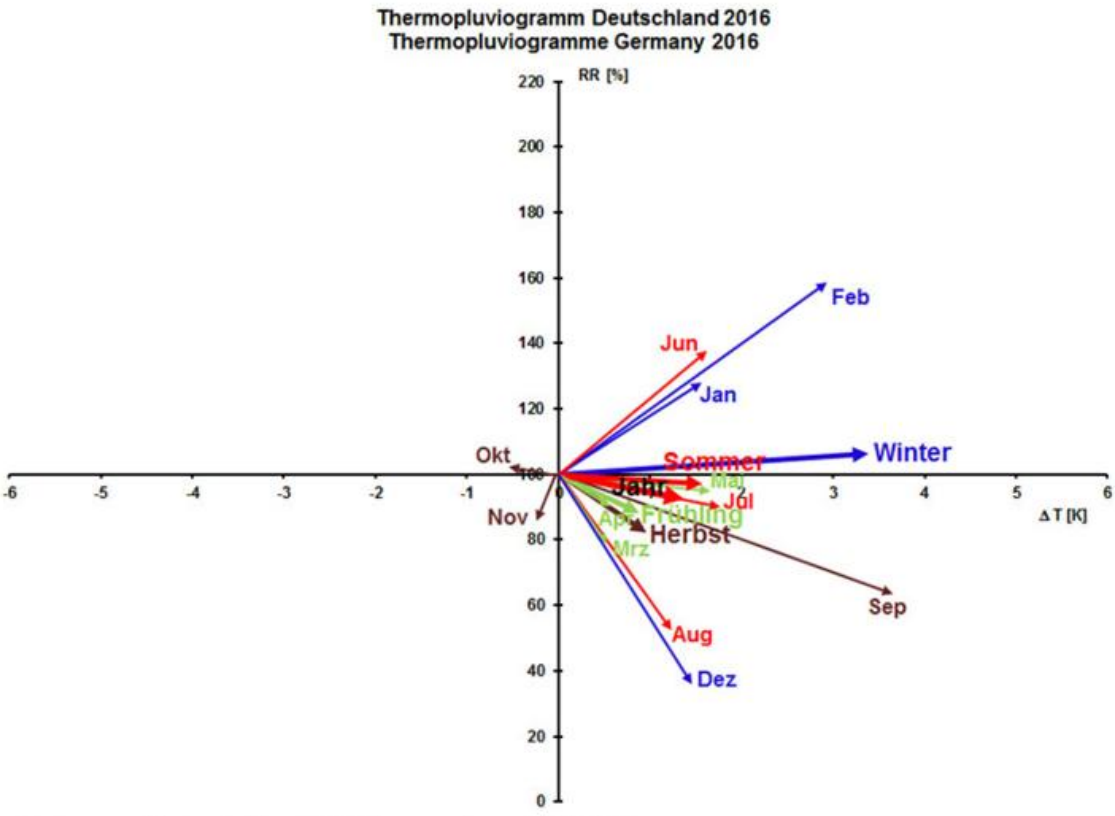


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2016 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

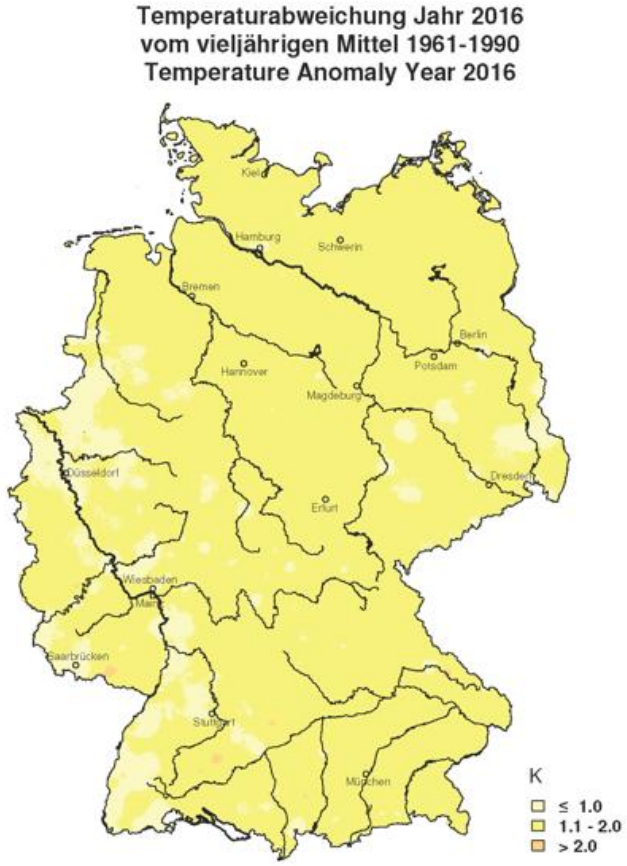
Der Nordosten Deutschlands lag Anfang des Monats **Januar 2016** im Einfluss trockener und kalter Luft aus Skandinavien und Russland, während der Südwesten noch durch feucht-warme mediterrane Luftmassen beeinflusst wurde. Mitte Januar herrschte dann in ganz Deutschland winterliches Wetter mit verbreitetem Dauerfrost. Im letzten Drittel herrschten aufgrund einer südwestlichen Strömung wieder in ganz Deutschland milde Temperaturen. Damit begann nach dem sehr milden Dezember 2015 auch 2016 mit einer positiven Temperaturanomalie mit überdurchschnittlich vielen Niederschlägen und einer durchschnittlichen Anzahl an Sonnenstunden.

Milde Luftmassen prägten die erste Monatshälfte des Monats **Februar 2016**. Erst ab der Monatsmitte konnten für kurze Zeit gebietsweise typische Februartemperaturen beobachtet werden. An eine darauf folgende sehr milde Phase schloss sich zum Monatsende wieder eine etwas kühlere Phase mit monatstypischen Temperaturen an. Immer wieder wurden im Monatsverlauf Niederschläge beobachtet. Insgesamt führte die Niederschlagssumme zu einem deutlichen Überschuss. Trotz einiger recht sonniger Tage am Monatsende konnte das Sonnenscheinsoll nicht erreicht werden.

Der extrem milde Dezember und der sehr milde Februar führten insgesamt zu einem sehr milden **Winter 2015/16**. Über den Jahreswechsel fielen die Temperaturen im Nordosten deutlich unter die vieljährigen Mittelwerte und Mitte Januar über etwa eine Woche in ganz Deutschland. Ende Februar erreichten die Temperaturen jahreszeitlich typische Werte. Sonst wurden deutlich zu warme Temperaturen beobachtet.
Der Dezember war zu trocken. Im Januar und Februar wurden überdurchschnittliche Niederschlagsmengen beobachtet. Aufgrund der hohen Temperaturen fiel allerdings selten Schnee bzw. blieb er auch in höheren Lagen nicht lange liegen. Der Dezember war der sonnenscheinreichste Wintermonat. Die Summe der Sonnenscheinstunden blieb im Februar unter dem vieljährigen Mittel.

Kühlere Luftmassen prägten die erste Hälfte des Monats **März 2016** in den meisten Teilen Deutschlands. Erst zum Monatsende stiegen die Temperaturen deutlich an und führten dazu, dass die Monatsmitteltemperatur die vieljährigen Mittelwerte überstieg. Trotz der deutschlandweiten geringeren Niederschläge konnte die mittlere Sonnenscheindauer nicht erreicht werden. Nur in der Mitte Deutschlands wurde die vieljährige Monatssumme der Niederschläge übertroffen. In Nord- und Süddeutschland gab es Gebiete, in denen nur 50 % der vieljährigen Niederschlagssumme beobachtet wurde. Im Nord- und Südwesten lag die monatliche Sonnenscheindauer über den Normalwerten.

Trotz regional zum Teil starker Abweichungen war der **April 2016** im Mittel ein sehr durchschnittlicher Monat. So lag die Monatsmitteltemperatur für ganz Deutschland im Mittelfeld der langjährigen Rangfolge der Aprilmonate.





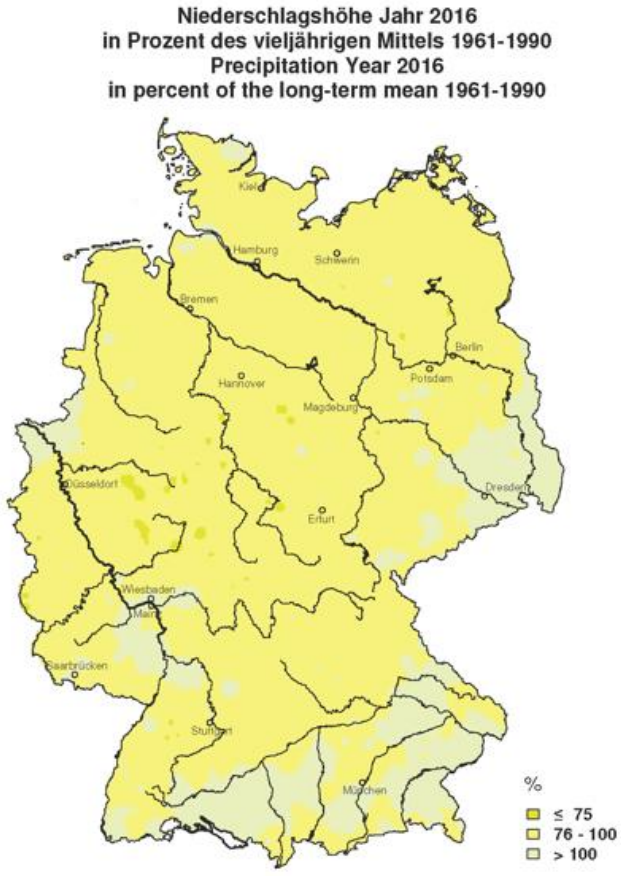
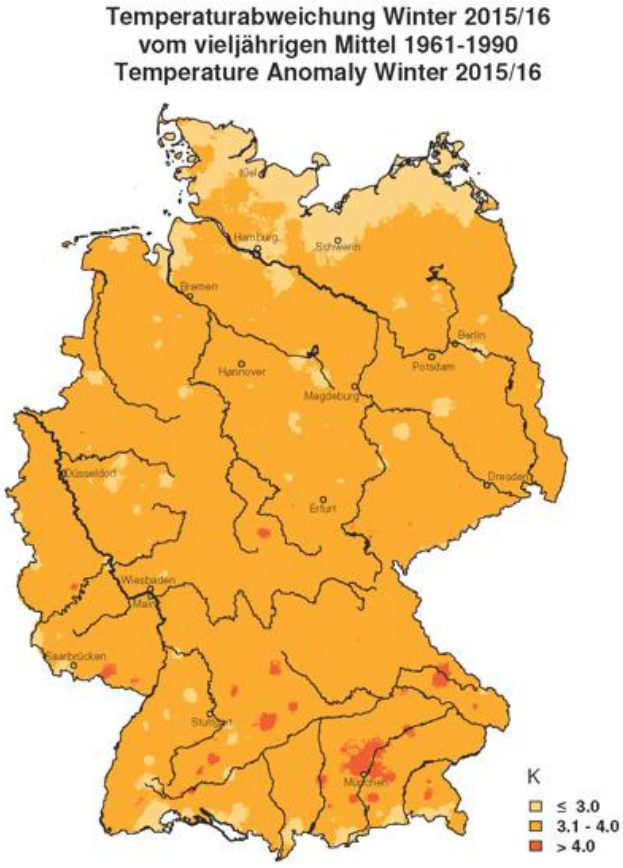
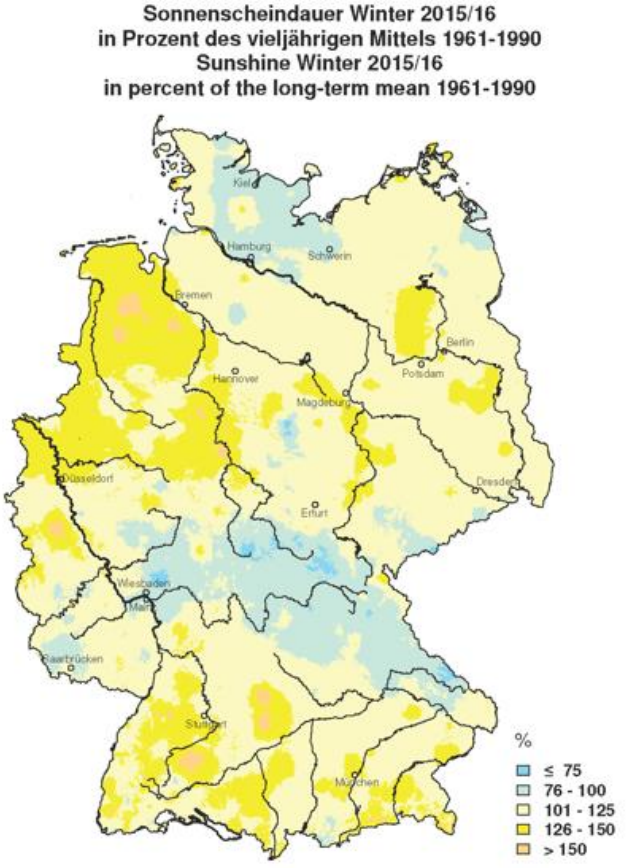


Abb. 2: Jahresabweichung 2016 vom vieljährigen Mittel 1961-1990





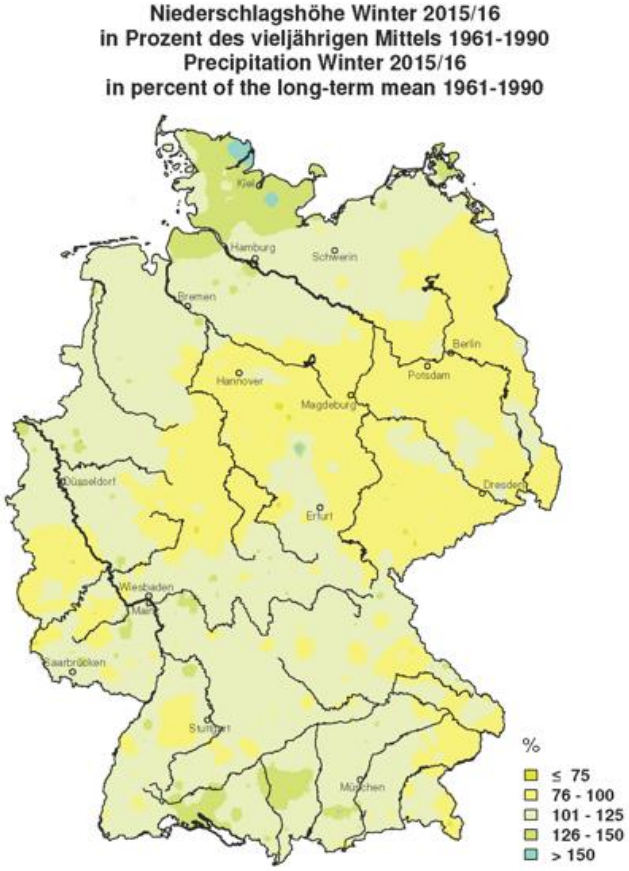


Abb. 3: Abweichung der Jahreszeit Winter des vieljährigen Mittel 1961-1990

Allerdings prägten kühle polare Luftmassen die dritte Monatsdekade in den meisten Teilen Deutschlands. Auch die Niederschlagssummen waren für ganz Deutschland eher durchschnittlich, mit einem prägnanten Niederschlagsüberschuss im Südwesten und Niederschlagsdefiziten im Osten. Dementsprechend wenige Sonnenstunden gab es im Süden und überdurchschnittlich viele Sonnenstunden im Osten und Nordosten.

Einem warmen Monatsstart in den **Mai 2016** folgte ein deutlicher Temperatureinbruch zur Monatsmitte pünktlich zu den Eisheiligen. In der Mitte der dritten Monatsdekade lagen die Tagesmitteltemperaturen gebietsweise nochmals unter den vieljährigen Mittelwerten. Insgesamt war der Mai aber deutlich zu warm. Die höchsten Anomalien wurden im Norden mit über +2 K beobachtet. Im Süden lagen die Mittelwerte etwas über dem vieljährigen Mittel, nur im Südwesten darunter. Bis zur Mitte der dritten Monatsdekade war der Mai sehr trocken. Starke Schauer und Gewitter zogen ab Fronleichnam besonders über den Süden Deutschlands und führten meist kleinräumig zu erheblichen Überschwemmungen. Nördlich der Mainlinie blieb die Niederschlagssumme meist unter dem Monatssoll. Im Nordosten fielen weniger als 25 mm. Dafür wurden in dieser Region die meisten Sonnenstunden beobachtet.

Alle drei **Frühling**smonate **2016** waren wärmer und trockener. Die größte Temperaturanomalie wurde im Mai beobachtet, März und April lagen nur leicht über dem vieljährigen Mittelwert. Die Niederschlagssummen der Einzelmonate lagen etwas unter dem vieljährigem Mittel, der März war der trockenste Monat der drei Frühlingsmonate. Der Mai brachte die höchste Anzahl an Sonnenscheinstunden und hatte auch einen Überschuss als Einzelmonat. Im März wurden die wenigsten Sonnenstunden beobachtet, aber nicht nur weil er sein Monatssoll nicht erreichte.

Mit regional zum Teil ausgeprägten Abweichungen war der **Juni 2016** ein zu warmer Monat. So lag die Monatsmitteltemperatur für ganz Deutschland im Mittelfeld der langjährigen Rangfolge der Junimonate. Insbesondere der Nordosten des Landes wies zum Teil starke positive Temperaturanomalien auf. Mit markanten Stark- und Extremniederschlagsereignissen in vielen westlichen und südlichen Regionen Deutschlands lag die mittlere Niederschlagssumme im Juni 2016 in Deutschland über dem vieljährigen Mittel. Dies trotz trockener Bedingungen in einem breiten Streifen von München über Nürnberg, Erfurt, Magdeburg, Berlin nach Stralsund. Demensprechend wenige Sonnenstunden gab es im Süden und Westen und überdurchschnittlich viele Sonnenstunden im Osten und Nordosten.

Mit regional nur geringfügigen Abweichungen war der **Juli 2016** zwischen +1 und +2 K zu warm. Der Monat begann meist etwas kühler als normal und hatte zu Beginn der zweiten Monatsdekade unterdurchschnittliche Temperaturen. Sonst lagen die Tagesmitteltemperaturen über dem vieljährigen Mittel. In den kühleren Phasen wurden meist Niederschläge beobachtet. In der Summe blieb aber die Niederschlagsmenge des Julis für ganz Deutschland unter dem vieljährigen Mittel. Dabei ergaben sich räumlich starke Unterschiede. Während der Juli besonders im Westen deutlich zu trocken ausfiel (teilweise unter 50 % der normalen Niederschlagsmenge) erreichte die Niederschlagssumme in Teilen Bayerns und im Osten Deutschlands Abweichungen von 150 %. Die Anzahl der Sonnenstunden blieb fast in ganz Deutschland unter dem vieljährigen Mittel. Nur im Süden Deutschlands, in Teilen von Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen überschritt die Summe der Sonnenscheinstunden in größeren Gebieten das vieljährige Mittel. Insgesamt blieb aber die Anzahl der Sonnenstunden unter dem vieljährigen Wert.

Die **August**temperatur **2016** lag im landesweiten Mittel mit +1,2 K über dem vieljährigen Mittelwert. Dies lag unter anderem an einer für Ende August ausgesprochen intensiven Hitzeperiode mit Höchsttemperaturen bis zu 37,9°C. Dabei war der August ausgesprochen trocken. Das Flächenmittel der Niederschläge erreichte in diesem Monat nur ca. 60 % der vieljährigen Niederschlagssummen. Die Sonnenscheindauer stieg dank des sehr sonnigen Monatsendes verbreitet auf bis zu 130 % der mittleren Sonnenscheindauer für diesen Monat.

Im **Sommer 2016** folgte einem etwas zu warmen Juni mit zum Teil extremen Starkniederschlagsereignissen im Süden und im Westen ein unauffälliger Juli mit durchschnittlichen Temperatur- und Niederschlagswerten. Der August war im Mittel ebenfalls nur leicht zu warm mit einem ausgeprägten Niederschlagsdefizit. Somit war der Sommer 2016 insgesamt etwas zu warm. Es ergab sich über die Sommermonate ein geringes Niederschlagsdefizit und eine mittlere Anzahl an Sonnenscheinstunden.

Der **September 2016** war ein ausgesprochen warmer, trockener und sonnenscheinreicher Herbstbeginn (meteorologischer Herbst: September bis November). Zusammen mit 2006 war es der bisher wärmste Septembermonat seit dem Beginn der flächendeckenden Messung im Jahr 1881. Zwischen 9. und 15. September kehrte deutschlandweit der Sommer zurück. Oft wurden sogar Heiße Tage (Tmax ≥ 30°C) beobachtet. Nach einer kühleren Phase kletterten die Temperaturen im letzten Monatsdrittel erneut auf gebietsweise sommerliche Temperaturen (Tmax ≥ 25°C). Größere Niederschlagsmengen fielen nur am 4./5. September und in der kühleren Phase zwischen 16. und 20. September. Das nun schon über 3 Monate andauernde Niederschlagsdefizit führte vor allem im Norden und Westen zu sehr geringen Bodenfeuchten. Dafür hatte die Sonne oft die Gelegenheit zu scheinen. Fast deutschlandweit konnten zwischen 25 und 50 % mehr Sonnenscheinstunden beobachtet werden.

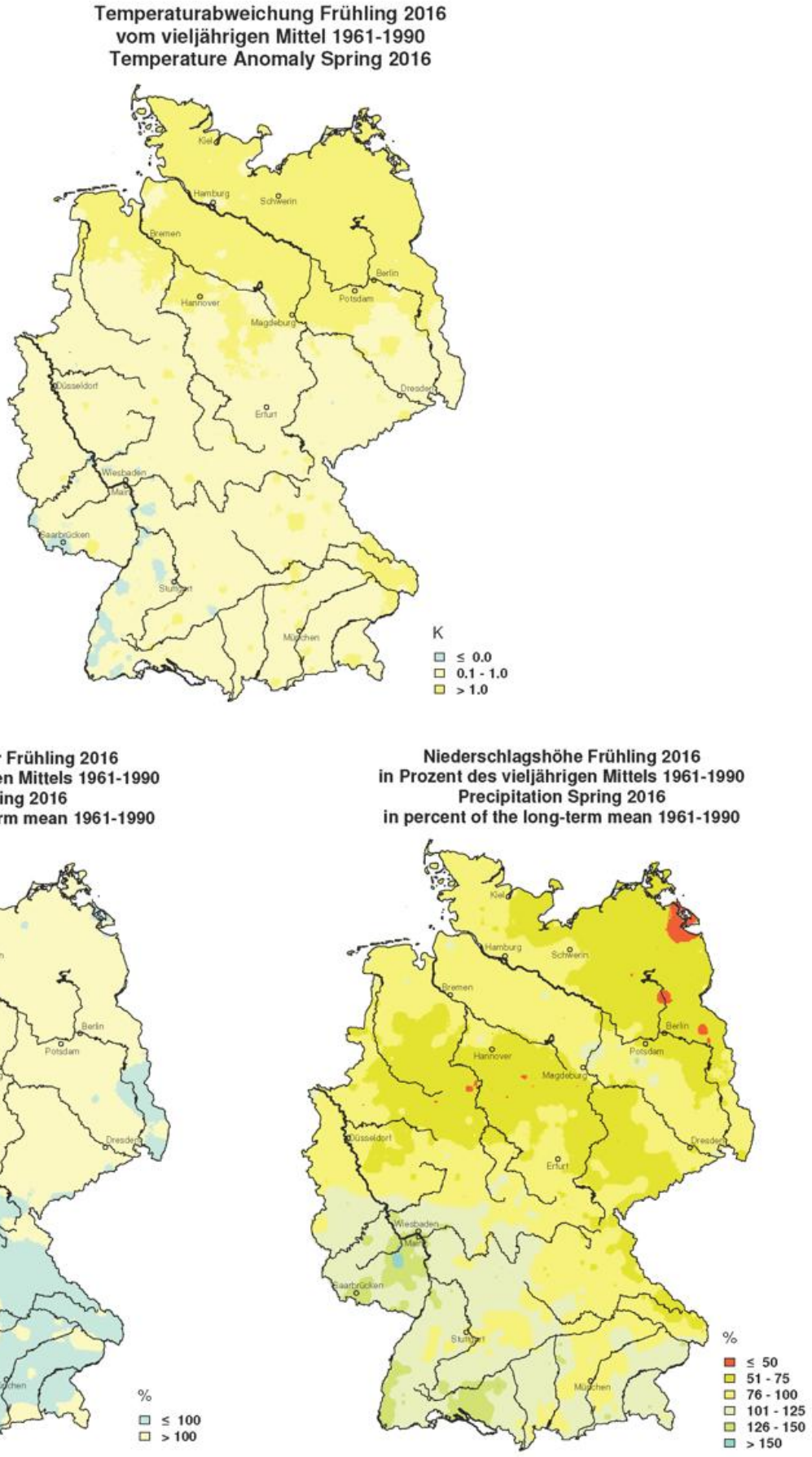


Abb. 4: Abweichung der Jahreszeit Frühling des vieljährigen Mittel 1961-1990





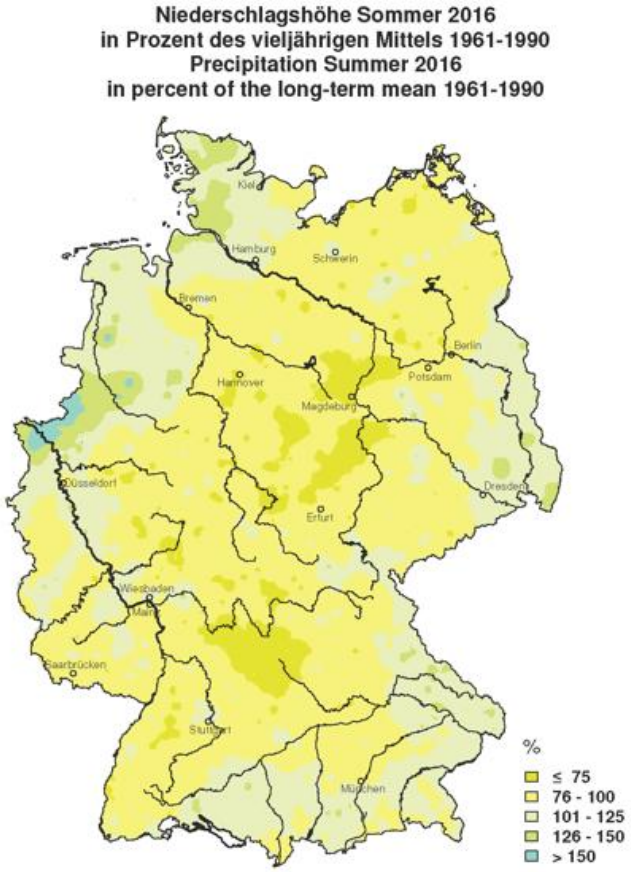


Abb. 5: Abweichung der Jahreszeit Sommer des vieljährigen Mittel 1961-1990

Der **Oktober 2016** war ein zu kühler Herbstmonat. Bei relativ trüben Bedingungen lag der Mittelwert der Lufttemperatur unter dem vieljährigen Mittel. Die Niederschlagssumme lag im Bereich der vieljährigen Mittelwerte, allerdings mit zum Teil deutlichen regionalen Über- und Unterschreitungen. In Teilen von Nordrhein-Westfalen und Brandenburg betrug die negative Abweichung unter -1 K im Vergleich zum vieljährigen Mittel. Temperaturen über dem vieljährigen Mittel gab es nur vereinzelt in Bayern, Hessen und in den Küstenregionen. Besonders starke Niederschlagsüberschüsse wiesen Teile von Niedersachsen, Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern auf, während an der Nordseeküste und dem westlichen Rheinland-Pfalz zum Teil nur 50 % der langjährigen Niederschlagsummen erreicht wurde.

Der **November 2016** war ein leicht zu kühler Herbstmonat. Sowohl die erste Monatshälfte wie auch die letzten Novembertage waren deutlich zu kühl, während ab Mitte des Monats milde Temperaturen vorherrschten. Bei relativ durchschnittlichen Sonnenscheinstunden lag der Mittelwert der Lufttemperatur unter dem vieljährigen Mittel. Die Niederschlagssumme lag leicht unter den vieljährigen Mittelwerten. In Teilen von Niedersachsen und Schleswig-Holstein betrug die negative Abweichung unter -1 K. Die Niederschlagssumme im Monat November lag damit im mittleren Bereich der bisher für November beobachten Niederschläge.

Während der September 2016 bedeutend wärmer als der vieljährige Mittelwert war, lagen der Oktober und November dieses Jahres unter den vieljährigen Mittelwerten. Daraus resultierte deutschlandweit für den gesamten **Herbst 2016** nur eine leichte positive Abweichung. Dabei lag die deutschlandweite Niederschlagssumme unter den üblichen Werten, die Sonnenscheindauer leicht über den langjährigen Strahlungswerten, allerdings mit hoher zeitlicher Variabilität. Während der September einen hohen Überschuss an Sonnenstunden erlebte, war der Oktober deutlich zu trüb. Der November wies eine durchschnittliche Anzahl an Sonnenstunden auf. Somit liegt der Herbst 2016 in der oberen Hälfte der Rangfolge der Sonnenscheindauer seit 1951.

Der **Dezember 2016** war ein milder, ausgesprochen trockener und sonnenscheinreicher Winterbeginn (meteorologischer Winter: Dezember bis Februar). Nach einem recht kühlen Start brachte eine südwestliche Strömung milde und meist trockene Luft nach Deutschland. In der Monatsmitte bewegten sich die Temperaturen auf einem für die Jahreszeit typischen Niveau. Um die Weihnachtsfeiertage war es wieder recht mild. Zum Jahresende fielen die Temperaturen auf normale bzw. leicht unterdurchschnittliche Werte. Im Norden wurden Temperaturanomalien von über +2 K beobachtet. Nur im Oberrheingraben und im Saarland blieben die Temperaturen unter den vieljährigen Mittelwerten. Südwestlich der Elbe war es deutlich zu trocken. In Baden-Württemberg, dem südlichen Rheinland-Pfalz und Hessen und weiten Teilen Bayerns wurden weniger als 10 mm Niederschlag beobachtet. Auf Grund der teilweise milden Temperaturen und der Niederschlagsarmut konnte sich in den Hochlagen der Mittelgebirge bzw. der Alpen noch keine nennenswerte Schneedecke ausbilden. Hochdruckeinfluss und ausgeprägte Inversionslagen führten zu vielen Sonnenstunden in den höheren Lagen.

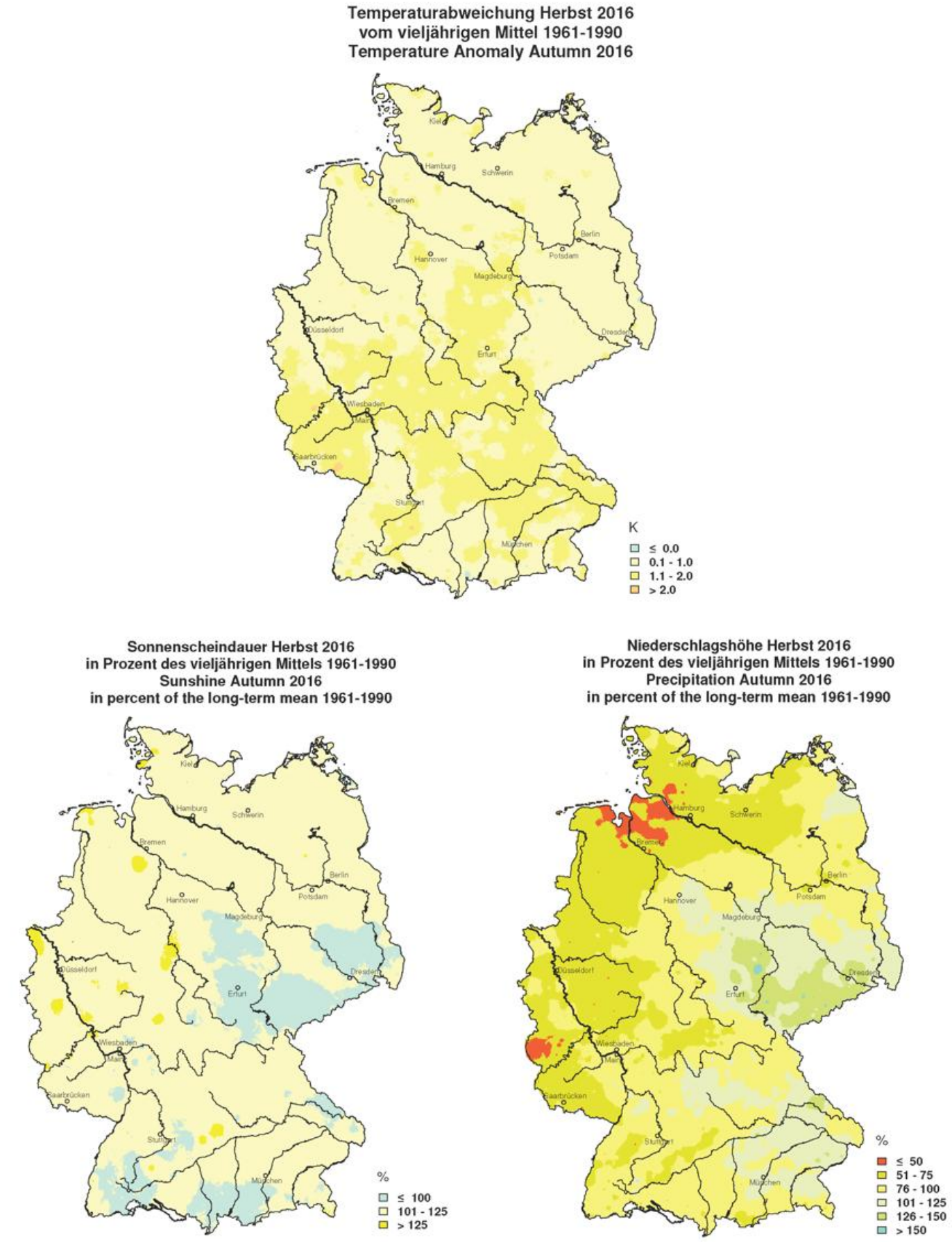


Abb. 6: Abweichung der Jahreszeit Herbst des vieljährigen Mittel 1961-1990

In den Tab. 1-4 sind die Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niederschlagshöhe und der Sonnenscheindauer für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten, sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung vom Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich Charakteristika des Jahres wieder. Die Anzahl der Eistage (Temperaturmaximum < 0°C) ist deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Die Anzahl der Frosttage (Temperaturminimum < 0°C) liegt etwas unter dem vieljährigen Mittel. Die Wintermonate Januar und Februar waren vergleichsweise mild. Zwar fiel die Minimumtemperatur in diesen Monaten oft unter die Null-Grad-Marke, aber die Maximumtemperatur blieb meist darüber. In Thüringen und Bayern wurden die meisten Eistage beobachtet. Über ganz Deutschland wurden aber nur etwa 50 % der sonst üblichen Eistage registriert. Die Anzahl der beobachteten Frosttage lag bei etwa 90 % des vieljährigen Mittels. Der milde Winter ist auch an der geringen Anzahl von Schneedeckentagen zu erkennen. Hier wurden weniger als die Hälfte der sonst üblichen Anzahl von Schneedeckentagen registriert. Die späte Hitzeperiode ab Mitte August bis in den September führte zu überdurchschnittlich vielen Sommertagen (Temperaturmaximum ≥ 25°C) und Heißen Tagen (Temperaturmaximum ≥ 30°C). Bei den Sommertagen lag die Anzahl bei etwa dem 1,5-fachen. Die Anzahl der Heißen Tage lag Deutschlandweit 2-mal höher als normal.

Die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 10 mm erreichte nur in einigen Bundesländern das vieljährige Mittel. Deutschlandweit blieb die Anzahl der Tage bei etwa 90 %. Auch bei der Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 20 mm und mindestens 30 mm wurden nicht die vieljährigen Mittel erreicht. In vielen Bundesländern wurden keine Tage mit Niederschlag über 30 mm beobachtet. In Bayern und Baden-Württemberg gab es zwar Ende Mai und Anfang Juni Starkniederschlagsereignisse die zu erheblichen Überschwemmungen führten, trotzdem wurde auch in diesen Bundesländern die übliche Anzahl von Tagen mit Niederschlagsmengen über 30 mm nicht erreicht.

	Eistage (Maximum unter 0°C)		Frosttage (Minimum unter 0°C)		Sommertage (Maximum mind. 25°C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30°C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit einer Schneedecke	
Land	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	13,6	66,3	70,8	100,5	33,6	158,3	6,2	200,3	18,3	100,2	3,0	97,4	0,0	0,0	12,3	40,1
Bremen	10,2	56,3	70,4	102,0	36,8	179,9	7,5	267,0	15,2	91,2	2,5	87,5	0,0	0,0	13,5	50,0
Berlin	11,3	46,4	71,1	87,8	62,6	174,1	11,9	169,8	8,7	73,3	1,1	45,0	0,0	0,0	14,0	37,4
Schleswig-Holstein	10,5	49,7	67,2	88,3	25,1	166,9	2,6	164,0	18,2	88,3	3,0	81,2	0,0	0,0	8,9	26,5
Niedersachsen	9,6	46,6	70,9	94,3	38,5	172,6	8,8	270,7	14,8	82,4	3,0	89,0	0,0	0,0	13,3	41,6
Nordrhein-Westfalen	4,9	28,4	65,5	93,0	38,4	153,5	10,3	255,8	19,7	82,8	3,7	73,3	0,0	0,0	9,7	31,2
Rheinland-Pfalz	7,6	35,0	71,2	84,3	44,0	152,1	10,3	206,8	21,6	97,4	4,4	91,1	0,0	0,0	14,2	37,8
Saarland	7,1	37,1	72,9	90,8	46,7	156,4	11,4	237,0	28,8	100,1	6,2	89,9	0,0	0,0	8,4	27,9
Baden-Württemberg	11,3	42,2	93,8	92,4	50,9	163,8	10,1	213,8	28,7	95,4	7,6	92,8	2,1	76,1	27,2	46,4
Hessen	12,4	48,3	81,6	90,8	45,1	162,6	10,7	242,0	16,9	78,9	3,5	75,4	0,1	8,0	15,7	35,6
Bayern	17,5	50,6	101,5	89,2	48,8	165,7	7,7	196,9	26,7	94,5	7,6	99,9	1,7	68,0	30,5	43,0
Mecklenburg-Vorpommern	11,9	45,2	75,3	91,6	35,9	182,1	6,0	229,1	9,1	71,6	1,4	61,5	0,0	0,0	10,9	27,0
Brandenburg	12,3	47,4	81,7	94,0	59,0	170,4	11,3	175,5	9,7	83,2	2,2	96,6	0,0	0,0	13,8	35,4
Sachsen-Anhalt	10,6	42,8	79,6	94,2	57,6	180,8	14,4	248,8	9,5	79,6	2,5	98,1	0,0	4,6	13,8	36,5
Sachsen	14,5	45,8	89,5	94,7	49,5	158,5	8,9	162,0	18,1	104,9	4,3	110,7	1,3	103,8	26,5	48,0
Thüringen	17,2	50,5	90,8	89,1	42,7	166,9	10,0	261,4	15,7	87,1	3,4	89,6	0,3	27,6	24,4	42,3
Deutschland	12,0	45,6	82,8	91,3	45,4	166,1	9,2	218,0	18,9	89,3	4,4	91,1	0,6	44,1	18,8	39,9

Tab. 1: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatologischen Besonderheiten und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

Mitteltemperatur

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90	2016	Abw. von 1961-90
Hamburg	1,0	0,5	3,4	2,2	4,6	0,7	7,8	0,3	14,5	2,1	17,4	1,7	18,3	1,3	17,2	0,4	17,3	3,6	9,3	-0,5	4,0	-1,2	4,4	2,4	9,0	1,0	17,6	1,1	10,2	0,6	4,2	3,0	9,9	1,1
Bremen	1,5	0,6	3,6	2,2	4,8	0,9	8,0	0,4	14,4	2,0	17,3	1,8	18,4	1,6	17,5	0,8	17,6	3,9	9,5	-0,3	4,5	-0,7	4,3	2,1	9,0	1,0	17,7	1,3	10,5	0,9	4,5	3,0	10,1	1,2
Berlin	-0,2	0,2	4,0	3,4	4,9	0,9	9,1	0,7	15,9	2,3	19,2	2,1	20,0	1,7	18,5	0,7	18,2	4,1	8,8	-0,8	3,9	-0,8	3,0	1,8	10,0	1,3	19,2	1,4	10,3	0,8	3,7	3,2	10,4	1,3
Schleswig-Holstein	0,8	0,5	3,3	2,6	4,3	1,2	7,2	0,6	13,7	2,2	16,8	1,8	17,5	1,2	16,9	0,7	17,0	3,8	9,3	-0,2	4,0	-1,0	4,6	2,8	8,4	1,3	17,1	1,3	10,1	0,9	3,9	3,0	9,6	1,3
Niedersachsen	1,4	0,8	3,5	2,4	4,5	0,6	8,0	0,5	14,3	2,0	17,2	1,8	18,4	1,7	17,5	1,0	17,3	3,8	9,1	-0,5	4,2	-0,7	3,8	1,9	8,9	1,0	17,7	1,5	10,2	0,9	4,4	3,2	9,9	1,3
Nordrhein-Westfalen	3,1	2,0	3,6	1,8	4,4	-0,1	8,2	0,3	14,2	1,8	16,8	1,4	18,5	1,6	17,8	1,2	17,4	3,8	8,9	-0,9	4,8	-0,3	3,6	1,3	8,9	0,6	17,7	1,4	10,4	0,9	5,1	3,4	10,1	1,1
Rheinland-Pfalz	2,6	2,4	3,5	2,4	4,1	-0,1	7,9	0,1	13,4	1,2	16,4	1,1	18,7	1,6	18,3	1,7	17,1	3,6	8,6	-0,6	4,6	0,5	1,8	0,5	8,5	0,4	17,8	1,5	10,1	1,2	4,3	3,4	9,8	1,2
Saarland	2,7	2,2	3,8	2,2	4,3	-0,3	8,1	-0,1	13,4	0,9	16,4	0,8	19,0	1,5	18,6	1,7	17,2	3,5	8,8	-0,6	5,0	0,6	1,5	0,0	8,6	0,2	18,0	1,3	10,3	1,1	4,5	3,3	9,9	1,0
Baden-Württemberg	1,8	2,5	3,4	2,9	3,7	0,1	7,8	0,4	12,6	0,7	16,3	1,2	18,8	1,7	18,1	1,7	16,2	2,9	8,1	-0,6	3,9	0,4	0,7	0,4	8,0	0,4	17,7	1,5	9,4	0,9	3,5	3,5	9,3	1,2
Hessen	1,6	2,0	3,1	2,5	3,9	0,1	7,7	0,2	13,4	1,3	16,6	1,4	18,5	1,6	17,8	1,4	16,9	3,7	8,3	-0,6	3,8	0,0	1,6	0,8	8,3	0,5	17,6	1,4	9,7	1,1	3,8	3,5	9,4	1,2
Bayern	0,4	2,3	3,0	3,6	3,5	0,6	7,8	0,8	12,7	1,0	16,3	1,4	18,4	1,8	17,4	1,4	15,9	3,1	7,8	-0,3	3,1	0,3	0,2	0,8	8,0	0,8	17,4	1,6	9,0	1,1	2,6	3,6	8,9	1,4
Mecklenburg-Vorpommern	-0,6	0,0	3,3	3,3	4,2	1,4	7,8	1,1	14,4	2,5	17,6	2,2	18,3	1,5	17,4	0,8	17,0	3,7	8,7	-0,6	3,8	-0,7	3,6	2,5	8,8	1,7	17,8	1,5	9,8	0,8	3,2	3,0	9,6	1,4
Brandenburg	-0,4	0,4	3,6	3,5	4,4	0,9	8,4	0,6	15,3	2,2	18,5	2,0	19,4	1,5	18,0	0,6	17,5	3,7	8,6	-0,7	3,6	-0,8	2,8	1,9	9,4	1,3	18,7	1,4	9,9	0,7	3,4	3,3	10,0	1,3
Sachsen-Anhalt	0,4	0,7	3,5	3,1	4,4	0,7	8,3	0,5	14,7	1,9	18,1	2,0	19,6	2,0	18,4	1,2	17,8	4,1	8,8	-0,6	3,9	-0,6	3,0	1,8	9,2	1,1	18,7	1,8	10,2	1,0	3,7	3,3	10,1	1,4
Sachsen	0,1	1,3	3,1	3,4	3,7	0,5	7,7	0,4	13,7	1,4	17,5	1,9	18,8	1,6	17,6	0,8	16,7	3,3	8,3	-0,7	3,4	-0,4	1,8	1,5	8,4	0,8	18,0	1,5	9,5	0,8	3,1	3,5	9,4	1,3
Thüringen	0,3	1,6	2,6	3,0	3,3	0,5	7,2	0,4	13,1	1,4	16,8	1,9	18,4	2,0	17,5	1,5	16,7	3,9	8,0	-0,4	3,2	-0,1	1,3	1,3	7,9	0,8	17,6	1,8	9,3	1,1	3,0	3,6	9,0	1,4
Deutschland	1,0	1,5	3,3	2,9	4,0	0,5	7,9	0,5	13,7	1,6	17,0	1,6	18,6	1,7	17,7	1,2	16,9	3,6	8,5	-0,5	3,8	-0,2	2,2	1,4	8,5	0,8	17,8	1,5	9,7	0,9	3,6	3,4	9,5	1,3

Tab. 2: Gebietsmittel der Temperatur in °C und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in K

Niederschlagshöhe

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90
Hamburg	58,0	94,5	107,0	256,6	35,8	65,1	56,7	114,2	42,8	73,4	119,3	169,9	75,0	97,2	47,0	66,6	31,6	46,4	30,1	50,2	46,2	68,7	56,1	79,7	135,4	83,1	241,3	110,7	108,0	55,3	211,5	121,3	705,7	94,1
Bremen	65,2	109,8	86,5	215,5	36,3	71,4	56,6	118,2	40,9	68,4	117,8	161,0	55,3	73,6	36,5	51,6	29,0	47,2	22,4	38,4	46,5	70,8	35,5	55,5	133,8	84,4	209,6	95,7	98,0	52,8	193,6	117,6	628,7	86,5
Berlin	44,0	103,9	45,8	130,3	26,2	71,2	32,9	81,7	27,1	49,8	73,8	105,6	54,2	101,7	37,2	63,0	15,5	34,0	44,4	127,1	38,5	80,5	47,8	89,6	86,3	65,6	165,2	90,7	98,4	76,7	118,1	90,5	487,6	85,1
Schleswig-Holstein	68,0	105,8	92,0	221,3	34,0	64,6	55,1	112,3	35,8	67,0	109,3	158,5	78,7	98,3	65,4	89,4	45,6	60,5	57,3	78,2	51,3	61,7	50,0	68,3	125,0	80,6	253,5	114,1	154,2	66,5	233,0	129,5	742,6	94,2
Niedersachsen	67,6	109,0	81,2	183,6	37,0	67,6	50,3	96,8	42,7	69,7	115,8	151,6	58,4	80,3	39,8	56,6	26,0	43,3	48,3	86,9	50,5	76,0	35,4	50,6	129,9	77,3	214,0	97,5	124,8	68,6	189,2	106,7	652,9	87,6
Nordrhein-Westfalen	94,9	123,5	95,0	165,2	54,1	76,0	53,1	85,9	49,4	68,7	157,2	186,5	47,8	58,0	45,9	63,0	19,3	28,8	56,2	90,1	71,1	90,4	26,7	30,3	156,6	76,4	250,9	104,8	146,6	70,4	239,3	107,4	770,6	88,1
Rheinland-Pfalz	77,9	116,9	91,4	159,7	68,1	107,2	65,9	115,2	88,1	125,5	137,3	180,2	44,9	62,4	29,6	42,4	22,8	38,1	53,7	84,7	56,3	74,9	10,8	14,2	222,2	116,4	211,8	97,2	132,7	66,9	205,2	102,7	748,9	92,5
Saarland	114,0	132,7	132,4	184,7	93,8	118,6	86,3	135,5	87,6	111,0	145,6	181,1	38,8	53,8	22,0	30,1	28,4	40,9	56,1	73,2	73,3	77,1	10,9	11,1	267,6	120,7	206,5	91,5	157,8	65,4	281,0	110,1	889,2	94,2
Baden-Württemberg	123,1	164,3	95,2	140,4	55,9	79,6	100,4	129,3	121,1	126,7	148,8	139,2	71,0	78,3	51,0	54,1	41,8	59,8	63,0	93,1	77,2	94,3	6,1	7,4	277,4	114,0	270,9	92,8	182,1	83,0	247,5	110,5	954,9	97,5
Hessen	74,9	118,6	80,3	154,3	62,3	101,2	51,0	86,7	66,2	93,9	103,0	128,9	57,8	79,5	32,2	46,3	30,9	53,8	56,1	95,1	58,1	81,5	14,9	19,3	179,6	94,1	193,0	86,9	145,1	77,3	195,4	101,3	687,8	86,7
Bayern	100,1	150,7	83,5	144,1	47,7	76,4	60,5	86,4	109,5	121,2	133,4	119,3	110,2	108,8	70,5	69,6	71,0	98,3	52,3	85,1	70,5	100,6	14,1	18,7	217,6	97,7	314,1	99,9	193,9	95,2	217,0	108,6	923,3	98,2
Mecklenburg-Vorpommern	42,4	93,7	56,9	181,1	26,4	64,3	30,3	72,4	29,1	56,7	64,8	103,5	61,1	93,2	39,5	67,3	15,2	29,9	54,1	128,7	45,4	87,2	52,5	100,8	85,9	64,0	165,5	88,6	114,7	79,1	139,1	106,9	517,9	87,1
Brandenburg	41,2	102,1	47,0	144,3	29,5	81,1	29,5	72,1	34,4	64,0	80,0	124,2	56,4	105,0	35,8	61,0	18,3	41,0	55,5	150,9	39,2	86,7	44,9	90,1	93,3	71,2	172,3	97,5	112,9	89,1	116,6	94,8	511,6	91,8
Sachsen-Anhalt	42,5	109,8	46,2	139,0	30,1	75,7	23,1	53,4	48,6	93,7	67,6	107,6	47,4	90,8	24,8	42,0	35,5	85,4	59,2	166,3	34,4	80,2	25,1	53,8	101,8	75,4	139,8	80,3	129,1	107,5	110,8	93,0	484,6	88,5
Sachsen	54,8	112,2	61,9	145,3	45,8	98,1	40,7	71,0	46,3	69,3	102,5	134,2	83,2	120,8	42,1	54,6	60,2	109,2	87,2	184,9	44,2	84,4	46,5	77,3	132,8	77,7	227,9	102,5	191,6	123,9	142,1	93,5	715,5	102,3
Thüringen	60,5	118,6	69,9	157,8	50,8	97,9	37,5	64,3	50,4	76,6	81,4	103,8	68,5	109,5	32,7	47,2	53,6	105,2	67,3	141,0	46,5	82,7	20,3	32,0	138,6	78,7	182,7	86,9	167,3	108,0	161,7	101,4	639,4	91,3
Deutschland	77,3	127,1	77,8	157,6	45,5	80,5	53,3	91,5	67,7	95,2	115,5	136,5	70,0	90,2	46,1	59,7	39,1	63,9	57,0	102,1	57,3	86,4	26,5	37,8	166,5	89,6	231,7	96,8	153,4	83,7	191,5	106,0	733,1	92,9

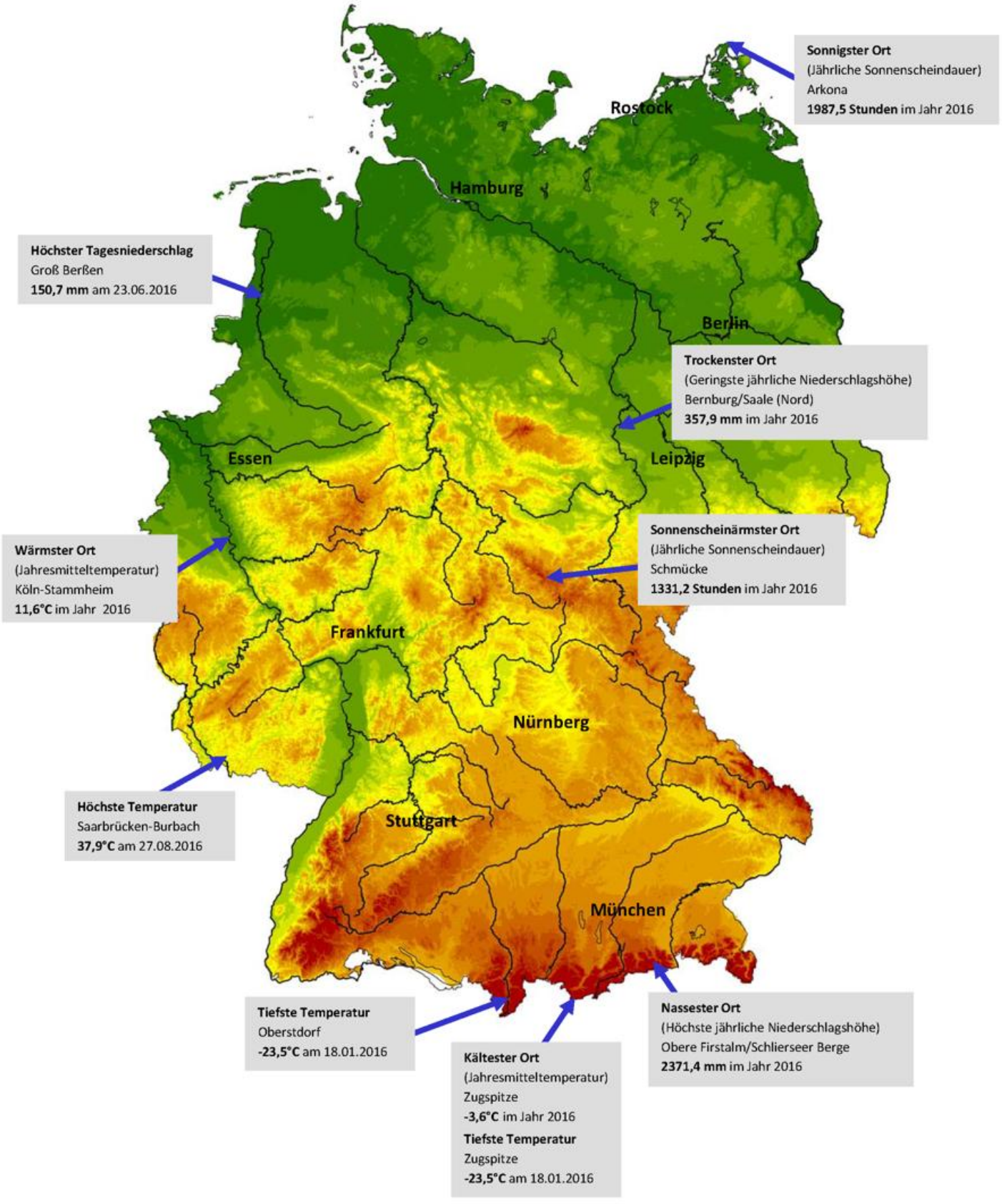
Tab. 3: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe in mm und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Sonnenscheindauer

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90
Hamburg	27,0	69,7	62,6	97,8	96,7	96,0	148,4	94,9	254,9	119,5	207,3	96,1	179,6	89,2	203,5	101,3	206,8	149,0	54,5	56,5	62,5	127,1	40,3	128,4	499,9	106,3	590,4	95,5	323,8	113,8	128,0	95,7	1544,1	102,5
Bremen	44,9	114,6	81,8	121,0	110,5	108,9	160,4	103,6	241,9	117,8	185,1	90,9	198,0	103,1	198,9	103,0	206,3	152,3	66,2	67,9	57,2	112,9	46,7	139,7	512,7	111,1	582,0	98,8	329,7	116,2	172,8	123,6	1598,0	108,4
Berlin	47,5	111,8	62,7	89,0	98,9	82,1	178,6	110,8	252,9	112,2	257,9	113,9	203,8	91,2	211,3	98,6	243,5	156,1	47,4	43,4	67,8	135,3	52,4	150,2	530,4	104,6	672,9	101,3	358,6	113,7	177,9	120,8	1724,5	105,5
Schleswig-Holstein	35,2	89,5	65,9	101,8	103,3	98,8	151,4	92,1	255,6	114,7	208,1	92,5	178,0	84,9	208,0	98,8	208,9	145,9	58,1	59,3	67,9	134,8	32,6	94,2	510,4	103,8	594,1	92,1	335,0	114,9	135,0	97,7	1573,2	100,4
Niedersachsen	44,8	117,0	74,4	112,9	99,6	97,5	164,3	108,5	238,3	118,2	188,5	94,3	190,3	99,4	204,2	106,5	205,1	152,1	55,7	56,5	57,6	118,2	51,3	163,1	502,2	110,4	583,1	100,0	318,5	112,9	167,5	123,8	1574,3	108,1
Nordrhein-Westfalen	52,6	126,4	72,4	100,1	97,4	94,4	159,7	108,1	209,1	110,2	160,5	87,4	181,7	97,0	215,7	118,1	214,2	158,6	70,7	66,2	57,7	109,8	72,2	195,0	466,2	105,8	557,9	100,8	342,7	116,4	190,0	125,9	1564,0	108,6
Rheinland-Pfalz	45,2	111,7	54,4	74,5	96,7	87,6	141,4	93,5	185,6	97,0	143,4	74,8	192,4	91,8	236,0	122,1	216,0	143,2	70,0	66,8	56,3	106,9	63,2	166,0	423,7	93,6	571,7	96,1	342,3	111,1	161,8	106,6	1500,6	99,6
Saarland	43,7	110,7	52,9	69,7	91,7	80,6	122,7	79,2	178,7	89,9	133,4	65,5	203,3	90,0	238,9	118,4	213,9	135,5	80,2	75,5	55,6	104,3	68,6	173,1	393,1	84,1	575,7	91,2	349,7	110,2	153,3	99,0	1483,7	94,4
Baden-Württemberg	57,0	116,9	48,1	63,1	113,4	96,9	134,9	89,5	186,5	98,6	163,6	81,2	235,9	103,1	252,3	122,5	213,0	128,2	88,0	75,4	56,9	92,5	95,2	214,0	434,9	95,2	651,8	102,4	358,0	104,0	209,0	123,4	1644,9	102,4
Hessen	43,2	120,8	48,3	69,9	87,8	82,3	156,4	103,1	200,4	103,5	159,2	83,0	184,9	90,6	235,3	123,9	207,3	145,7	55,6	55,9	50,9	117,7	53,6	168,9	444,6	98,4	579,4	98,9	313,9	110,2	139,2	102,1	1483,0	101,6
Bayern	51,1	103,0	51,9	66,7	105,5	88,7	153,0	99,6	194,9	100,7	175,1	87,7	216,0	97,7	247,4	122,3	216,8	135,1	75,1	63,7	62,1	109,2	68,2	156,1	453,4	97,3	638,5	102,5	354,0	105,6	184,9	108,1	1617,2	101,4
Mecklenburg-Vorpommern	46,7	114,2	67,0	99,5	99,3	87,5	173,8	103,9	273,3	116,0	249,2	105,5	190,3	85,5	209,2	96,4	233,0	150,9	44,3	42,3	68,4	130,6	42,2	115,5	546,4	105,8	648,8	96,0	345,6	110,9	156,5	108,7	1696,7	102,9
Brandenburg	49,6	113,5	66,2	94,2	97,5	81,3	176,1	108,3	256,2	114,2	253,8	112,7	203,6	91,2	213,6	100,3	235,9	151,6	44,6	40,7	64,8	128,5	56,0	154,5	529,9	104,5	670,9	101,4	345,3	109,4	179,0	119,5	1717,9	105,1
Sachsen-Anhalt	54,5	128,4	65,4	96,6	92,9	84,9	176,5	116,1	246,1	119,4	235,9	115,2	202,8	98,0	219,5	110,7	212,9	148,0	41,8	40,1	61,5	121,8	65,8	185,0	515,5	110,3	658,3	107,9	316,2	105,9	175,3	120,6	1675,6	110,1
Sachsen	51,4	103,7	58,5	83,2	86,1	78,5	167,1	111,8	225,9	112,4	216,2	107,7	207,0	98,7	225,9	113,7	213,3	144,3	39,5	33,5	67,1	125,2	83,6	203,9	479,2	104,1	649,2	106,6	320,0	100,2	184,7	115,0	1641,8	106,0
Thüringen	54,5	127,8	49,0	71,0	81,3	77,0	164,6	111,7	215,9	110,6	190,5	98,2	191,6	93,4	235,0	122,2	200,9	140,3	41,2	38,5	53,7	110,5	74,1	205,2	461,9	103,1	617,1	104,3	295,8	99,0	156,4	105,8	1552,4	104,5
Deutschland	49,4	113,3	60,2	84,2	99,1	89,1	158,6	103,2	219,5	108,9	190,7	93,8	201,3	95,5	227,2	113,9	215,2	143,9	61,4	56,6	60,3	114,3	64,5	169,6	477,1	102,3	619,3	100,9	336,9	108,4	174,8	114,3	1607,4	104,1

Tab. 4: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Stunden und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2016

M. Gerber

Das deutschlandweite Flächenmittel der Solarstrahlung von 1079 kWh/m² im Jahr 2016 liegt mit 2,4 % über dem vieljährigen Mittelwert (1981-2010) von 1054 kWh/m². Seit 2003 überschreitet der jeweilige Jahreswert den Mittelwert, unterbrochen nur durch das Jahr 2013, in dem es ein geringeres Strahlungsangebot gab.

Die räumliche Verteilung des Strahlungsangebots zeigt wie erwartet die höchsten Werte im Süden Deutschlands südlich des Mains, gefolgt von der Nordosthälfte. Die geringsten Werte werden in der Nordwesthälfte registriert. Jahreswerte der Globalstrahlung unterhalb 950 kWh/m² werden im Sauerland erreicht, die höchsten Werte der Einstrahlung werden in höheren Lagen der Alpen verzeichnet mit über 1250 kWh/m². Regional bevorzugt zeigen sich in Norddeutschland Bereiche an der Nordseeküste sowie insbesondere Rügen an der Ostseeküste, aber auch in einigen Gebieten im Binnenland von Mecklenburg-Vorpommern. In Ostdeutschland wies die Region zwischen Spree, Havel und Elbe örtlich ein besonders hohes Strahlungsangebot aus. Fast überall in der Nordhälfte Deutschlands liegt die solare Einstrahlung mit bis zu 6 % über den vieljährigen Mittelwerten. Auffällig in Süddeutschland ist das sehr geringe Strahlungsangebot im Südschwarzwald; auch im Saarland, Rheinland-Pfalz und dem Süden von Hessen liegen die Jahressummen mit 2 bis 7 % unter den langjährigen Werten, während im übrigen Bereich in der Südhälfte Deutschlands die Mittelwerte mit 1 bis 4 % überschritten werden.

In den ersten drei Monaten des Jahres unterschreitet das deutschlandweite Mittel der Globalstrahlung die langjährigen Werte. Ab April werden mindestens 100 % des Monatssolls erreicht, Spitzenreiter ist der besonders strahlungsreiche September mit 123 %, gefolgt von 112 % im Dezember. Nur der sehr strahlungsarme Oktober liegt bei 80 % des Sollwertes.

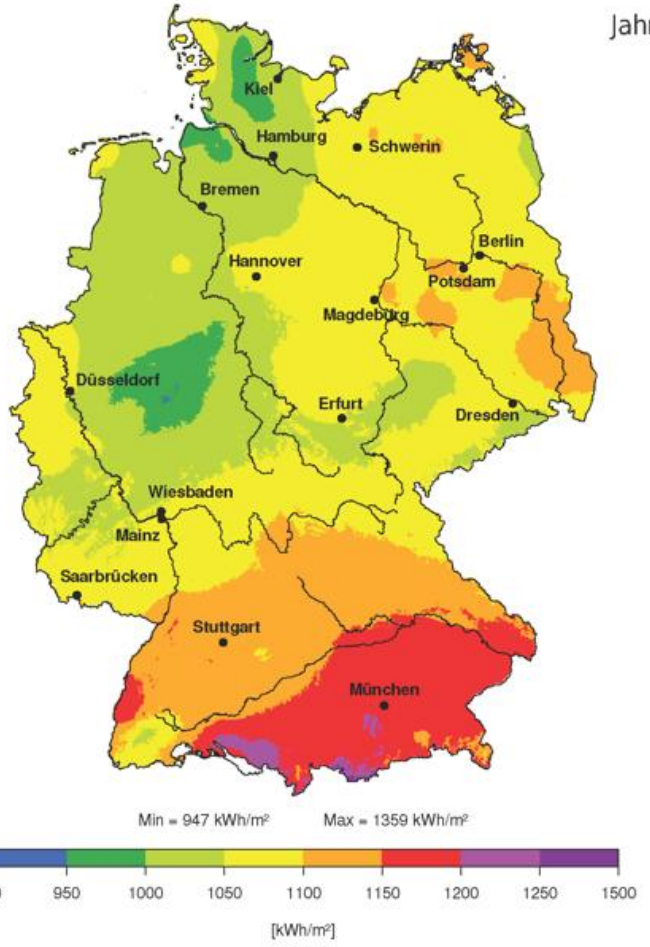


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2016

Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2016

C. Lefebvre, J. Radtke

Global gesehen war das Jahr 2016 das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen. Deutschlandweit reiht sich das Jahr 2016 mit einer Mitteltemperatur von 9,5°C auf Rang 8 der wärmsten Jahre seit Beginn der Messungen ein. In den deutschen Küstengebieten lagen die Jahresmitteltemperaturen zwischen 9 und 11°C und damit +1 bis knapp +2 K über dem vieljährigen Mittel des Referenzzeitraumes 1961-1990. Damit war 2016 im Küstenraum bei maximalen Abweichungen von ± 0,2 K an den einzelnen Stationen genauso warm wie das Vorjahr. 10 von 12 Monaten zeichneten sich durch ein überdurchschnittliches Temperaturniveau aus. Dabei zeigte der Jahresgang der Temperatur einen bemerkenswerten Verlauf (vgl. Abb. 1), denn der September war ungewöhnlich warm. An der Nordseeküste war er sogar der wärmste Monat des Jahres, während an der Ostseeküste der Juli noch etwas wärmer ausfiel (Abb. 1). Die Wintermonate waren insgesamt wieder zu mild. Durchweg zu kühl fiel an den Küsten nur der November aus. Die Abweichungen waren mit bis zu -1 K jedoch gering. Verbreitet wies auch der Oktober leicht unterdurchschnittliche Temperaturen auf.

Das Jahr begann mit einem leicht erhöhten Temperaturniveau im Januar an der Nordseeküste, während die Monatsmitteltemperaturen an der Ostseeküste östlich von Rügen leicht unter dem Durchschnitt lagen. Der Februar fiel mit +2 bis +3,5 K deutlich zu mild aus. Auch der März und ein typisch wechselhafter April mit milden und kühlen Phasen waren insgesamt zu warm. Die Abweichungen blieben jedoch unter +2 K. Der Mai fiel mit Monatsmitteltemperaturen von 12 bis 15°C verbreitet um +2 bis +3 K zu warm aus. Die Sommermonate blieben überdurchschnittlich warm. Am 23. und 24. Juni traten an der Ostsee die ersten Höchsttemperaturen von 30 bis 32°C auf, womit, ungewöhnlich für Juni, 1 bis 2 Heiße Tage registriert wurden (Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30°C). Richtiger Hochsommer stellte sich erst im letzten Augustdrittel ein und reichte bis Mitte September. Die Hitzewelle in der letzten Augustdekade sorgte vielerorts für den wärmsten Tag des Jahres. Im Nordseeraum wurde er mit Temperaturen von bis zu 31,8°C in Bremerhaven am 25. August verzeichnet, im Ostseeraum mit bis zu 33,4°C in Greifswald am 26. August. An der Nordsee blieben die nächtlichen Tiefstwerte am 26. August vielfach über 20°C, womit eine Tropennacht verzeichnet wurde und neue Rekorde für die höchste Tagestiefsttemperatur aufgestellt wurden: Die bisherigen Dekadenrekorde von 1997 wurden u.a. mit Tiefstwerten von 20,6°C auf Sylt und von 20,1°C auf Helgoland überboten. Der September brach weitere Rekorde. Deutschlandweit war er zusammen mit 2006 der wärmste Septembermonat seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen im Jahr 1881. An den Küsten wurden mit Monatsmitteltemperaturen zwischen 17 und 18,5°C entlang der Nordsee und 16 bis 18°C an der Ostsee vielerorts neue Rekordwerte aufgestellt. Das Mittel 1961-1990 wurde um +3 bis +4 K übertroffen. Bemerkenswert am September 2016 war die ungewöhnlich lange Phase mit hochsommerlichen Temperaturen vom 7. bis zum 16. September, in der bis zu 7 Sommertage (Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 25°C) verzeichnet wurden, normal ist höchstens einer. Ungewöhnlich war auch, dass - wie schon im Juni - noch ein Heißer Tag registriert wurde. Der Oktober beendete das überdurchschnittliche Temperaturniveau der Vormonate. Die erste Novemberhälfte brachte frühwinterliche Temperaturen. Im Dezember konnte sich dann aber eine winterliche Witterung nicht durchsetzen und so fiel dieser Monat mit Anomalien von +2 bis +3,5 K wieder deutlich zu mild aus.

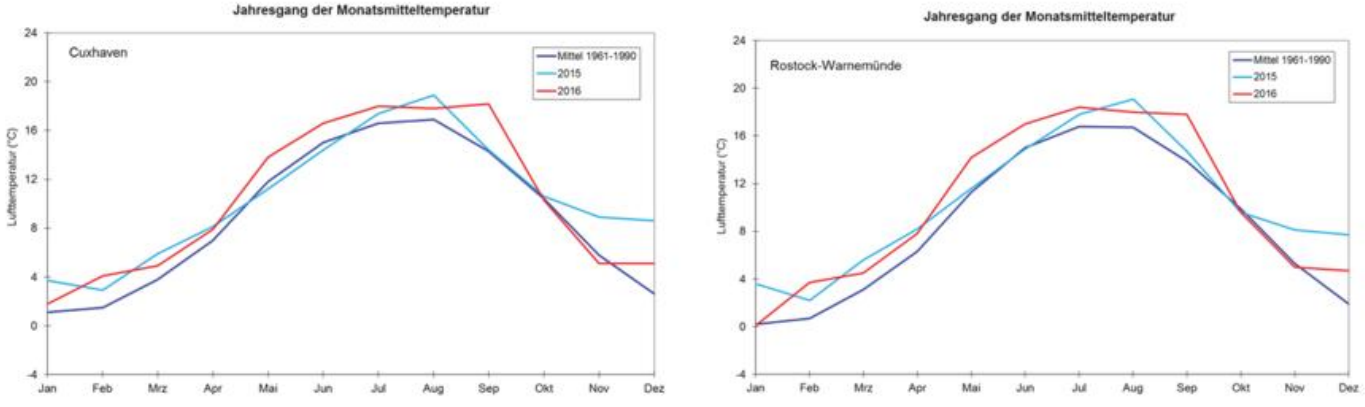


Abb. 1: Jahresgang der Lufttemperatur in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Die Anzahl der Sommer- und Heißen Tage sowie Frost- und Eistage spiegelt gut die überdurchschnittliche sommerliche Wärme von Juni bis September und die Milde der Wintermonate wider. Die Zahl der Sommertage lag mit Ausnahme von Helgoland deutlich, teilweise um rund das Doppelte über dem vieljährigen Mittel. So wurden z.B. in Cuxhaven 18 statt im Mittel 9 und in Ueckermünde 36 statt im Mittel 18 Sommertage verzeichnet. List auf Sylt registrierte sogar 15 statt im Mittel 5 und Rostock-Warnemünde 28 statt im Mittel 13 Sommertage. Die Zahl der Heißen Tage lag an der Nordseeküste und an der westlichen Ostsee mit bis zu 2 meist im Bereich der Mittelwerte. An der Küste Mecklenburg-Vorpommerns war die Anzahl mit vielfach bis zu 4 Heißen Tagen doppelt so hoch und die Mittelwerte wurden um bis zu 3 Tage überschritten. Die Anzahl der Frosttage (Tage mit einem Minimum der Lufttemperatur unter 0°C) variierte von 14 auf Helgoland bis zu 80 am Kleinen Haff in Ueckermünde. Sie blieb vielerorts deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten, teilweise um 20 bis knapp 30 Tage. Nur im November gab es deutlich mehr Frosttage als üblich. Dauerfrost (Eistag: Tag mit einem Maximum der Lufttemperatur unter 0°C) trat nicht einmal halb so oft auf wie im Mittel 1961-1990. Die Zahl der Eistage bewegte sich zwischen 4 auf Helgoland und 12 in Greifswald, während im Mittel an 11 bis 28 Tagen mit Dauerfrost zu rechnen ist. Allein im Januar entsprach die Anzahl an Frost- und Eistagen den Erwartungswerten. In den übrigen Wintermonaten gab es keinen Dauerfrost.

Bundesweit als auch an den Küsten war das Jahr insgesamt zu trocken. Im Nordseeraum fielen meist zwischen 650 und 800 mm. Vielerorts lag der Jahresniederschlag 5 bis 10 % unter dem vieljährigen Mittel 1961-1990. Im Ostseeraum fielen vielfach 450 bis 590 mm, im nördlichen Schleswig-Holstein bis 830 mm. Damit unterschritten die Niederschläge das vieljährige Mittel überwiegend um 10 bis 20 %. Lediglich eng begrenzt wie nördlich der Schlei und um Boltenhagen wurden leicht überdurchschnittliche Jahreswerte verzeichnet. Niederschlag von 1 mm oder mehr fiel im Durchschnitt an knapp 120 Tagen und damit etwas seltener als im vieljährigen Mittel. Starkniederschläge von mindestens 10 mm am Tag wurden an der Nordsee meist an 15 bis 20, an der Ostsee an 6 bis 18 Tagen vermerkt. Dies waren vielfach rund 3 Tage weniger als üblich, teilweise jedoch bis zu 10 Tage weniger, wie auf Sylt. Helgoland verzeichnete mit 19 Tagen dagegen 2 Tage mehr als üblich. Dabei gab es insbesondere im Juni mit bis zu 5 Tagen an der Nordsee eine deutlich erhöhte Anzahl von Tagen mit großen Regenmengen.

Ungewöhnlich niederschlagsreich war der Februar. Insbesondere im Bereich der Elbemündung fiel mit Niederschlägen von mehr als 70 mm mehr als das Doppelte der Mittelwerte (Abb. 2). Der Juni war an der Nordseeküste mit Niederschlagshöhen zwischen 70 bis 160 mm ebenfalls zu nass. An mehreren Orten fielen zwischen 30 und 40 mm am Tag. Von den zerstörerischen Unwettern wie in der Südhälfte Deutschlands blieb der Norden jedoch verschont. Ungewöhnlich trocken war der September. Mit 10 bis 45 mm wurden nur 20 bis 65 % des vieljährigen Mittels erreicht. Im Oktober blieb es an der Nordseeküste weiterhin zu trocken, während es an der Ostseeküste meist überdurchschnittliche Niederschläge gab. In der Monatsbilanz zu trocken waren vor allem auch der Mai an der östlichen Ostseeküste und der Dezember an der Nordseeküste.

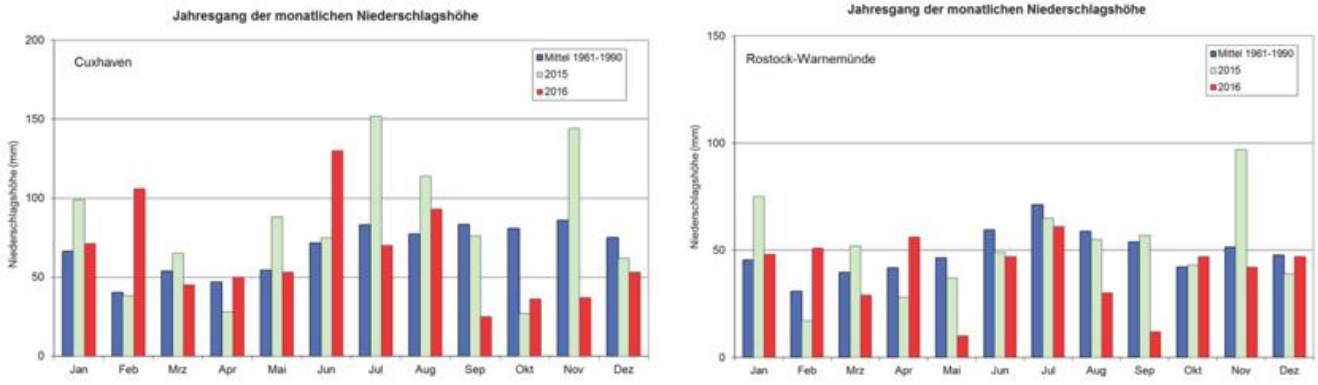


Abb. 2: Jahresgang der Niederschlagshöhe in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

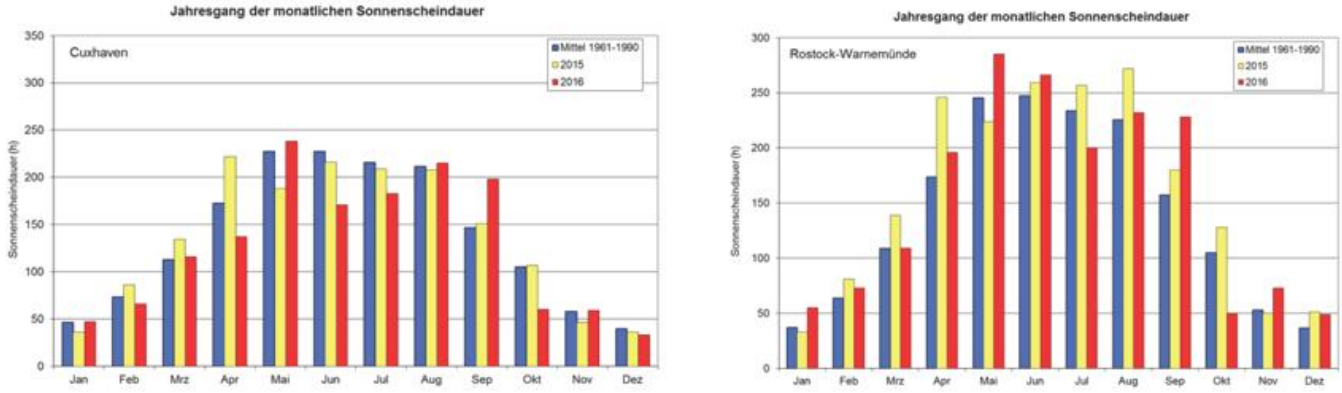


Abb. 3: Jahresgang der Sonnenscheindauer in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Eine Schneedecke bildete sich nur zu Beginn des Jahres aus. Zunächst sorgten Schneefälle an der Nordseeküste für eine sehr geringe Schneedecke Anfang Januar. Mitte Januar blieb Schnee auch an der Ostseeküste liegen. Die Schneehöhen blieben jedoch unter 10 cm.

An den deutschen Küsten schien die Sonne meist zwischen 1500 und 1800 Stunden, auf Rügen bis zu 2000 Stunden. Damit lag die Sonnenscheindauer im Bereich oder leicht über dem vieljährigen Mittel. Rügen verzeichnete ein Plus von 10 % und war wieder die sonnenscheinreichste Gegend Deutschlands. Ungewöhnlich sonnenscheinreich war der September (Abb. 3). Mehrere Stationen an der Küste meldeten neue Rekordwerte der Sonnenscheindauer. Mit 195 bis 235 Sonnenstunden an der Nordsee und 210 bis 250 Sonnenstunden an der Ostsee wurden die Durchschnittswerte um 30 bis 60 % überschritten. Sonnenscheinarm war insbesondere der nachfolgende Oktober. Hochnebel und Nebel sorgten für Defizite von 15 bis 45 % im Bereich der Nordseeküste und 40 bis 65 % an der Ostsee. Greifswald mit 43 und Ueckermünde mit 37 Sonnenstunden meldeten Minimumrekorde der Sonnenscheindauer. Der November punktete wieder mit überdurchschnittlichem Sonnenschein, insbesondere an den Küstenabschnitten Schleswig-Holsteins, wo die Sonnenscheindauer um bis zu rund 60 % über dem Mittel lag. Während der Dezember deutschlandweit der drittsonnigste Dezember seit Beginn der Messungen war, sorgten Nebel und Hochnebel an einigen Küstenabschnitten, aber insbesondere auf Helgoland mit nur 26 Stunden (64 %) für Defizite, während andere Bereiche wie der Raum Bremerhaven und vor allem Rügen mit bis zu 58 Sonnenstunden am Kap Arkona ein Plus von 50 bis 60 % registrierten.

Nord- und Ostsee waren wieder wärmer als im Vorjahr. Die Oberflächentemperatur der Nordsee betrug im Jahresmittel 11°C und lag damit um 1,2 K über dem Mittelwert des Zeitraums 1971 bis 1993 (Abb. 4). Ungewöhnlich hoch war die Wassertemperatur im September. Erstmals seit Beginn der Beobachtungen im Jahr 1968 war die mittlere Meerestemperatur der gesamten Nordsee im September höher als im August, in dem üblicherweise das saisonale Maximum auftritt. Sie betrug 16,2°C und erreichte damit die Rekordtemperatur aus dem Jahr 2002. Der vieljährige Mittelwert wurde um 2,5 K überboten. Die mittlere Meeresoberflächentemperatur für das Gebiet der Deutschen Bucht lag bei 19,1°C und damit um 3,4 K über dem Durchschnitt.

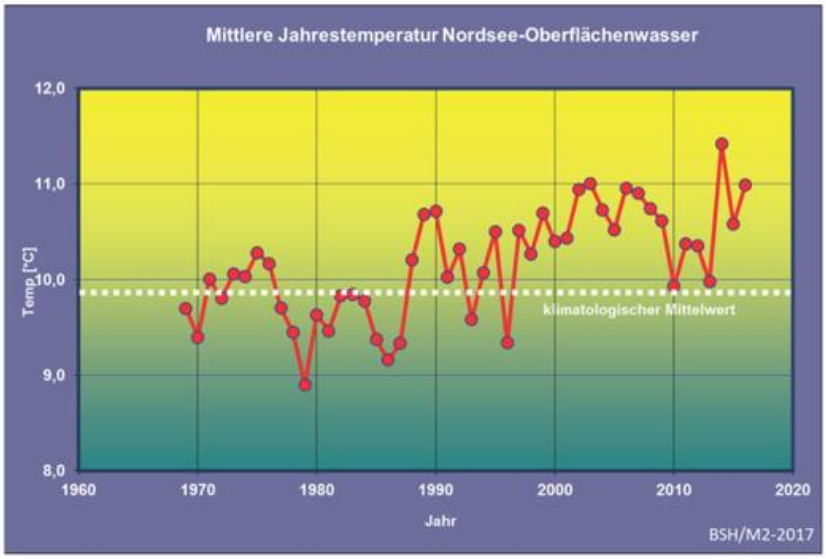


Abb. 4: Mittlere jährliche Wasseroberflächentemperatur der Nordsee, 1969-2016 (Quelle: BSH)

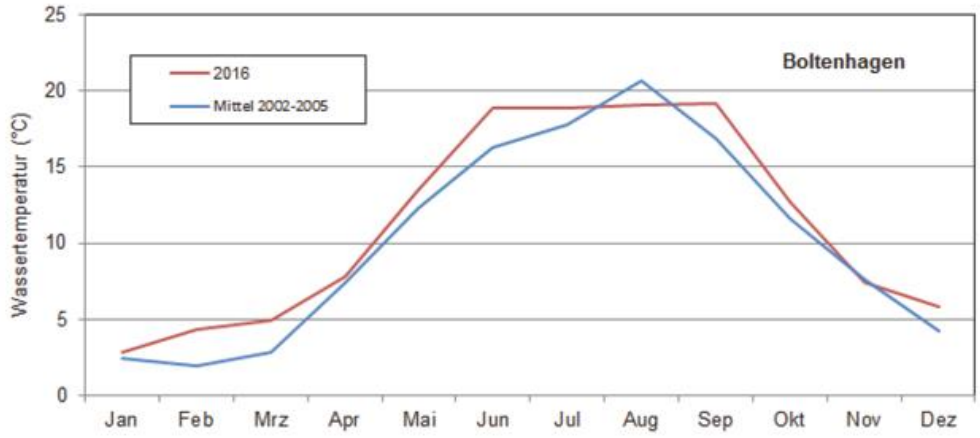


Abb. 5: Jahresgang der Wassertemperatur bei Boltenhagen

Die mittlere Oberflächentemperatur der westlichen Ostsee konnte wegen fehlender Daten nicht ermittelt werden. Werden die Messungen bei Boltenhagen herangezogen, so lag hier das Jahresmittel der Wasseroberflächentemperatur mit 11,3°C 1 K über dem Mittel der Jahre 2002 bis 2005. Die monatliche Höchsttemperatur wurde mit 19,2°C ebenfalls im September gemessen (Abb.5).

Die frostigen Temperaturen führten im Januar gebietsweise zur Eisbildung. In den Boddengewässern der Ostsee und östlich von Rügen entstand gleich nach Jahresbeginn eine Eisschicht von bis zu 30 cm. Westlich der Boddengewässer blieb es eisfrei oder es bildeten sich nur geringe Eisdicken von weniger als 10 cm. An der Nordsee wuchsen vor allem in Bereichen von Häfen Eisdicken von bis zu 20 oder 30 cm heran. Das Eis schmolz aber aufgrund von milder Witterung in der letzten Januarwoche und östlich von Rügen in der 1. Februarwoche wieder ab. Erst Mitte November bildete sich dann wieder eine dünne Eisdecke in einigen Häfen der Ostsee, die aber nach 2 Tagen wieder abgeschmolzen war.
Auswertungen des geostrophischen (aus Luftdruckwerten abgeleiteten) Windes über der Deutschen Bucht (Abb. 6) zeigen, dass 2016 zu den windschwachen Jahren zählt.

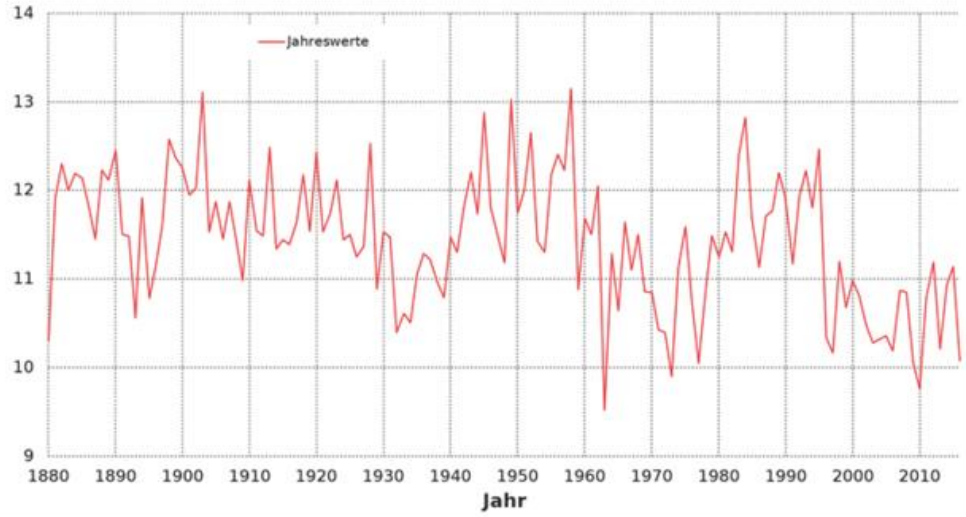
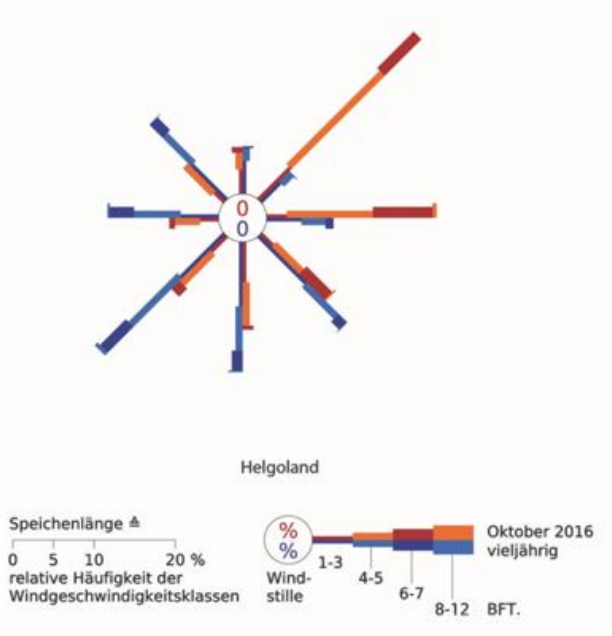


Abb. 6: Jahreswerte des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

Dennoch begann das Jahr an der Küste mit Böen, die zeitweise Windstärke 8 bis 10 Bft, vereinzelt 11 Bft erreichten, stürmisch. Anfang des Monats musste aufgrund eines starken Ostwindes und dem dadurch entstandenen Niedrigwasser die Schifffahrt zu mehreren ost- und nordfriesischen Inseln zeitweise eingestellt werden. Auch im Februar blieb es windreich bei zeitweise böigem Wind bis Bft 10. Im März löste Tief JEANNE am 28. an der Nordseeküste Böen aus, die auf Sylt sogar Orkanstärke erreichten. In den Folgemonaten gab es nur noch einzelne Tage mit stürmischen Böen, die meist noch maximal Bft 9 erreichten. Allerdings konnten im Bereich von Gewittern kräftige Böen beobachtet werden. So wurden während eines Gewitters in Boltenhagen am 24. Juni orkanartige Böen (Bft 11) registriert. Bei Nordostwind und Böen der Stärke 8 bis 10 Bft kam es Anfang Oktober (5./6.) zu einer leichten Sturmflut an der Ostsee. In der Nacht vom 27. zum 28. November gab es dort dann bei starken bis stürmischen Wind aus nordwestlichen bis westlichen Richtungen eine als leicht bis mittelschwer eingestufte Sturmflut. An der Nordsee löste am 20. November Sturmtief NANNETTE gebietsweise orkanartige Böen aus, z.B. auf Helgoland, wo Böen bis 113 km/h verzeichnet wurden. Der Dezember begann windreich an beiden Küsten und wurde um Weihnachten herum besonders stürmisch. Die Sturmtiefs ANTJE und BARBARA hinterließen mit Böen bis Bft 11, an der Nordsee vereinzelt auch Bft 12, und einer schweren Sturmflut an der Nordseeküste erhebliche Schäden und ein Todesopfer. An Nord- und Ostseeküste wurde der Fährverkehr zeitweise unterbrochen. Auf einigen ostfriesischen Inseln wie Wangerooge, Spiekeroog und Norderney landeten mehrere Schiffscontainer an, die durch den Sturm über Bord gegangen waren.

Detaillierte Berichte vom BSH zu den Sturmfluten gibt es unter: http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Vorhersagen/Sturmfluten/Berichte/index.jsp

Das überdurchschnittliche Temperaturniveau der Wintermonate Januar, Februar und Dezember wurde durch ein Vorherrschen von Winden aus West bis Süd hervorgerufen, die milde Luftmassen heranführten. Im Februar wehte der Wind aus diesen Richtungen zu rund 60 % der Zeit an der Nordsee und zu rund 70 % der Zeit an der Ostsee und damit um rund 20 % mehr als im vieljährigen Mittel (Abb. 7). Im Oktober beendeten vorherrschende Winde aus nordöstlichen bis östlichen Richtungen die Wärme des hochsommerlich anmutenden Septembers. Winde aus Nord bis Ost kamen zu rund 50 % der Zeit vor, während ihr Anteil üblicherweise nur bei 15 bis 20 % liegt.



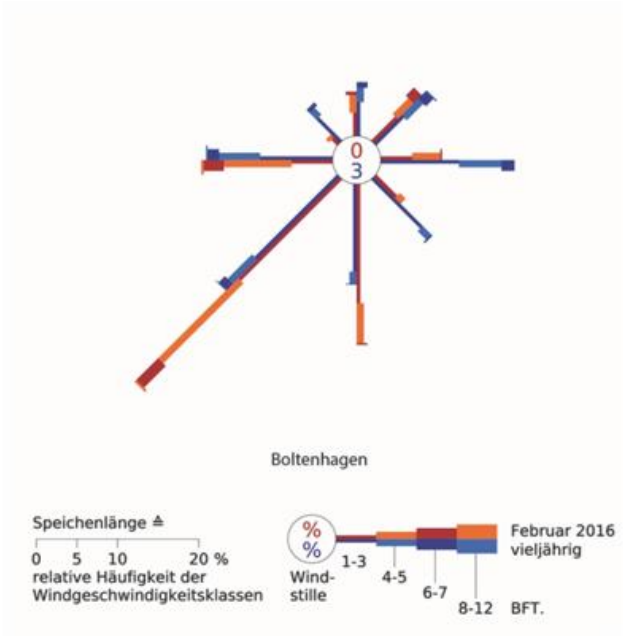


Abb. 7: Windverteilungen an den Stationen Helgoland im Oktober und Boltenhagen im Dezember 2016 (orange) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2016)

Objektive Wetterlagenklassen 2016

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt. Danach kam das operationelle erweiterte Globalmodell (GME) zum Einsatz, das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügte; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Seit dem 20.01.2015 wird die operationelle ICON- Vorhersage genutzt. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.

Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit nachvollziehbar mit dem gleichen Ergebnis. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „**Objektive Wetterlagenklassifikation**“ abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 30-jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z_{950} z_{500} f mit:

aa =: Anströmrichtung: XX = keine vorherrschende Richtung, NO = Nordost, SO = Südost, SW = Südwest, NW = Nordwest;

z_{950} z_{500} =: Zyklonalität in 950 bzw. 500 hPa: Z = zyklonal, A = antizyklonal;

f =: Feuchte F = feucht, T = trocken.

Beispiel:
NOAZT = Nordost, antizyklonal in 950 hPa, zyklonal in 500 hPa, trocken.

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2016

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2016 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	NWAAT	41	11,20	19	NWAZF	6	1,64
2	NWAAF	34	9,29	20	SOZAT	4	1,09
3	SWAAF	31	8,47	21	SWZAT	4	1,09
4	SWZZF	31	8,47	22	XXZAF	4	1,09
5	NWAZT	30	8,20	23	NWZZT	4	1,09
6	SWZAF	20	5,46	24	XXZAT	3	0,82
7	XXAAT	19	5,19	25	NOZZT	3	0,82
8	SWAZT	17	4,64	26	SOZZT	3	0,82
9	XXZZT	13	3,55	27	SOZZF	3	0,82
10	SWAAT	12	3,28	28	NWZZF	3	0,82
11	XXAAF	12	3,28	29	SOAAT	2	0,55
12	SWZZT	11	3,01	30	NOZZF	2	0,55
13	XXAZT	9	2,46	31	XXAZF	1	0,27
14	XXZZF	9	2,46	32	NOAZF	1	0,27
15	NOAAT	8	2,19	33	NWZAT	1	0,27
16	NOAZT	8	2,19	34	NOZAF	1	0,27
17	SWAZF	8	2,19	35	NWZAF	1	0,27
18	SOZAF	7	1,91				

Die Wetterlagenklassen NOAAF, SOAAF, SOAZT, SOAZF und NOZAT sind im Jahr 2016 nicht vorgekommen.

Besonders häufig traten in diesem Jahr die hochreichend antizyklonalen Lagen NWAAT, NWAAF und SWAAF sowie die hochreichend zyklonale Lage SWZZF und die bodennah antizyklonal beeinflusste Wetterlage NWAZT auf. Die Wetterlagen NWAAT und SWZZF wurden 2016 deutlich häufiger registriert als im Referenzzeitraum 1981–2010. Recht häufig vertreten waren noch feuchte Südwestlagen mit einer zyklonalen Boden- und einer antizyklonalen Höhenströmung, gefolgt von den trockenen Lagen mit antizyklonaler Bodenströmung XXAAT und SWAZT, wobei die Wetterlage SWAZT 2016 etwas häufiger beobachtet wurde als in der Referenzperiode 1981–2010. Die 8 Wetterlagen NWAAT, NWAAF, SWAAF, SWZZF, NWAZT, SWZAF, XXAAT und SWAAT stellten zusammen 61 % aller Lagen dar.

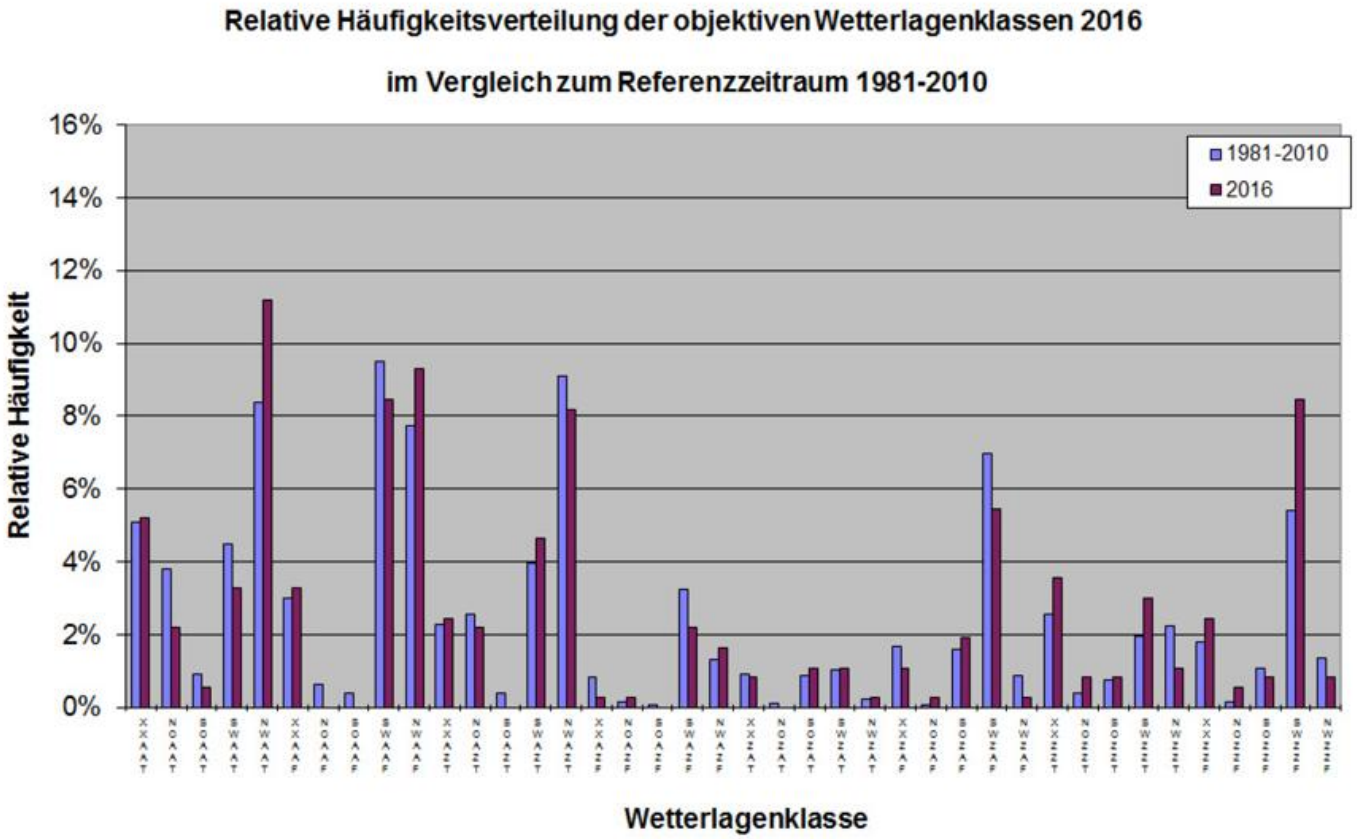


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2016 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2016

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2 und 3) ist auffällig, dass die Windrichtungsverteilung 2016 weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode 1981–2010 entsprach, wobei besonders häufig Südwestlagen auftraten. Auch die antizyklonalen und zyklonalen Lagen waren ähnlich verteilt wie in der Referenzperiode, wobei zyklonale Lagen 2016 etwas häufiger auftraten als im Zeitraum 1981–2010. Die Anzahl von trockenen und feuchten Lagen entsprach den jeweiligen Referenzwerten.

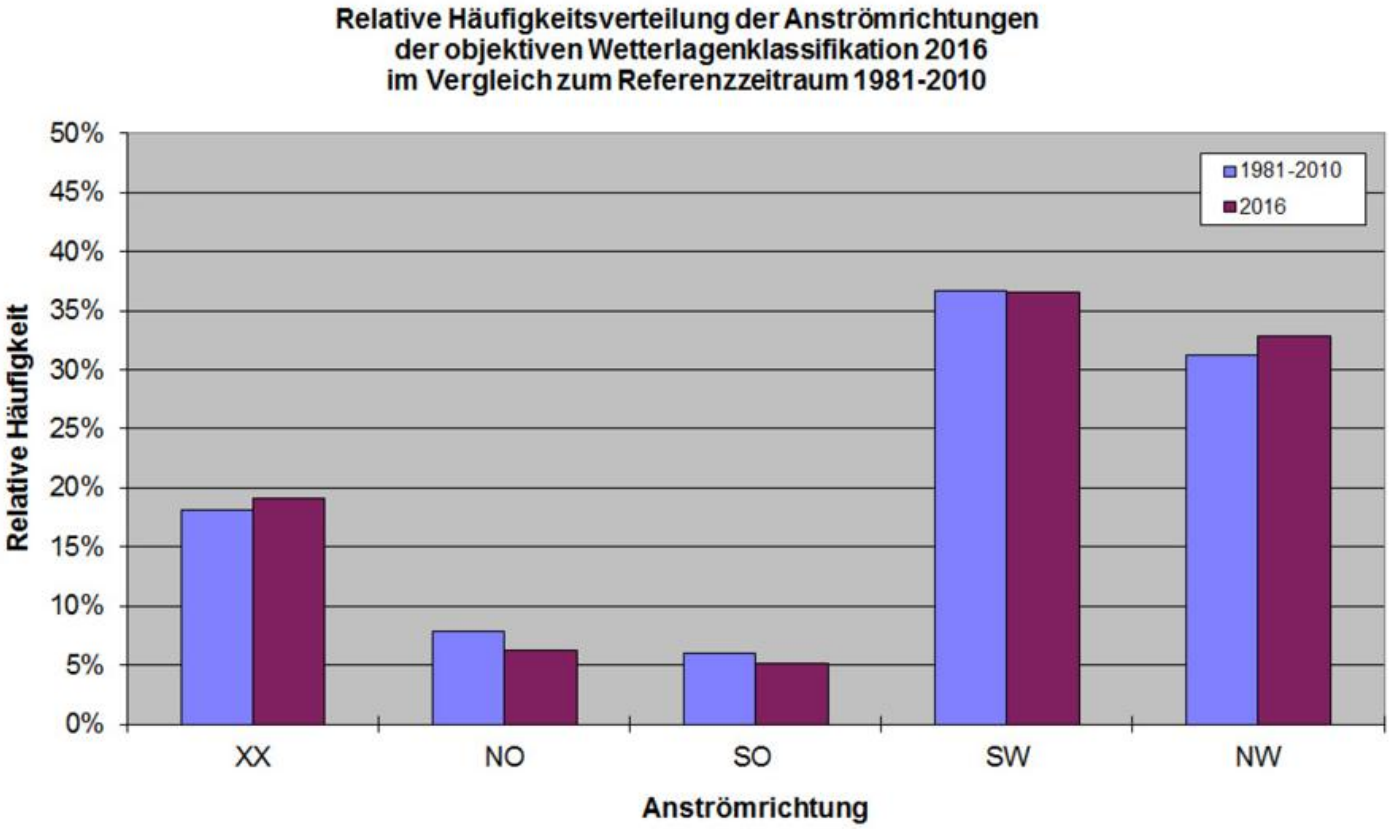


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2016 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

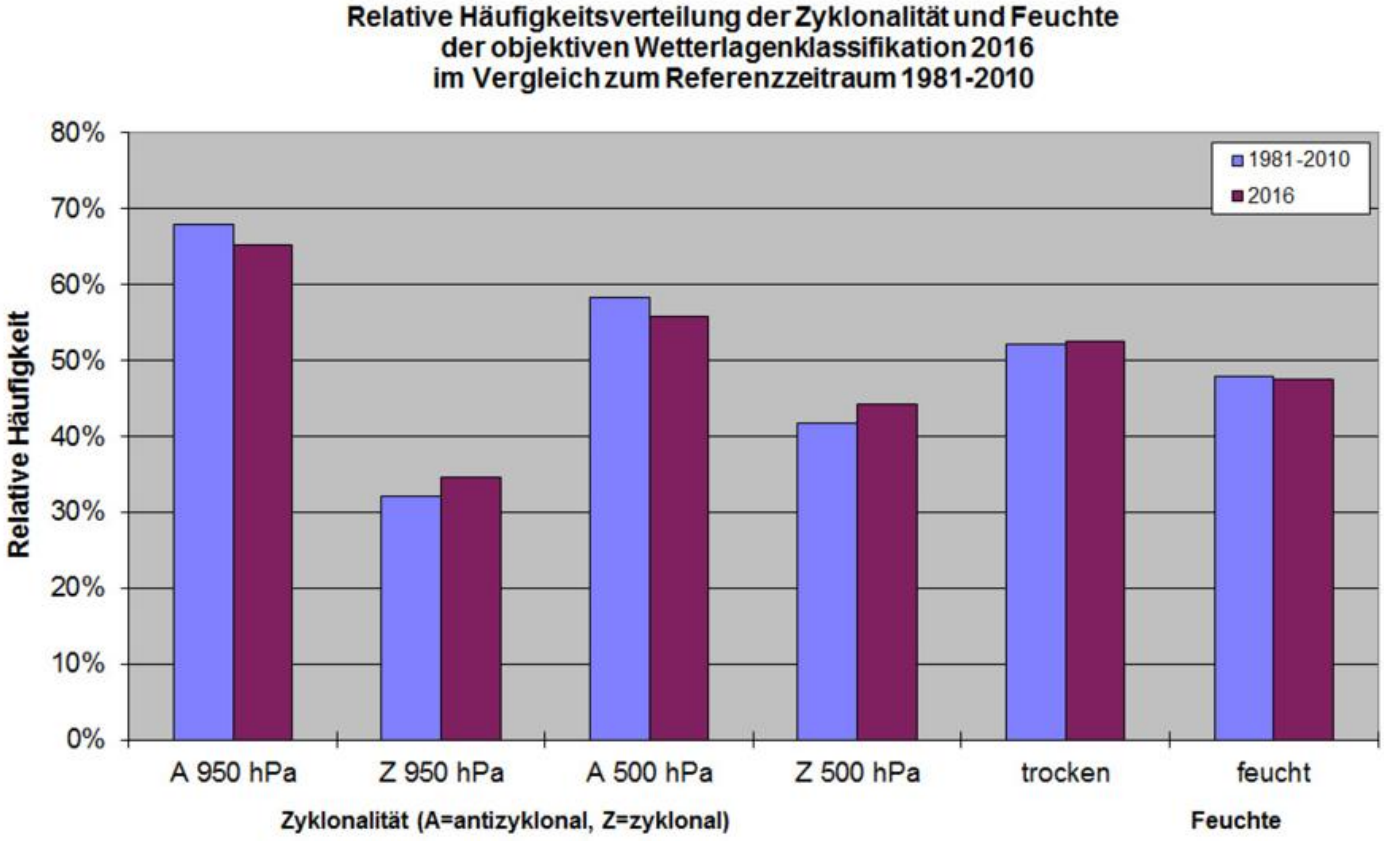


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2016 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	5	9	10	3	5	5	3	10	3	16	3	3	75
NO	0	5	4	6	0	0	0	1	6	3	0	0	25
SO	0	2	3	0	0	0	0	2	1	3	0	1	12
SW	11	10	4	11	16	11	20	18	14	6	6	14	141
NW	15	3	10	10	10	14	8	0	6	3	21	13	113
A 950 hPa	24	19	20	24	26	25	20	14	20	17	23	30	262
Z 950 hPa	7	10	11	6	5	5	11	17	10	14	7	1	104
A 500 hPa	16	17	19	20	21	20	23	21	10	15	20	27	229
Z 500 hPa	15	12	12	10	10	10	8	10	20	16	10	4	137
trocken	19	26	23	24	22	16	11	11	22	20	14	13	221
feucht	12	3	8	6	9	14	20	20	8	11	16	18	145
Temperatur	1,5	2,9	0,5	0,5	1,6	1,6	1,7	1,2	3,6	-0,5	-0,2	1,4	1,3
Niederschlag	127	158	81	92	95	137	90	59	64	102	86	38	93

Tab. 1: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2016. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatliche Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen traten im Juli und August sowie im Mai recht häufig auf, während sie im März, Oktober und November sehr selten beobachtet wurden. Nordwestlagen waren im November wetterbestimmend, traten aber auch im Januar noch relativ oft auf. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering. Wetterlagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung wurden nur im Oktober an mehr als 10 Tagen registriert.

- Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen nur im August nicht häufiger als zyklonale Lagen beobachtet. In den anderen Monat überwog der antizyklonale Einfluss meistens sehr deutlich. Im Dezember z.B. wurde nur an einem Tag eine zyklonale Wetterlage beobachtet. In 500 hPa sieht die Verteilung ähnlich aus. Nur im September und Oktober übertrafen die zyklonalen Lagen die antizyklonalen.

- Feuchte

Im Jahr 2016 herrschten trockene Lagen vor. Nur im Juli und August sowie im November und Dezember wurden mehr feuchte als trockene Lagen beobachtet.

- Temperatur

Die Jahresmitteltemperatur für 2016 lag 1,3 K über dem Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Nur im Oktober und November wurden unterdurchschnittliche Mitteltemperaturen registriert.

- Niederschlag

Im Jahr 2016 waren 8 Monate trockener und 4 Monate niederschlagsreicher als im Zeitraum 1961-1990. So wurden 2016 auch nur 93% der Niederschlagsmenge der internationalen klimatologischen Referenzperiode erreicht.

Ein klarer Zusammenhang zwischen diesen Witterungsanomalien und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich nicht immer feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2016

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) sind Trends hinsichtlich der Zunahme von Südwestlagen und Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung weiterhin vorhanden, wurden aber nicht gestärkt.
Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) sind keine Trends erkennbar.

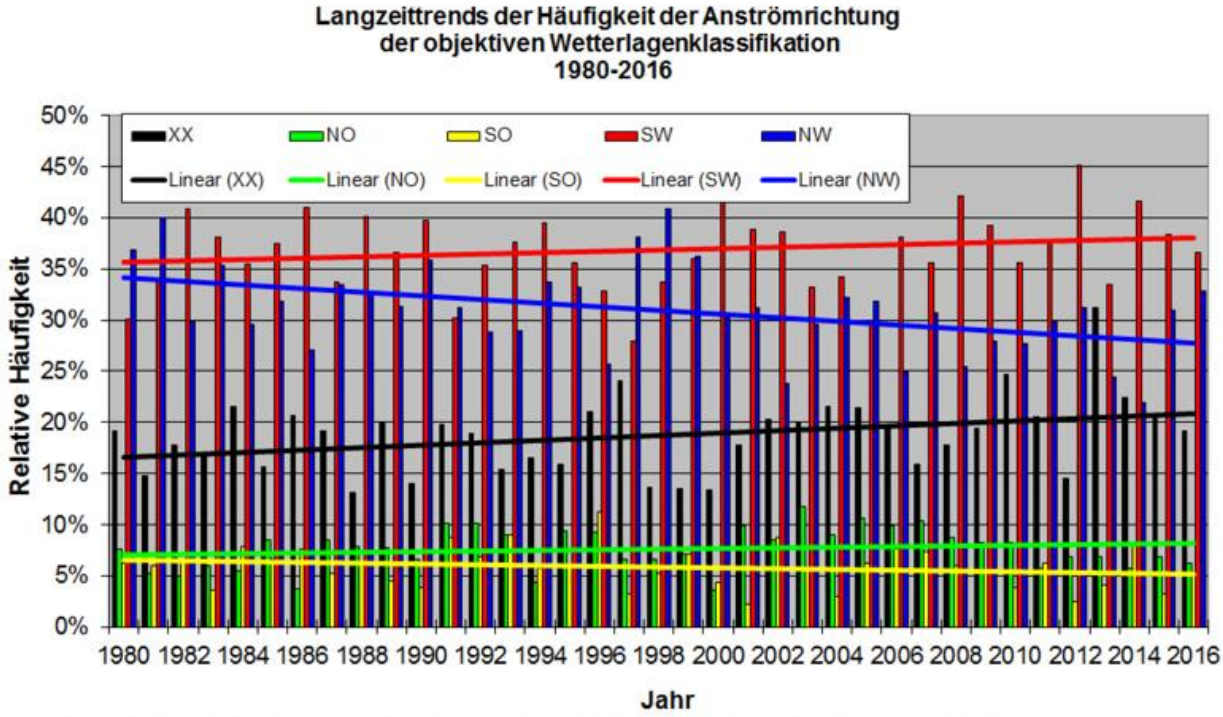


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

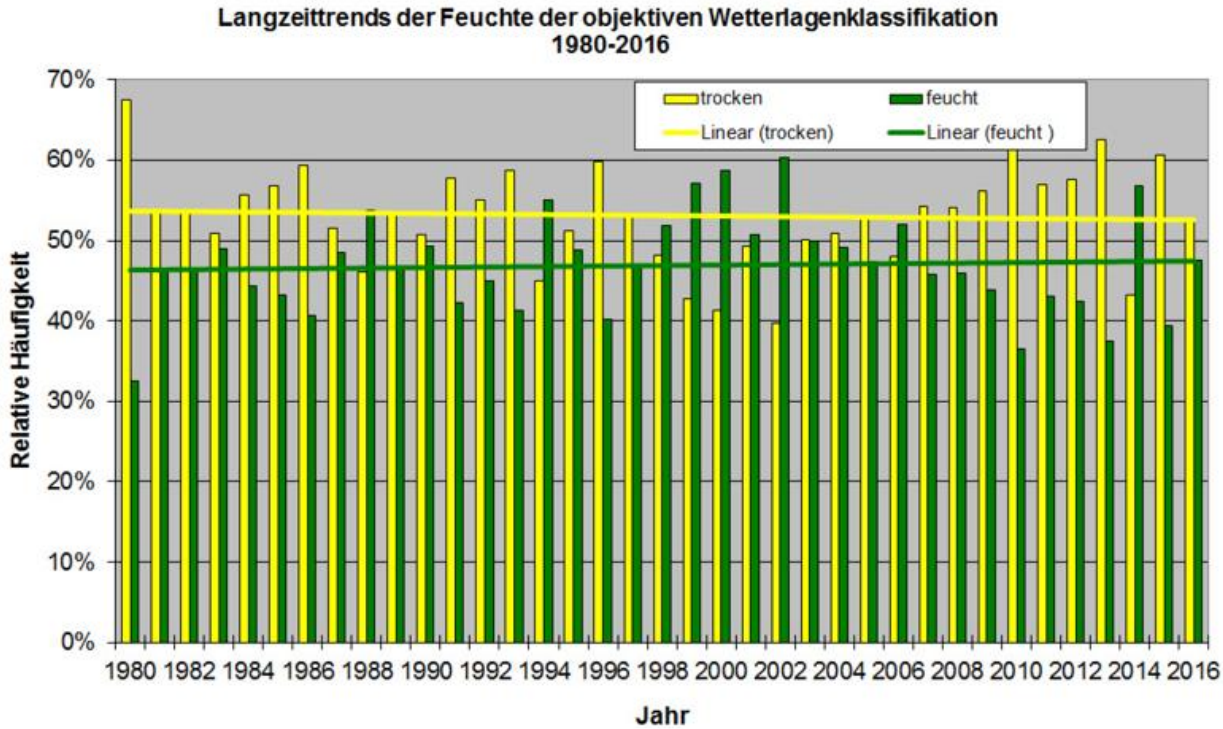


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) sind sowohl in 500 hPa als auch in 950 hPa keine langfristigen Tendenzen feststellbar.

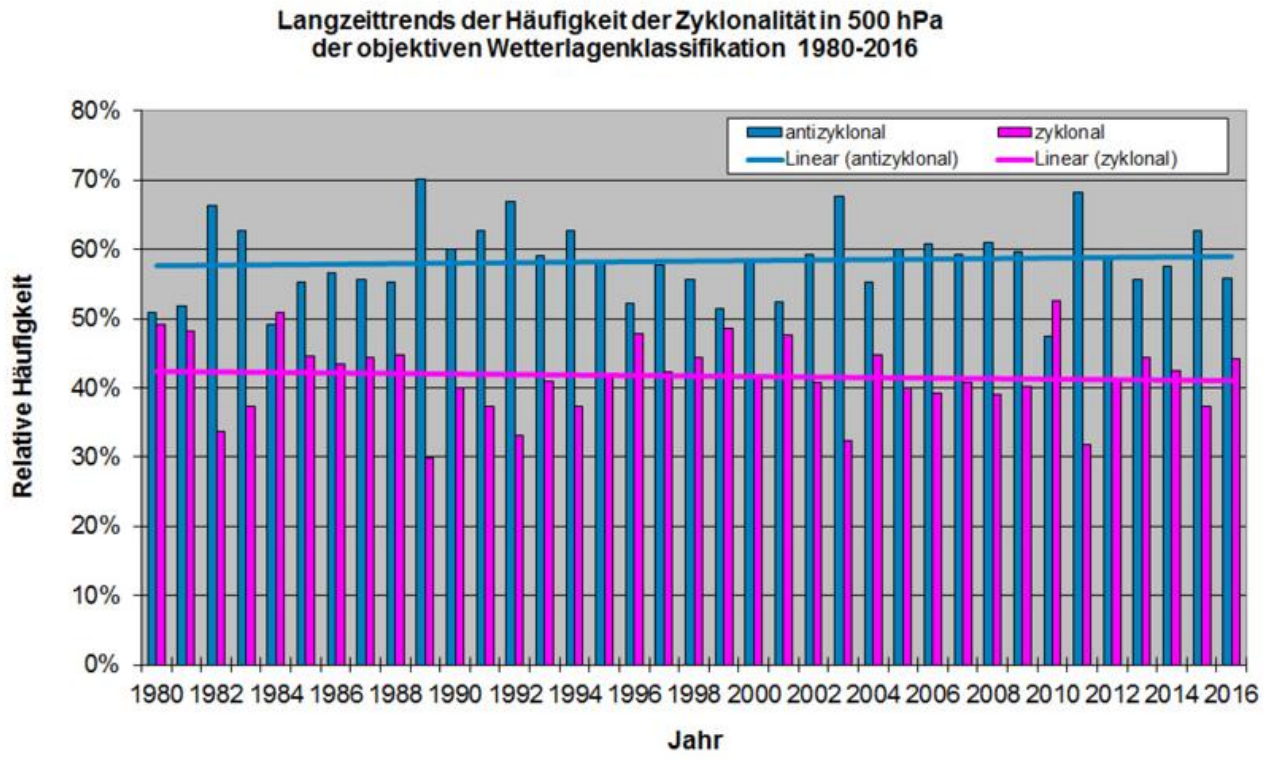


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

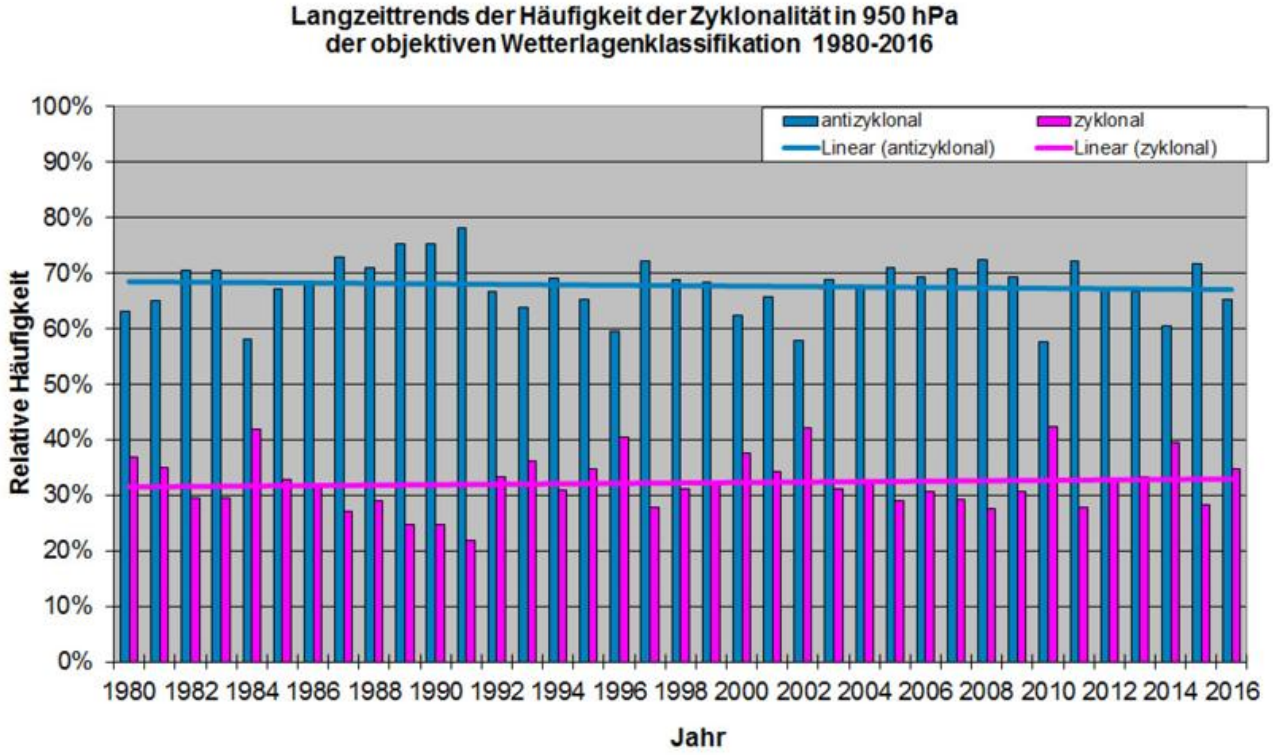


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2016

S. Pietzsch, M. Wegener, J. Fildebrandt

Zum Jahresbeginn gelangte trockene russisch-skandinavische Kaltluft in den Nordosten Deutschlands. Der Südwesten verblieb zunächst in milder, feuchter Meeresluft. Mitte **Januar** herrschte dann in ganz Deutschland winterliches Wetter mit verbreitetem Dauerfrost und einer nahezu geschlossenen Schneedecke. Im letzten Monatsdrittel wurde aus Südwesten ungewöhnlich milde Luft herangeführt und ließ die Schneedecke wieder verschwinden. Insgesamt war der Monat mild und feucht bei leicht überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer. Der Wintereinbruch in der Monatsmitte bremste die Vegetationsentwicklung aus und ließ die Zwischenfruchtbestände abfrieren. Der Frost drang bei schneefreien, unbewachsenen Flächen teils über 30 cm in den Boden ein. Dagegen blieb es unter einer Schneedecke gebietsweise durchweg frostfrei. Am Monatsende kam dann die Pflanzenwelt aufgrund der einsetzenden Milderung wieder in Gang. Das Stäuben der Haseln und Erlen hat nach einer längeren Unterbrechung ein- bzw. sich fortgesetzt und vereinzelt zeigten sich die ersten Schneeglöckchen (Abb. 2). Bereits Ende Januar waren die Böden fast deutschlandweit wassergesättigt, zum Teil auch übersättigt. Lediglich Gebiete von Thüringen, Sachsen-Anhalt und vom Osten Brandenburgs waren noch nicht mit Wasser aufgefüllt.

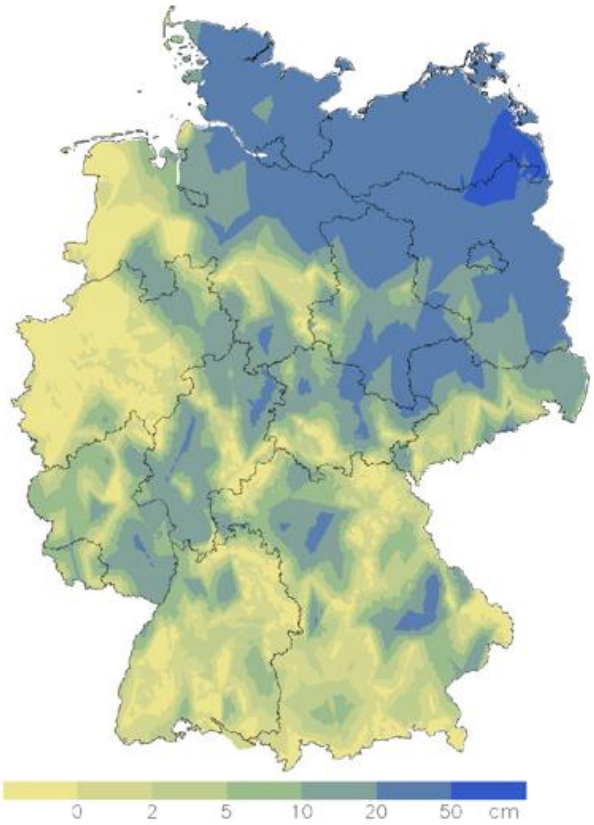


Abb. 1: Maximale Frosteindringtiefe (cm) für einen unbewachsenen Boden am 24. Januar 2016

Abb. 1 zeigt die mit einem Kaltlufteinbruch einhergegangenen maximalen Frosteindringtiefen in den Boden am 24. Januar 2016. In Mecklenburg Vorpommern und Brandenburg erreichten diese stellenweise über 50 cm.

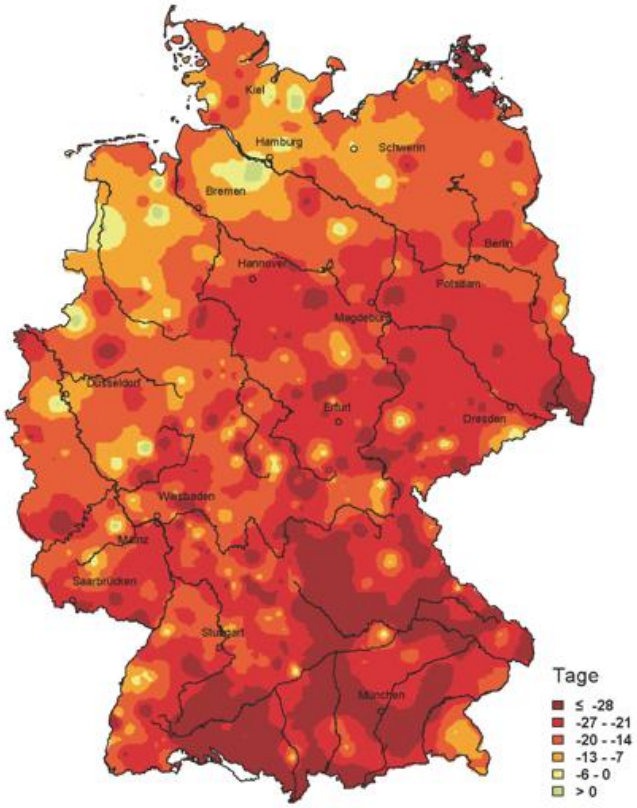


Abb. 2: Abweichung (Tage) des Beginns der Schneeglöckchenblüte 2016 vom langjährigen Mittel

Im **Februar** herrschte nur an wenigen Tagen Hochdruckeinfluss mit trockenem und sonnigem Wetter. Stattdessen nahmen immer wieder atlantische Tiefdruckgebiete mit ihren Ausläufern Kurs auf Deutschland. Mit teilweise kräftigen Südwest- bis Westwinden führten diese meist milde und feuchte Luft – mit Regen, aber wenig Schnee – heran. Insgesamt lagen die Temperaturen und Niederschläge weit über dem vieljährigen Durchschnitt, während der Sonnenschein etwas unter dem Soll blieb. Nachtfröste waren in der ersten Monatshälfte eine Seltenheit, erst danach gab es kurze kältere Phasen mit leichtem bis teils mäßigem Frost im Tiefland und Dauerfrost im Bergland. Aufgrund der wiederholten Niederschläge führten einige Flüsse zeitweise Hochwasser. Die Böden blieben wassergesättigt bis übersättigt und waren daher verbreitet unbefahrbar. In der Monatsmitte und zum Monatsende trockneten die Böden nur oberflächlich ein wenig ab, so dass örtlich die erste Düngeabgabe bei gegebener Befahrbarkeit möglich war. Meist musste jedoch abgewartet werden. Das ständige Auf und Ab bei den Temperaturen sorgte für eine schubweise Entwicklung in der Pflanzenwelt. Verbreitet gingen weitere Meldungen zur blühenden Hasel und Erle sowie zum Schneeglöckchen ein. Durch den deutlich zu warmen Winter zeigte bereits Mitte/Ende Februar der erste Huflattich seine gelben Blütenblätter.

In Abb. 3 ist die Bodenfeuchte zum Ende des Winters am 29. Februar 2016 dargestellt. In der Schicht von 0 bis 60 cm lagen die Werte verbreitet bei über 100 % nutzbarer Feldkapazität – die Böden konnten somit meist wassergesättigt in den Frühling starten.

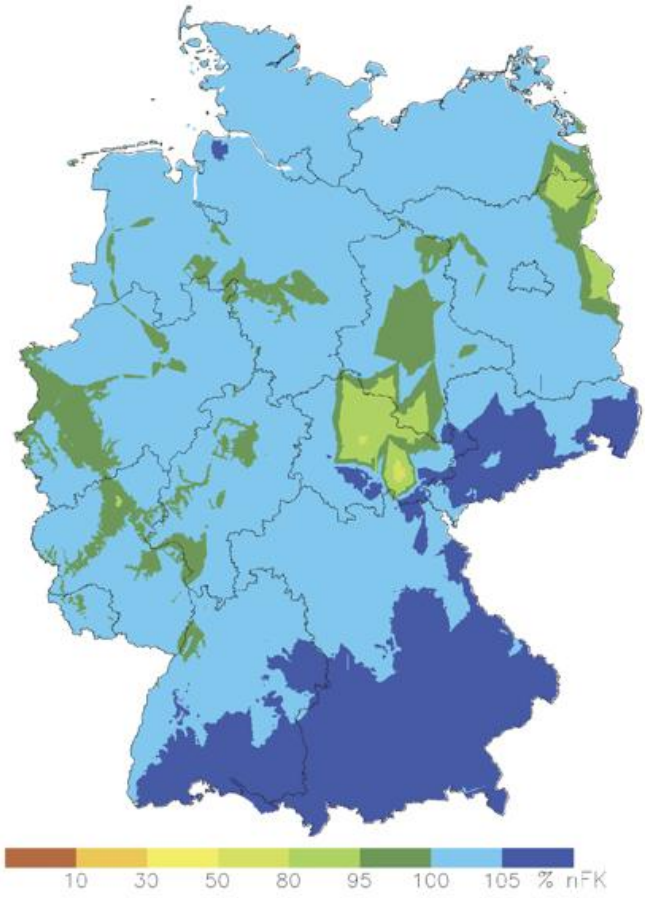


Abb. 3: Bodenfeuchte (% nFK) in 0-60 cm für einen sandigen Lehm unter Gras am 29. Februar 2016

In den ersten **März**tagen dominierten Tiefdruckgebiete mit Niederschlägen, die teils als Regen, teils aber auch als Schnee fielen. In der zweiten Märzwoche setzte sich Hochdruckeinfluss durch. Von nun an herrschte meist trocken-sonniges Wetter bei verhaltenen Temperaturen. Zum Monatsende brachten atlantische Tiefdruckgebiete allmählich etwas wärmere Luft, aber auch wieder Niederschläge. Der März fiel insgesamt meist mild und oft zu trocken bei unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer aus. Zum Start in den meteorologischen Frühling am 1. März war von Frühlingserwachen keine Spur. Hingegen gab es verbreitet leichte bis mäßige Nachtfröste, in Süddeutschland eine dünne Schneedecke. Während der niederschlagsarmen Phase in der Monatsmitte trockneten endlich verbreitet, aber leider nicht überall, die Böden ab. Die Befahrbarkeit war damit nur örtlich gewährleistet. Stellenweise wurden Gülle und Dünger ausgebracht – außerdem startete die Saatbettbereitung. Aufgrund der anhaltenden niedrigen Bodentemperaturen konnten erst in der letzten Monatsdekade erste Sommerkulturen bestellt werden. Auch die Blüte der Forsythie und damit der Beginn des Erstfrühlings setzte verbreitet erst am Monatsende ein. Während freundlicher Phasen begann der „kurze" Zuflug der Rapsschädlinge in die Bestände. Allerdings wurden die Schwellenwerte für eine Bekämpfung kaum überschritten. Die 200 Grad Temperatursumme, welche den Beginn des Grünlandwachstums charakterisiert, wurde meist im Verlauf der zweiten Monatshälfte erreicht.

Da sich Hoch- und Tiefdruckgebiete häufig abwechselten, machte der **April** seinem Namen alle Ehre: Es gab überall typisches Aprilwetter mit Schnee- und Graupelschauern sowie einzelnen Gewittern. Insgesamt wich der April bei Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer kaum vom vieljährigen Durchschnitt ab. Bis zum Beginn der 2. Monatsdekade lagen die Temperaturen oft im angenehmen Bereich. An einzelnen Apriltagen war ein Hauch Frühling zu spüren und die Böden trockneten oberflächig ab. Dabei konnten die Sommerungen weiter gepflanzt werden, auch die Pflanzenentwicklung kam in Fahrt. Ab Monatsmitte blühten vielerorts die Süßkirschen und Pflaumen, das Wintergetreide kam verbreitet ins Schossen und allmählich begann die Winterrapsblüte. An den letzten Tagen des Monats blühten vereinzelt die Apfelbäume (Abb. 5), womit die phänologische Phase Vollfrühling erreicht wurde. Zwischendurch gab es allerdings immer wieder teils ergiebige Regenmengen, die zu wassergesättigten, nicht befahrbaren Böden führten und alle landwirtschaftlichen Arbeiten abrupt pausieren ließen. Besonders im Gedächtnis geblieben sind aber die Kaltluftvorstoße zum Monatsende hin, die für einstellige Höchsttemperaturen und Nachtfröste bzw. Fröste in Bodennähe sorgten. In höheren Lagen fiel nochmals Schnee. Teilweise war es deutlich zu kalt, tagsüber wie auch nachts. Dadurch verzögerten sich die Fortführung der Zuckerrübenaussaat, das Legen der Kartoffeln und der Start der Maisbestellung. Bei bereits aufgelaufenen Zuckerrüben und auch Kartoffeln gab es mancherorts Frostschäden. Auch im Wein- und Obstbau kam es lokal zu erheblichen Ausfällen. Herbizidanwendungen gestalteten sich aufgrund der kalten Temperaturen mit nächtlichem Frost oft als schwierig.

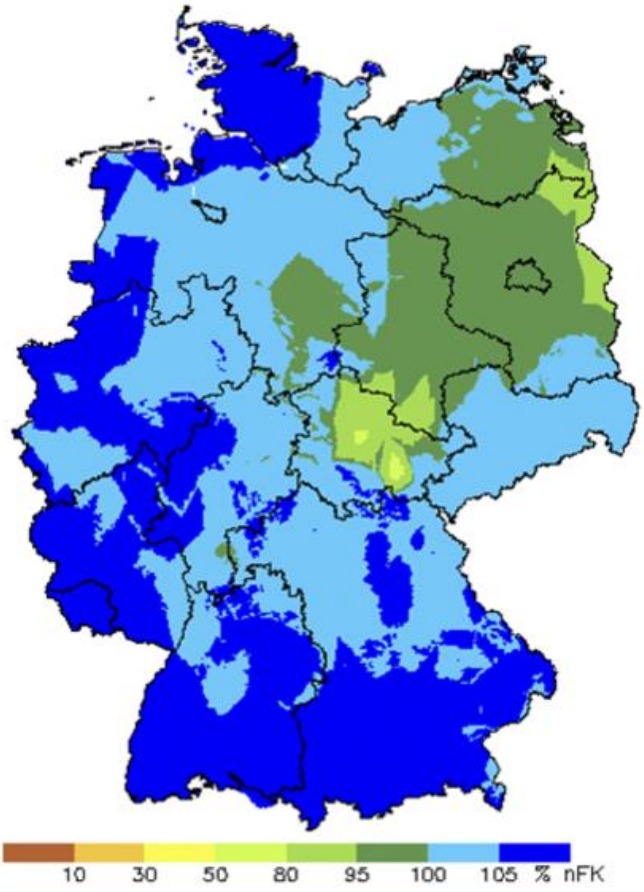


Abb. 4: Bodenfeuchte zu Beginn des Frühlings 2016

In Abb. 4 ist zu sehen, dass zu Beginn des Frühlings, hier am 6. März 2016, die Bodenfeuchten in 0 bis 60 cm Tiefe verbreitet über 100 Prozent nutzbarer Feldkapazität (% nFK) lagen. Lediglich im Nordosten Deutschlands war es schon etwas trockener.

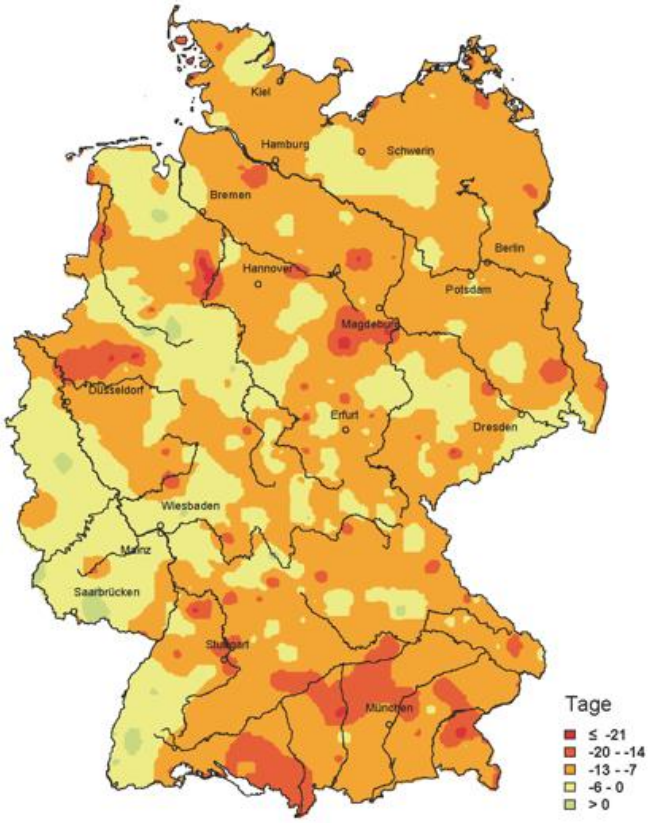


Abb. 5: Abweichung (Tage) des Beginns der Apfelblüte 2016 vom langjährigen Mittel

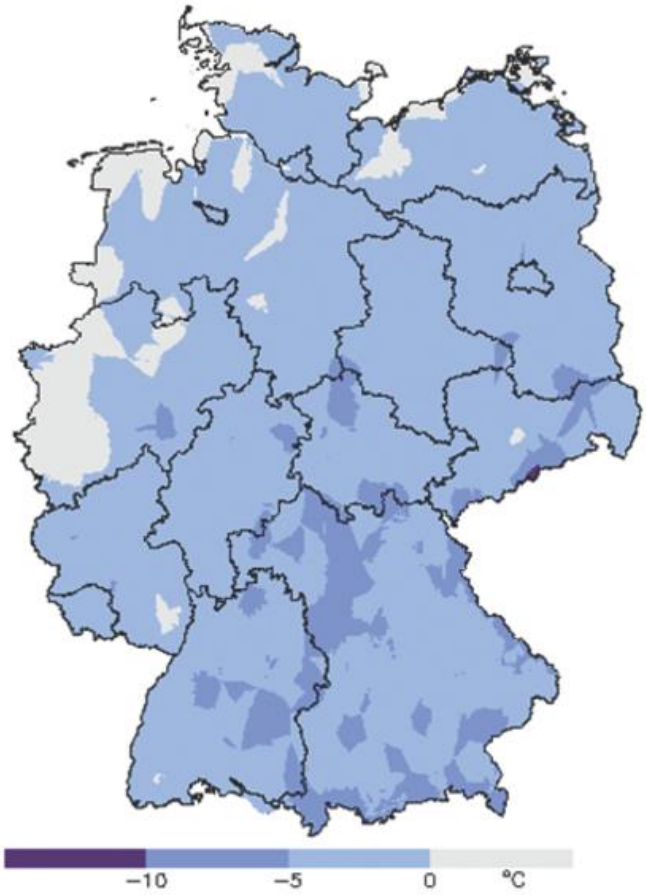


Abb. 6: Tiefsttemperaturen am Erdboden Ende April 2016

Abb. 6 zeigt die Tiefsttemperaturen am Erdboden am 29. April 2016. Diese lagen verbreitet im Frostbereich. Stellenweise – vor allem im Süden Deutschlands – auch unter -5°C.

Wie bereits in den Vormonaten dominierten im Mai abwechselnd Hoch- und Tiefdruckgebiete. Dabei profitierte der Nordosten von überwiegend hohem Luftdruck. Im Westen und Süden gab es aufgrund lokal teils kräftiger Gewitter zum Monatsende verbreitet ein Niederschlagsplus. Insgesamt verlief der **Mai** etwas zu warm, gebietsweise zu trocken bzw. zu nass, aber bei ausreichend Sonnenschein. Der Monat startete kühl, örtlich teils mit Bodenfrost. Ab Christi Himmelfahrt ging es mit den Temperaturen aufwärts: Der Sommer kam ins Land! Bei nahezu ungestörtem Sonnenschein kletterten die Verdunstungsraten auf 7 bis 8 mm. Es gab einen Wachstumsschub. Ein erster Grünlandschnitt wurde vielerorts getätigt, der erste Heuschnitt verzögerte sich teilweise bis Ende des Monats. Andererseits starteten in trockenen Gebieten die ersten Beregnungsanlagen. Trockenheitsbedingt kam es auch zu ersten Waldbränden. Verbreitet lief bis zur Monatsmitte der Mais auf, und bis zum Ende der 2. Dekade auch die Kartoffeln. Ab Monatsmitte schob das Wintergetreide seine Ähren. Fast pünktlich sorgten die Eisheiligen am Pfingstwochenende für Regen-, Graupelschauer und Gewitter sowie für einen Temperatursturz bis 10 K. In ungünstigen Lagen gab es Bodenfrost, in Hochlagen fiel Schnee. Das wechselhafte Wetter hielt bis zum Monatsende an, mit den Temperaturen ging es aber bergauf. Neben Wassererosion und direkten Schäden an den Kulturen infolge von Starkregen und/oder Hagel nahm die potentielle Schadwirkung durch Pilzkrankheiten zu. Außerdem wurden in Obstanlagen in Südwestdeutschland zunehmend Fänge der Kirschessigfliege verzeichnet. Der phänologische Frühsommer setzte mit der Holunder- und Robinienblüte überall ein.

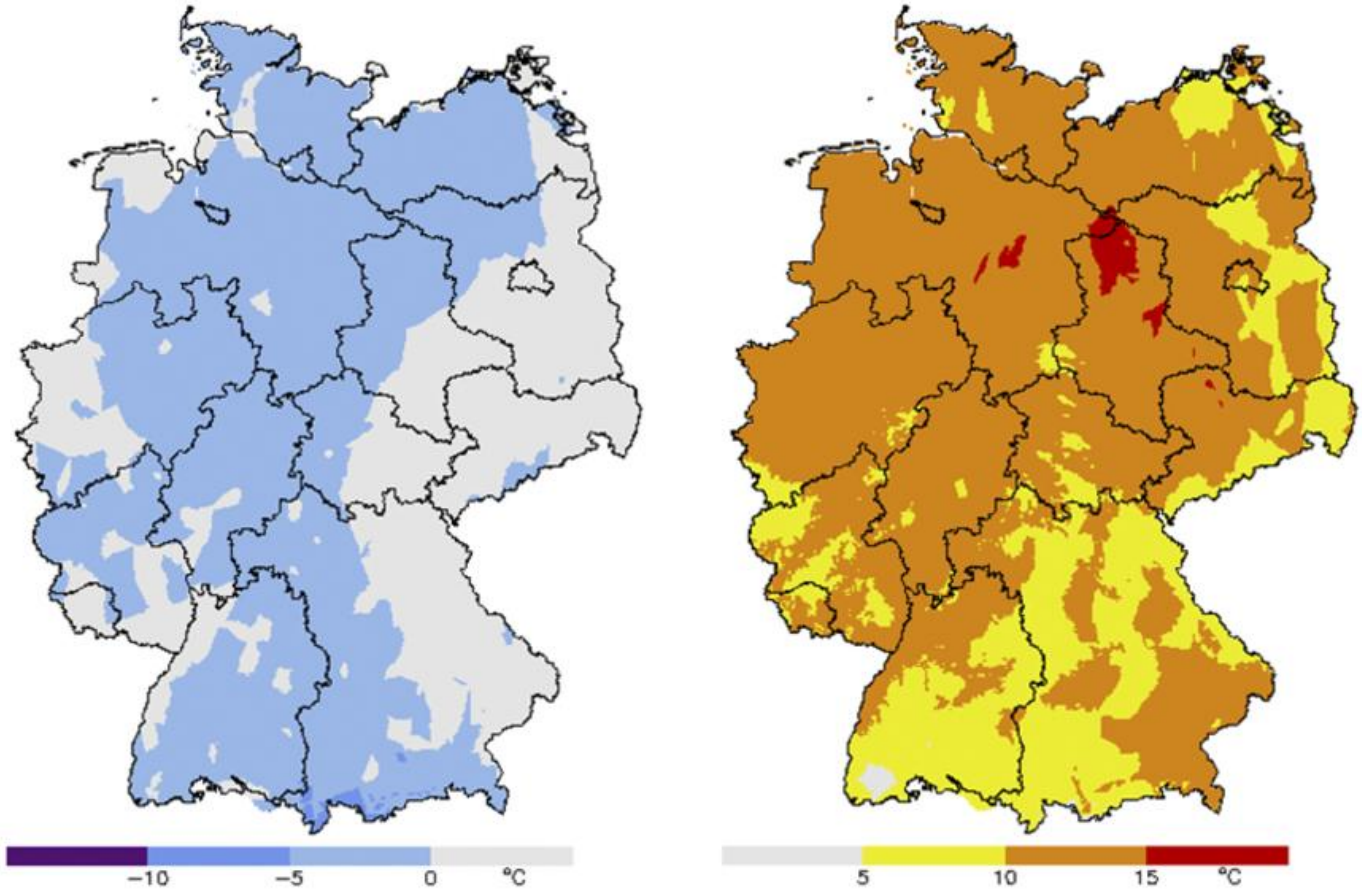


Abb. 7: Temperaturunterschiede im Mai 2016

Abb. 7 zeigt das Temperaturspektrum, was der Mai 2016 mit sich brachte. Wohingegen am 5. Mai die Tiefsttemperaturen am Erdboden meist, vor allem in der Westhälfte Deutschlands, im Frostbereich lagen (linke Grafik), sanken diese am 23. Mai nur selten unter 10°C, vereinzelt in der Nordhälfte Deutschlands nicht unter 15°C (rechte Grafik).

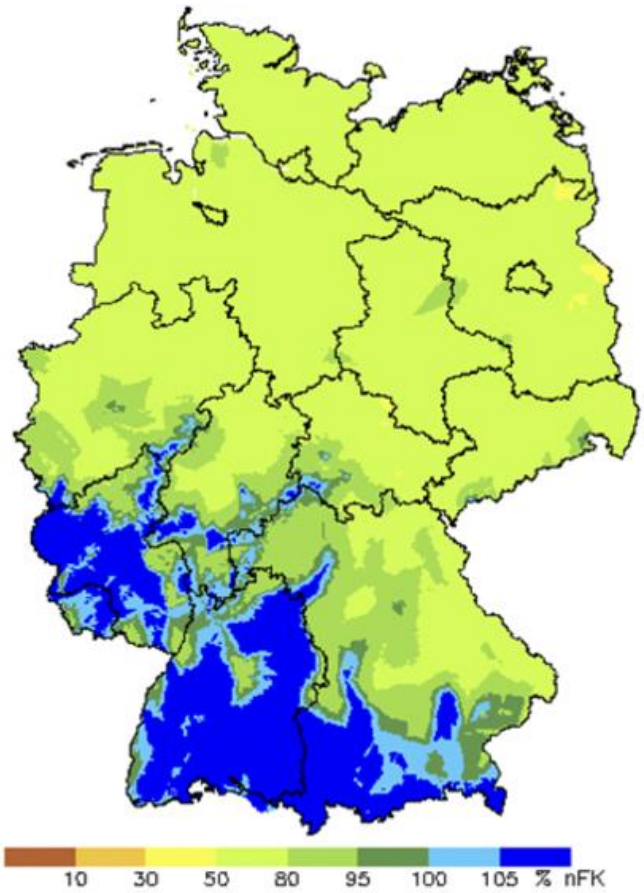


Abb. 8: Bodenfeuchte zum Ende des Frühlings 2016

Abb. 8 zeigt die Bodenfeuchtesituation zum Ende des Frühlings, am 31. Mai 2016. Die heftigen Niederschläge zum Monatsende führten zumindest im Südwesten Deutschlands zu wassergesättigten Böden. In den restlichen Landesteilen lagen die Werte meist zwischen 50 und 80 % nFK.

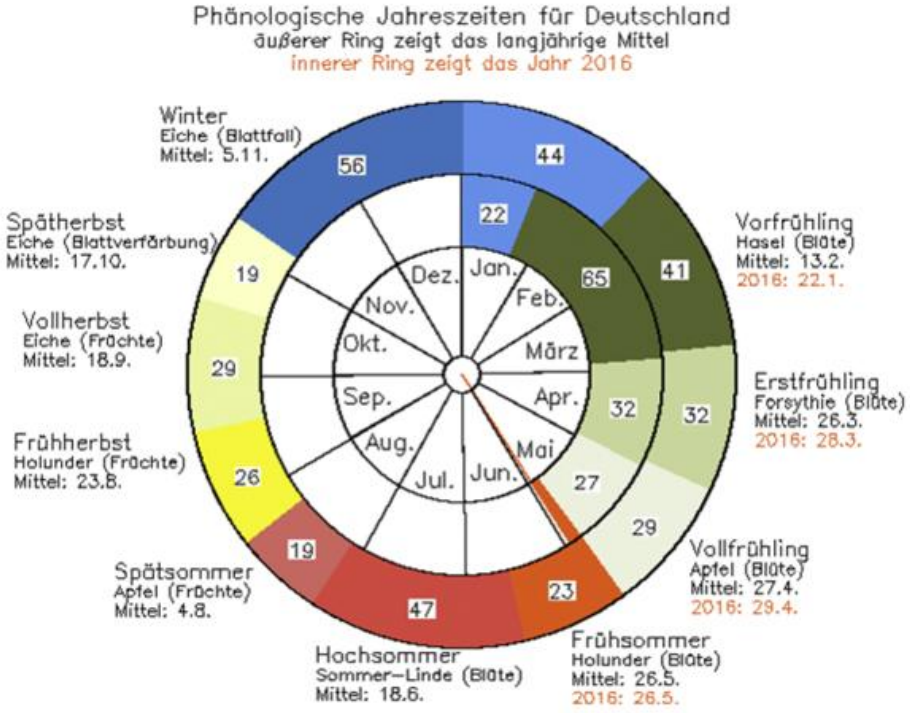


Abb. 9: Phänologische Entwicklung im Frühling 2016

Abb. 9 zeigt den Stand der phänologischen Entwicklung am 30. Mai 2016. Der Vergleich des langjährigen Mittels (äußerer Ring) mit dem Jahr 2016 (innerer Ring) zeigt, dass der phänologische Erst- und Vollfrühlung, sowie der Frühsommer geringfügig später eingesetzt haben, als im Mittel der vergangenen Jahre.

Im **Juni** bestimmten vielfach feuchte und mäßig warme Luftmassen das Wetter. Aufgrund geringer Luftdruckunterschiede gab es wenig Abwechslung, jedoch oft heftige Gewitter mit sehr hohen, teilweise auch katastrophalen Niederschlagsmengen, teils mit Hagel oder sogar Tornados. In der zweiten Monatsdekade sorgte die Schafskälte für kühle Temperaturen, am Monatsende wurde es hingegen hochsommerlich warm. Der Juni fiel insgesamt recht warm und niederschlagsreich aus, mit etwas zu wenig Sonne. Bei sommerlichem Monatsbeginn bestand vielfach die Möglichkeit für einen ersten Heuschnitt, während sich im unbeständigen weiteren Monatsverlauf nur die Chance für einen Silageschnitt anbot. Am heißen Monatsende konnte die Wintergerste schnell abreifen und vereinzelt gedroschen werden. Bis zur Monatsmitte hatten Kartoffeln und Zuckerrüben verbreitet die Bestände geschlossen – die Wetterbedingungen waren sehr günstig. Durch die zeitweilige Unbeständigkeit stieg der Infektionsdruck für Pilzkrankheiten wie Phytophthora in den Kartoffeln, Peronospora im Wein sowie für Fusarien und Mehltau im Getreide stark an. Regelmäßige Spritzungen waren die Folge, teilweise mussten die Spritzabstände sogar verkürzt werden. Die teils unwetterartigen Gewitter sorgten regional für Überschwemmungen, Erosionserscheinungen und schwere Schäden an den Kulturen. Neben den Winterkulturen brachen Sommergerste und auch Mais örtlich um. Mancherorts erlitt der Blattapparat der Sommerkulturen einen Hagelschaden. Mit Blick auf die Phänologie wechselte die Natur mit der Sommerlindenblüte und den pflückreifen Johannisbeeren zunehmend ab Monatsmitte in den Hochsommer.

Deutschland befand sich im **Juli** abwechselnd unter dem Einfluss von Hoch- und Tiefdruckgebieten. Zu Monatsbeginn wurde der Norden immer wieder von schwachen Tiefausläufern gestreift, im Süden dagegen dominierte meist der Keil des Azorenhochs. Ab der Monatsmitte sorgte Hoch „Burkhard" für hochsommerliche Temperaturen. In der letzten Dekade führten schwache Luftdruckgegensätze zu fast tropischen Verhältnissen mit teils extremer Schwüle und heftigen Gewittern. Dabei lagen Orte mit enormen Regenmengen, welche lokal kurzzeitig zu Überschwemmungen führten, und trockene Landstriche oft dicht beieinander. Insgesamt war der Juli deutlich zu warm, häufig etwas zu trocken und durchschnittlich sonnig. Da die freundlichen und weitgehend trockenen Phasen immer nur wenige Tage andauerten und somit kein klassisches Heuwetter herrschte, war die Heuwerbung mitunter ein Glücksspiel. Die wechselhafte, oft feuchtwarme Witterung ließ den Infektionsdruck durch Pilzkrankheiten wie Cercospora, Mehltau und auch Ramularia in den Zuckerrüben sowie Phytophthora in den Kartoffeln weiter ansteigen. Auf Feldern, welche von Starkregen und Wind betroffen waren, brach das Getreide um. Die generelle Juliwärme spiegelte sich in einer zügigen Vegetationsentwicklung wider. In rascher Folge wurden Wintergerste, -raps und -weizen reif. Somit setzte sich die Wintergerstenernte fort, sie konnte nahezu flächendeckend bis zur Monatsmitte abgeschlossen werden. Am Ende der zweiten Monatsdekade wurden dann die ersten Winterrapsbestände gedroschen und in der dritten Dekade die ersten Winterweizenbestände. Mit letzterem setzte der phänologische Spätsommer ein. Allerdings mussten aufgrund der leichten Unbeständigkeit in manchen Regionen immer wieder Ernteunterbrechungen hingenommen werden. Ab Monatsmitte setzte allmählich der Blühbeginn beim Mais ein.

In den ersten drei **August**wochen überstrich den äußersten Süden oft schwülwarme Luft aus dem Mittelmeerraum. An manchen Tagen entluden sich Gewitter oder zogen ausgedehnte Regengebiete heran. Im Norden gestaltete eher tiefer Luftdruck über Skandinavien das Wetter meist wechselhaft und relativ kühl. Es gab in ungünstigen Lagen ersten örtlichen Frost in Bodennähe. Bis zur Mitte kamen die Tiefausläufer jedoch nur selten voran, häufig dominierte ein Keil eines Azorenhochs mit trockener Luft sowie warmen Tagen und vereinzelt frischen Nächten. Zum Monatsende hin präsentierte sich der August verbreitet unter dem Einfluss von Hoch „Gerd" sonnenscheinreich mit teils ungewöhnlich hohen Temperaturen. Insgesamt ergab sich ein zu warmer, viel zu trockener August mit reichlich Sonnenschein. Die noch ausstehende Ernte von Winterweizen, gebietsweise auch noch Winterraps musste in der ersten Monatshälfte, aufgrund der schauerartigen Niederschläge, immer wieder pausieren. Dabei gab es mancherorts Probleme mit Pilzen und Auswuchs. In den Kartoffelbeständen trat nun vermehrt die Krautfäule, in den Rüben verstärkt die Blattkrankheiten auf. Vor allem ab Monatsmitte wechselte der Mais verbreitet in das Stadium der Milchreife und die Winterrapsbestellung begann ganz allmählich. Zunächst bestand kaum eine Möglichkeit für einen Heuschnitt, erst in der zweiten Monatshälfte lagen günstigere Trocknungsbedingungen vor. Besonders die Trockenstresssituation in der letzten Dekade führte zu ungleichmäßigem Auflaufen bereits ausgebrachter Wintersaaten, zu Problemen bei der Kartoffelrodung, Sonnenbrandschäden im Wein- und Obstbau sowie zur beschleunigten Trockenmassezunahme beim Mais. Außerdem stieg mit der anhaltenden Trockenheit und den hohen Temperaturen die Waldbrandgefahr an. Im Hinblick auf die Phänologie wurde ab der zweiten Dekade verbreitet mit den reifen Früchten beim Schwarzen Holunder der Sommer verabschiedet und der Frühherbst eingeleitet.

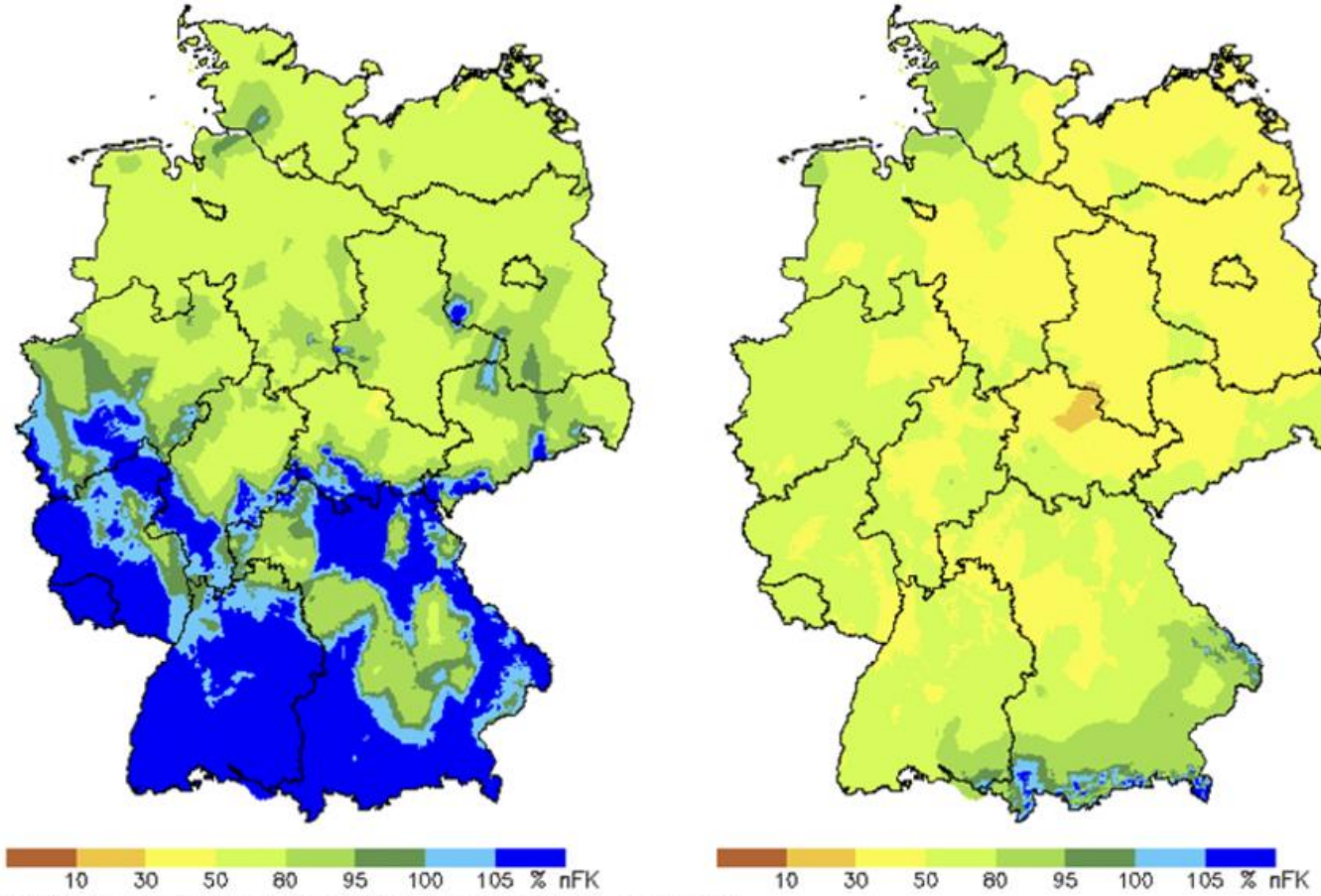
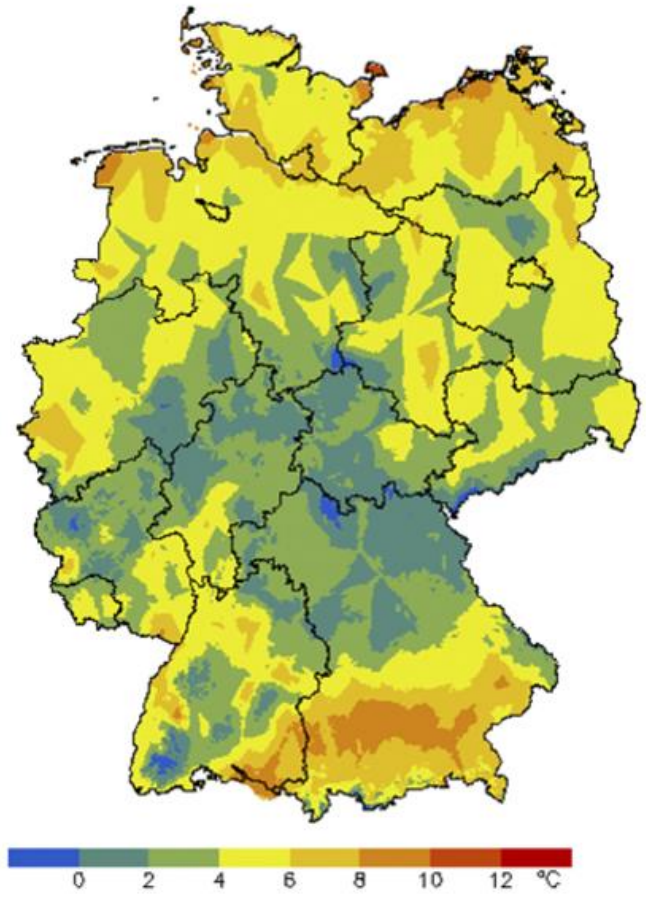


Abb.10: Hohe und niedrige Bodenfeuchten am 17. Juni und 31. August 2016



In Abb. 10 ist die Bodenfeuchte in 0 – 60 cm unter Gras für einen sandigen Lehmboden in % nutzbarer Feldkapazität (nFK) dargestellt. Die linke Grafik vom 17. Juni weist bedingt durch die ergiebigen Niederschlagsmengen recht hohe Werte, vor allem in der Südhälfte Deutschlands mit verbreitet mehr als 100 % nFK, auf. Die rechte Grafik zeigt die Bodenfeuchte zum Ende des Sommers, die resultierend aus den weitaus trockeneren Bedingungen im Juli und vor allem August vielerorts, besonders in der Nordosthälfte Deutschlands, auf weniger als 50 %nFK herabgesunken ist.

Abb. 11 zeigt anhand der Tiefstwerte der Lufttemperaturen in Erdbodennähe (in °C), dass es in der Nacht auf den 11. August stellenweise sehr kalt wurde. In der Mitte Deutschlands sanken die Werte verbreitet unter 4°C und regional, z.B. im Norden Bayerns oder im Harz, lagen die Tiefsttemperaturen sogar im leichten Frostbereich.

Abb.11: Frostige Tiefsttemperaturen am Erdboden in der Nacht auf den 11. August 2016

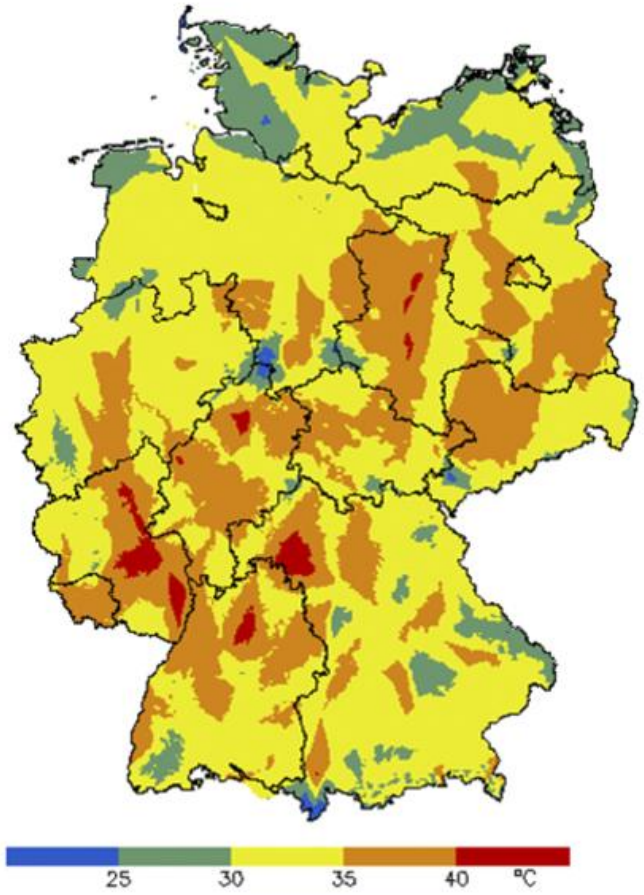
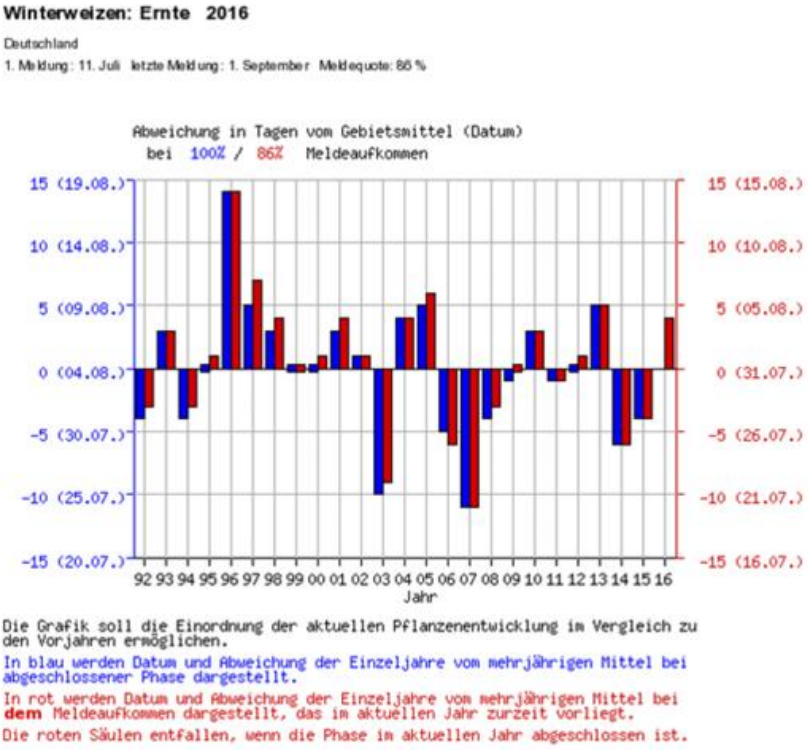


Abb. 12: Maximale Bodentemperaturen am 27. August 2016

Abb. 12 zeigt als Kontrast zu Abb. 11 die maximalen gemessenen Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe (in °C) am heißesten Sommertag, dem 27. August. In Teilen von Südwestdeutschland stieg das Quecksilber auf über 40°C.

Durch den permanenten Wechsel zwischen nassen und trockenen Phasen, waren die Bedingungen für die Winterweizenernte im Sommer 2016 nicht optimal und die Arbeiten fanden im Deutschlandmittel ein paar Tage später statt als im Schnitt der Jahre seit 1992 (Abb. 13, linke Grafik, Meldestand 15.09.2016). Die Winterweizenernte begann im Juli in weiten Teilen Nordost- und Südwestdeutschlands und zog sich insgesamt bis zum September hin (rechte Grafik).



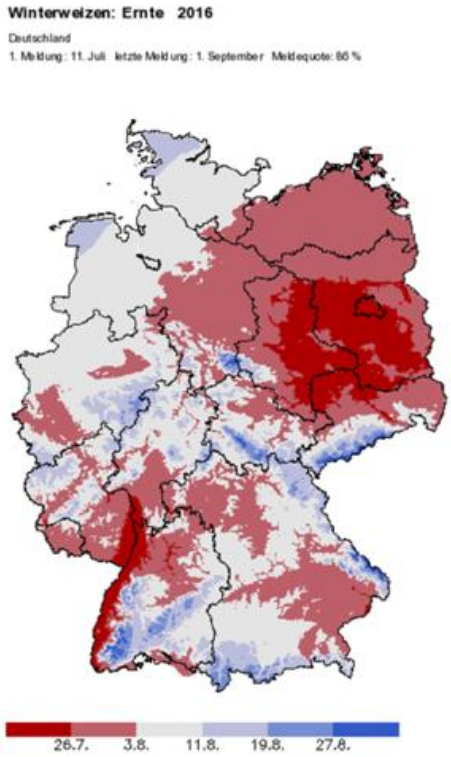


Abb. 13: Späte Winterweizenernte 2016

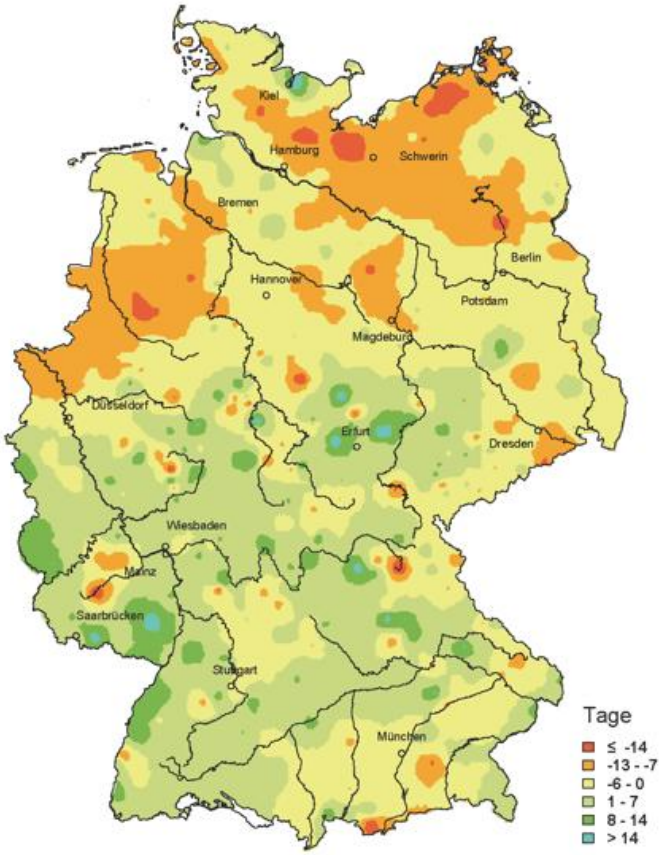


Abb. 14: Abweichung (Tage) des Beginns der Fruchtreife der Rosskastanie 2016 vom langjährigen Mittel

Anhaltender Hochdruckeinfluss hielt Tiefdruckgebiete weitgehend von Mitteleuropa fern und sorgte so für einen trockenen, extrem warmen und sehr sonnenscheinreichen **September**. Nur zur Beginn der 2. Monatshälfte konnte sich in Mittel- und Süddeutschland vorübergehend kühles Wetter mit gebietsweise ergiebigen Niederschlägen durchsetzen. Meist strömte jedoch sehr warme bis heiße Luft ein. Damit erlebten die Menschen einen der wärmsten Septembermonate seit Aufzeichnungsbeginn. Der Winterraps lief in der 1. Monatsdekade verbreitet, aber teils ungleichmäßig auf und auch der Zuflug der Rapserdflöhe begann. Die Kartoffelernte wurde fortgesetzt und zur Monatsmitte begann die Zuckerrübenkampagne, wobei es aufgrund der Trockenheit zu Problemen bei der Rodung der Hackfrüchte kam. Zum Monatsende lagen die Bodenfeuchten in der Schicht bis 60 Zentimeter Tiefe unter Gras bei sandigem Lehmboden verbreitet unter 50 % nFK, im Oberboden teilweise sogar unter 10 % nFK. Dadurch war auch die Saatbettbereitung nicht überall problemlos möglich. Die Bestellung von Winterroggen und -gerste startete verbreitet ab der 2. Monatshälfte, von Winterweizen erst zum Monatsende. Allerdings machte sich auch hier die Trockenheit bemerkbar – die Bestände liefen zögernd und ungleichmäßig auf. Dies gilt auch für die Zwischenfrüchte. Vielerorts erfolgte nochmals ein Grünlandschnitt, manchmal sogar noch ein Heuschnitt. Aufgrund des hohen Temperaturniveaus und der anhaltenden Trockenheit reiften die Maisbestände ungewöhnlich schnell und uneinheitlich ab, sodass der Silomais – der teilweise schon vertrocknet war - bis zum Monatsende größtenteils abgeerntet wurde. Ebenso von der Trockenheit zeugten die sehr frühen Blattverfärbungen und sogar der Blattfall, vor allem bei Pappeln und Birken. Stiel-Eiche und Rosskastanie (Abb. 14) läuteten zur Monatsmitte mit ihrer Fruchtreife den phänologischen Vollherbst ein.

Ein außergewöhnlich starkes Hochdruckgebiet blockierte im **Oktober** die Zugbahn atlantischer Tiefdruckgebiete nach Osteuropa. Damit kamen diese meist nur bis West- oder Mitteleuropa voran. Während fast des gesamten Monats konnte somit nur wolkenreiche und meist kühle Luft einfließen. Unterm Strich fiel der Oktober extrem sonnenscheinarm und leicht zu kühl mit meist durchschnittlichen Niederschlagsmengen aus. Der Oktober war damit der erste zu kalte Monat im Jahr 2016. Wichtiger als die Temperaturen waren aber die Niederschläge, die endlich wieder flächendeckend fielen. Wenn auch nicht überall das Niederschlagssoll erreicht wurde, gab es doch eine Entspannung der Bodenfeuchtesituation. Die Befahrbarkeit der Felder blieb aber vielfach erhalten. Die Feuchtigkeit im Boden verbesserte die Keim- und Auflaufbedingungen der Winterkulturen und auch Bodenherbizide konnten nun endlich wirksam eingesetzt werden. Andere Herbstarbeiten wie der Einsatz von Wachstumsreglern oder noch ausstehende Winterweizenaussaat konnte in Ruhe geschehen. Auch die Ernte von Zuckerrüben, späten Kartoffeln und Silomais

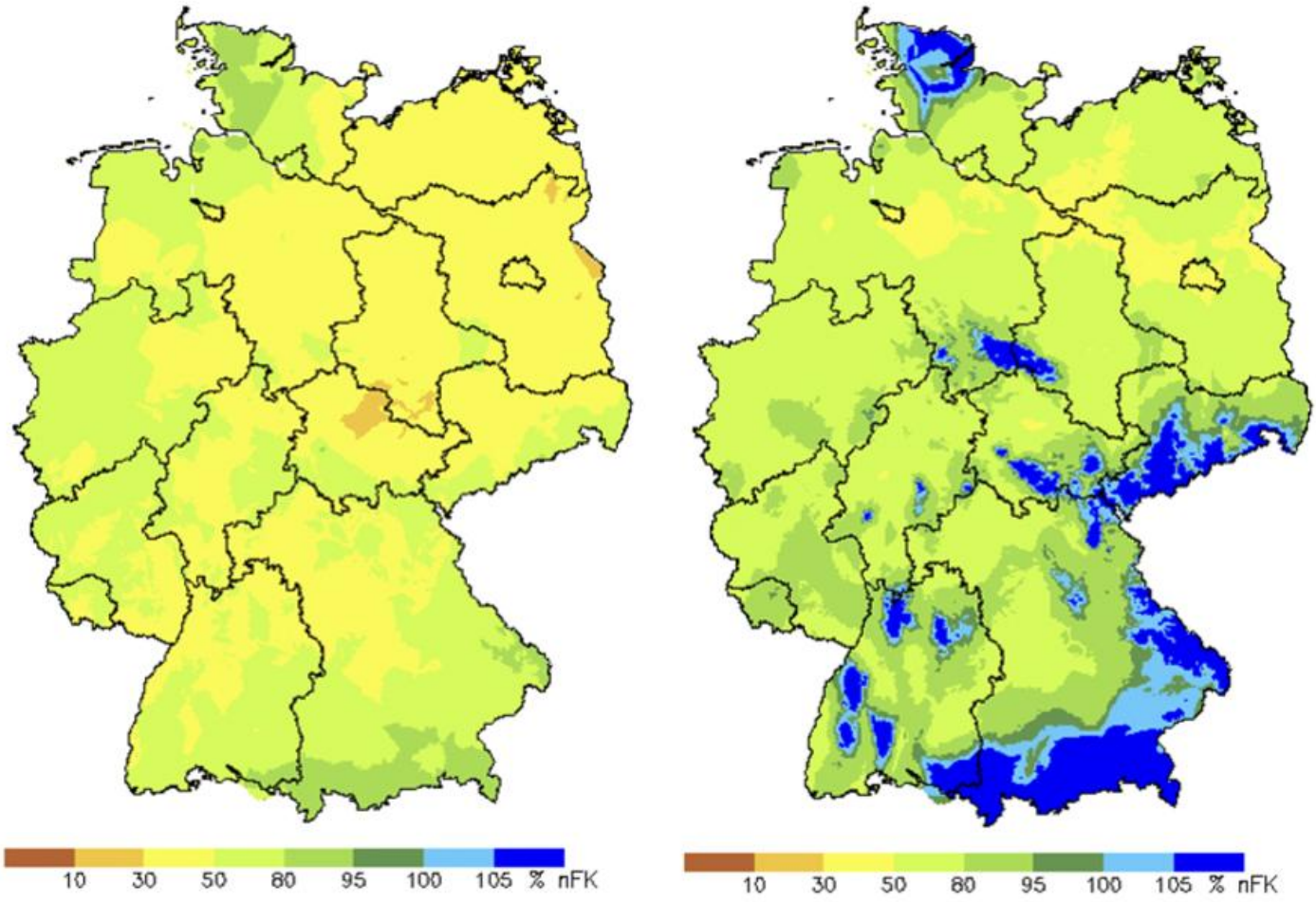


Abb. 15: Niedrige und hohe Bodenfeuchten am 15. September und 25. Oktober 2016

In Abb. 15 ist die Bodenfeuchte in 0 – 60 cm unter Gras für einen sandigen Lehmboden in % nutzbarer Feldkapazität (nFK) dargestellt. Die linke Grafik vom 15. September zeigt, dass es zu Beginn des Herbstes zu trocken war – die Bodenfeuchten lagen verbreitet bei unter 50 % nFK. Erst Ende Oktober (rechte Grafik) entspannte sich die Situation allmählich und die Bodenfeuchten stiegen flächendeckend auf 50 bis 80 % nFK, oder mehr. Regional – wie beispielsweise im Süden Bayerns - wurden am 25. Oktober sogar die 100 % nFK überschritten.

wurde zügig fortgesetzt. Aufgrund der trockenen Vormonate August und September wurde in vielen Regionen ein erhöhtes Blattlausaufkommen beobachtet. Durch die insgesamt kühlen Witterungsverhältnisse und die abnehmende Tageslänge, setzte zur Monatsmitte verstärkt die herbstliche Blattverfärbung und somit der phänologische Spätherbst ein. Gegen Ende Oktober startete schließlich ganz vereinzelt der Blattfall der Stiel-Eiche, der den phänologischen Winter markiert – allerdings deutlich später als in den letzten 5 Jahren.

Der **November** brachte äußerst wechselhaftes Wetter. Sein Repertoire reichte von stürmischen und frostigen Perioden bis hin zu einem spätsommerlichen Gastspiel – besonders hervorzuheben das Föhnwetter in Süddeutschland. Insgesamt war der Monat etwas zu trocken, aber sonnenscheinreich. Die Temperaturbilanz fiel häufig negativ aus – vor allem durch die zu kalte erste Monatshälfte und das frostige Monatsende. Mit einer monatlichen Mitteltemperatur von weniger als 5°C kehrte im November deutschlandweit die Vegetationsruhe ein. Während der ersten richtigen Kältewelle vom 12. bis 15. trat in den Nächten verbreitet leichter bis teils mäßiger Frost, im Bergland auch Dauerfrost auf. Dort fielen sogar die ersten Schneeflocken. Die Zwischenfrüchte froren vielfach ab und die Bäume verloren vermehrt ihre Blätter. Erst das trockene und lange Zeit milde Herbstwetter in der zweiten Monatshälfte erlaubte die Wiederaufnahme der Außenarbeiten wie das Roden der noch verbliebenen Zuckerrübenbestände, die letzten Bestellungen von Winterweizen, das Einkürzen der Wintergetreidebestände und das Ziehen der Winterfurche. Die in den ersten beiden Dekaden gefallenen Niederschläge führten vielfach zur Sättigung bzw. Übersättigung schwerer und mittelschwerer Böden, sodass die Befahrbarkeit der Felder zunehmend eingeschränkt und mancherorts vorübergehend nicht mehr möglich war. Ab dem 1. Adventswochenende setzte eine zweite und deutlich stärker ausgeprägte Kältewelle ein – in den Weinbaugebieten

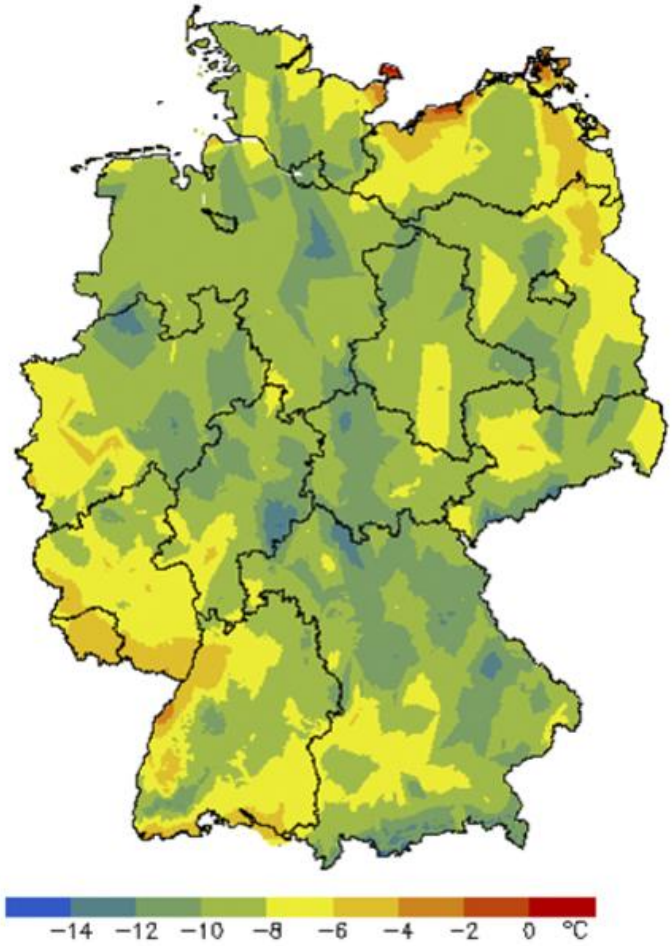


Abb. 16: Frostige Tiefsttemperaturen am Erdboden in der Nacht auf den 29. November 2016

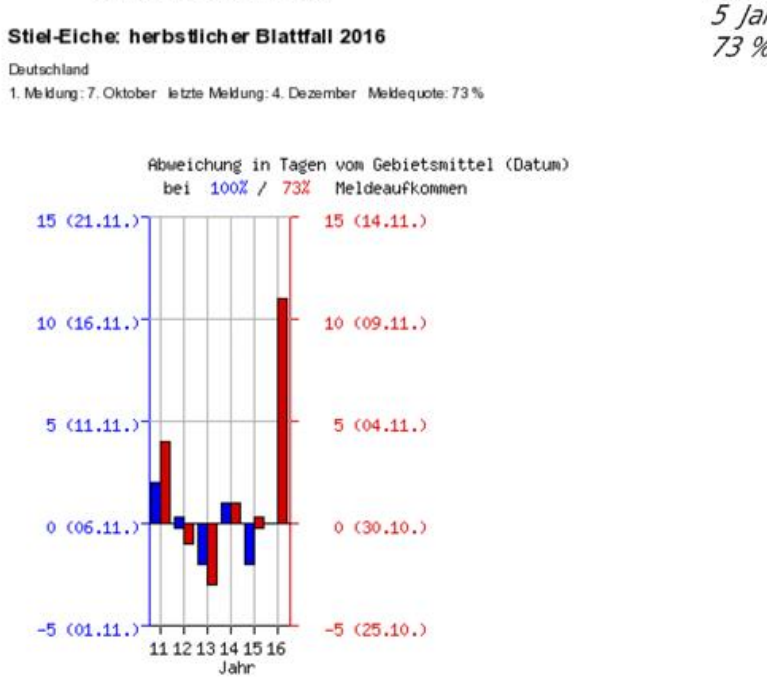


Abb. 17: Blattfall Stiel-Eiche Herbst 2016

in West- und Süddeutschland nutzten einige Winzer die Chance für eine frühe Eisweinlese. Aus phänologischer Sicht ist mit dem Blattfall der Stiel-Eiche, welcher bis zur Monatsmitte in den meisten Regionen gemeldet war, endgültig der Winter eingekehrt.

Im **Dezember** herrschte Hochdruckwetter mit viel Sonne, aber auch Nebel. Die geringen Niederschläge konnten den Bodenwasservorrat nicht auffüllen. Zwischen einem milden Monatsbeginn und -ende breitete sich Kaltluft aus, sodass es zumindest nachts oft Frost gab. Während der kalten Phase wurden die Winterungen abgehärtet, der Frost konnte wenige Zentimeter in den Boden eindringen. Zwischenfruchtbestände begannen abzufrieren. Nur über Weihnachten unterbrachen Tiefausläufer mit milder Luft, Regen und einem Sturmtief den Hochdruckeinfluss. An den Feiertagen lag nur im Bergland etwas Schnee. In den milden Phasen wurde die Winterruhe etwas gelockert, ansonsten hielt sie an. Zum Jahresende blühten vereinzelt im Norden erste Haselsträucher. Die Zuckerrübenkampagne ging zu Ende.

Abb. 16 zeigt anhand der Tiefstwerte der Lufttemperaturen in Erdbodennähe (in °C), dass es in der Nacht auf den 29.11. bereits sehr winterlich war. Die Werte in Erdbodennähe sanken nahezu flächendeckend in den Frostbereich. In den meisten Regionen Deutschlands lagen sie bei rund -10°C.

Abb. 17 zeigt die Meldungen des Blattfalls der Stiel-Eiche, der für den phänologischen Winterbeginn steht. Im Gegensatz zum Mittel der vergangenen 5 Jahre fand dieser, bei einem Meldeaufkommen von 73 %, gut 10 Tage später statt.

Bodenfeuchte und Mikroklima

Nach einem erneut sehr milden Winter verlief das Frühjahr 2016, im Unterschied zu den Vorjahren, in denen die Jahreszeit nahezu ausnahmslos zu warm und auch meist zu trocken war, mit insgesamt ausgeglichener Temperatur- und Niederschlagsbilanz. Die Vegetationsentwicklung begann daher recht verhalten. Auch der Sommer war weiterhin durch nur mäßig warme Luftmassen bestimmt. Während im Südwesten Maximalwerte bei der Bodenfeuchte registriert wurden, gab es in den östlichen Bundesländern deutlich trockenere Bedingungen. Im September und Oktober trockneten die Böden im gesamten Land weiter aus, siehe „Besondere Situation 2016“. Die Temperaturen lagen im größten Teil des Jahres über den langjährigen Mittelwerten, was sich auch in erhöhten Bodentemperaturen wiederspiegelte.

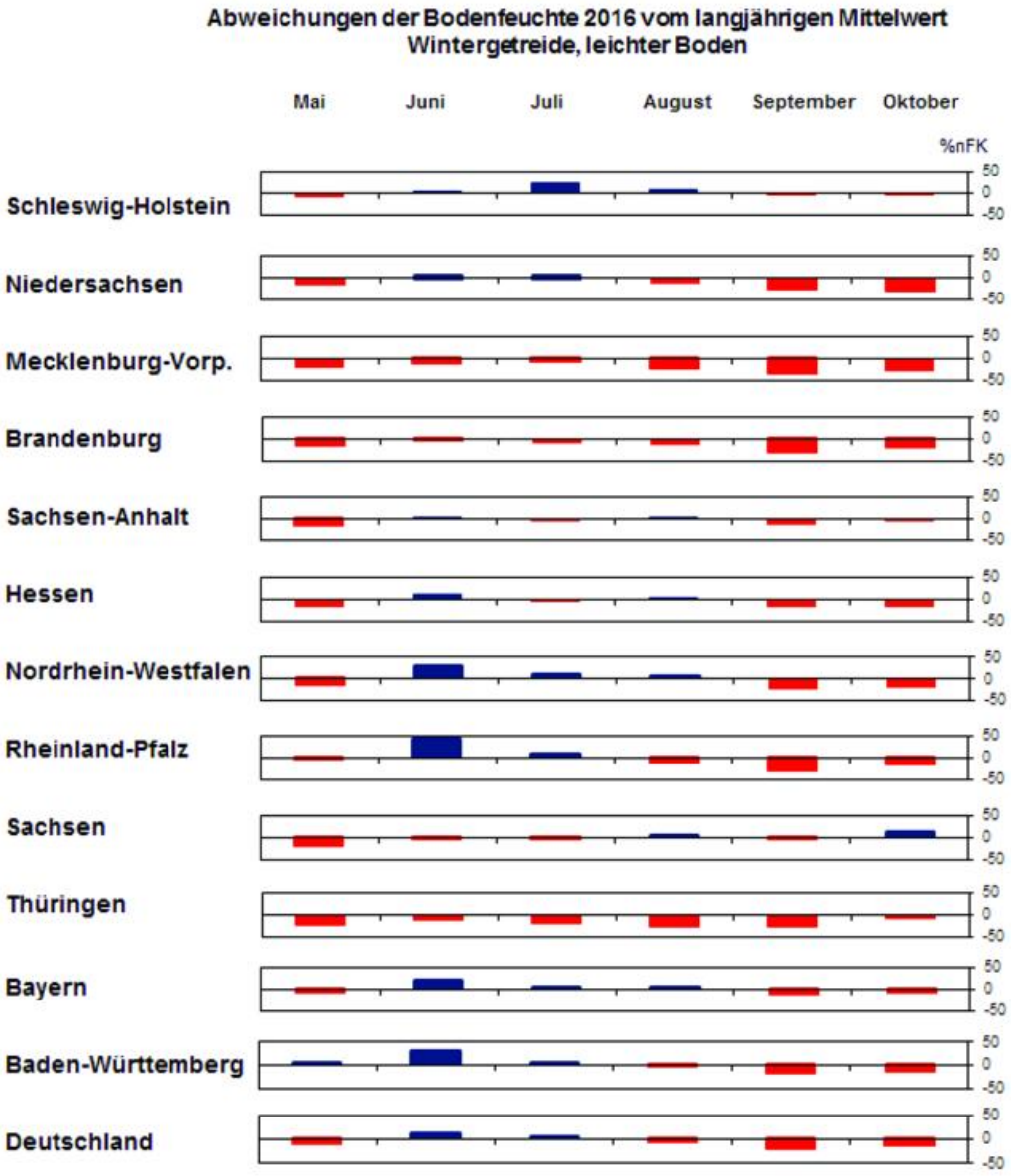


Abb. 18: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten in % nFK im Jahr 2015 vom langjährigen Mittelwert 1962–2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2016

Nachdem die Frühjahrsmonate März und April niederschlagsnormal verliefen, startete der Monat Mai in ganz Deutschland zu trocken in die neue Vegetationsperiode. Im Juni und Juli gab es besonders in den westlichen und südlichen Landesteilen positive, nach Osten eher negative Bodenfeuchteabweichungen. Von August bis September fiel deutschlandweit insgesamt nur sehr wenig Niederschlag und so gab es überall Probleme mit zu trockenen Böden und daraus resultierenden Ertragsverlusten.

Mikroklima 2016

Das Jahr 2016 verlief in Deutschland mit einem Plus von 1,3 K deutlich zu warm - brachte aber nicht wie 2014 und 2015 neue Temperaturrekorde. Die Wintermonate Dezember bis Februar waren durch positive Abweichungen der Bodentemperatur gekennzeichnet. Bis auf den Oktober, dort gab es leicht negative Abweichungen, waren alle Monate des Jahres zu warm. Positive Abweichungen der potenziellen Verdunstung traten im Mai und dann mit deutlichen Abweichungen im August und September auf, siehe auch „Besondere Situation 2016".

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2016

	Januar		Februar		März				April				Mai				Juni			
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	-0,6	0,4	1,8	2,7	0,8	0,8	95,9	-5,8	-0,1	0,2	94,9	74,9	1,3	1,6	115,0	59,5	1,9	2,2	100,8	87,1
Niedersachsen	0,6	0,5	1,8	2,9	0,3	0,6	96,4	-4,5	0,2	-0,1	105,8	62,1	1,0	1,1	119,4	54,4	1,8	2,0	102,6	86,9
Mecklenburg-Vorp.	-1,3	-0,1	2,1	3,5	1,1	1,5	92,0	-4,7	0,6	0,5	111,3	56,7	1,7	1,8	117,0	42,6	2,0	1,7	110,9	68,4
Brandenburg	-0,8	0,2	2,5	4,1	0,8	1,3	82,4	-3,5	0,3	0,2	101,8	58,9	1,3	1,4	115,5	42,2	2,3	2,0	108,6	68,0
Sachsen-Anhalt	-0,2	0,0	2,5	4,1	0,6	1,1	82,5	-2,5	0,8	0,0	107,6	47,9	1,7	1,6	119,1	40,4	2,9	2,4	114,0	67,9
Hessen	1,1	2,1	1,9	3,7	-0,6	0,5	88,3	-2,2	-0,4	-0,7	103,2	69,0	0,1	0,3	108,7	56,7	0,8	1,0	94,2	101,9
Nordrhein-Westfalen	1,6	2,4	1,4	1,9	-0,7	-0,3	92,6	-1,8	0,0	-0,3	105,1	71,0	0,8	1,0	115,0	49,2	1,2	1,8	92,7	113,8
Rheinland-Pfalz	2,0	2,4	2,0	3,1	-0,8	0	88,3	-,1	-0,2	-0,2	91,2	84,8	0,2	0,6	98,5	78,7	0,4	1,6	81,8	130,2
Sachsen	0,4	1,4	2,2	4,5	0,2	1,4	80,9	-,1	0,6	0,2	105,0	56,1	1,0	0,8	114,2	48,9	2,4	1,9	109,6	68,5
Thüringen	0,7	1,4	2,0	4,4	0,1	1,4	85,0	-3,0	0,3	-0,2	104,5	52,1	0,6	1,0	115,3	35,0	2,0	1,9	109,4	71,9
Bayern	1,2	3,1	2,4	5,8	0	1,4	97,0	-3,0	0,4	0,3	99,5	60,4	-0,2	0,7	105,5	63,9	1,1	1,8	95,7	87,7
Baden-Württemberg	2,0	2,7	2,2	3,9	-0,5	-0,1	96,7	-1,4	0,1	0,1	91,2	78,8	-0,3	0,0	97,7	81,9	0,6	1,2	91,4	101,7
Gesamt BRD	0,7	1,6	2,1	3,8	0,1	0,8	91,9	-2,8	0,2	0,1	100,6	66,3	0,6	0,9	110,3	58,4	1,5	1,8	99,1	90,3

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	0,8	1,1	95,2	-0,8	-0,1	0,0	96,3	0,2	3,7	2,6	131,0	-11,1	0,0	0,5	82,2	0,4	-0,8	-1,7	2,2	3,2
Niedersachsen	1,2	1,1	108,3	-2,2	0,2	0,0	103,2	-0,6	3,9	2,2	141,7	-20,4	-0,2	-0,1	72,8	-6,5	-0,4	-1,3	1,5	2,0
Mecklenburg-Vorp.	0,6	0,9	101,1	-2,1	-0,2	0,0	104,4	-1,8	3,5	2,4	136,3	-20,9	-0,3	0,3	72,4	3,0	-0,4	-0,9	1,9	2,7
Brandenburg	0,7	1,2	99,5	-2,1	-0,1	-0,1	100,0	-0,6	3,5	2,3	138,5	-27,1	-0,5	0,3	56,5	10,2	-0,4	-1,0	1,2	1,8
Sachsen-Anhalt	1,7	1,4	110,4	-2,4	0,9	0,2	109,0	-1,8	4,2	2,8	135,9	-24,6	0,1	1,0	55,0	12,6	-0,1	-0,7	1,3	2,1
Hessen	0,7	0,6	104,9	-1,2	0,3	-0,3	110,5	-0,5	3,5	2,4	138,0	-21,9	-0,4	-0,2	77,8	2,8	-0,1	-0,5	0,2	0,8
Nordrhein-Westfalen	1,1	0,7	109,5	-2,5	0,2	-0,1	109,2	-0,2	3,6	2,0	146,9	-38,1	-0,7	-0,8	76,5	-10,0	-0,2	-0,5	1,0	1,2
Rheinland-Pfalz	1,1	1,2	101,9	-2,2	0,8	0,5	111,0	-1,7	3,5	2,5	132,6	-46,6	-0,7	-0,5	80,5	3,2	0,4	0,5	-0,2	0,2
Sachsen	1,4	1,3	109,3	-1,7	0,6	0,2	111,2	-2,0	3,5	2,5	127,8	-8,0	-0,3	0,5	53,8	15,1	0,0	-0,3	0,3	1,4
Thüringen	1,0	1,3	111,6	-3,1	0,5	0,4	118,2	-2,7	3,5	3,2	131,7	-5,7	-0,5	0,5	56,3	16,8	-0,2	-0,3	0,5	1,6
Bayern	1,2	1,2	105,3	-0,9	0,7	0,1	113,6	-1,4	2,9	2,3	129,8	-17,5	-0,2	0,0	81,4	0,3	0,1	0,2	-0,3	1,4
Baden-Württemberg	1,3	0,6	107,2	-1,9	0,8	-0,2	111,7	-2,0	2,7	1,7	124,1	-23,7	-0,6	-1,0	89,2	-1,9	0,2	0,0	-0,4	0,1
Deutschland	1,1	1,0	105,1	-1,8	0,4	0,1	108,3	-1,2	3,4	2,3	134,2	-23,0	-0,4	-0,1	74,8	1,7	-0,1	-0,5	0,7	1,5

Legende:
A = Bodentemperatur unbewachsener Boden 5 cm (rot = zu warm, blau = zu kalt)
B = Minimumtemperatur in Bodennähe für unbewachsenen Boden (rot = zu warm, blau = zu kalt)
C = Penman-Verdunstung, Abw.in % (rot = zu hohe Verdunstung, blau = zu geringe)
D = Benetzungszeiten, Abw. in % (rot = rel. geringe Benetzungszeiten, blau = relativ hohe)
E = Krumenbodenfeuchte, % nFK (rot = relativ trocken, blau = relativ feucht)
F = Kornfeuchte (%, 19 Uhr) (rot = relativ gering, blau = relativ hoch)

Tab. 1: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2016.
Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2016 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman-Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Besondere Situation 2016

Trocken-warme Witterungsperiode im August/September 2016

Einleitung

Im September herrschte in Deutschland eine ungewöhnliche Trockenheit, die u.a. zu massiven Auflaufproblemen bei Winter- und Zwischenfrüchten, zur ungewöhnlich schnellen Abreife bei einigen Sommerungen (z.B. Mais) und zu bodenbedingten Ernteproblemen führte. Ernteunterstützende späte Beregnungsmaßnahmen (z.B. bei Zuckerrüben bzw. Kartoffeln) wurden notwendig. Begleitet wurde die Trockenperiode durch ein sehr hohes, untypisches Temperaturniveau (siehe auch Abb. 19).

Wetterlage und meteorologische Situation

Ursache für Trockenheit und Wärme war eine von Mitte August bis Ende September andauernde, sonnenscheinreiche Hochdrucklage, die jeweils nur kurz von durchziehenden Tiefausläufern unterbrochen wurde. Flächendeckender Regen fiel kaum, so dass sich - in Verbindung mit hohen Temperaturen und hohen Verdunstungsverlusten - bis Ende September eine hohe negative Wasserbilanz aufsummierte.

Bodentemperatur

Als Ausdruck dieser Situation zeigt Abb. 19 (links) die Abweichung der 5 cm-Bodentemperatur des Septembers von der Referenzperiode. Deutschlandweit lag die Differenz bei +3 bis +5 K, wobei das absolute Temperaturniveau (19°C) eher sommerlichen als frühherbstlichen Verhältnissen entsprach. Rechts ist die Perzentilverteilung der mittleren Bodentemperatur in 5 cm Tiefe (unbewachsener Boden) dargestellt. Werte über 96 %, die fast im gesamten Bundesgebiet auftreten, bedeuten, dass diese Temperaturen nur alle 25 Jahre oder seltener erreicht werden.

Bodenfeuchte

Ausgelöst wurde die Situation durch die geringen Niederschläge im August. Diese fielen überwiegend in der ersten Monatshälfte. Die gesamte Monatssumme des August erreichte im bundesweiten Mittel lediglich 60% des langjährigen Wertes. Regionale Monatswerte, die nahe oder etwas über den klimatologischen Normalwerten lagen, waren auf den Süden Bayerns und die nordwestdeutsche Küstenregion beschränkt.

In Abb. 20 sind die Monatsniederschläge für den September dargestellt. Die linke Grafik zeigt, dass in Teilen von Nordrhein-Westfalen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg weniger als 10 mm Regen fielen. Von der Fortführung der Trockenheit blieben im September vorwiegend Teile Sachsens, Thüringens und Bayerns ausgenommen. Die Perzentilverteilung der Niederschlagssumme (rechts) zeigt, dass solch geringe Regenmengen (Werte unter 4 %) im Durchschnitt nur alle 25 Jahre auftreten.

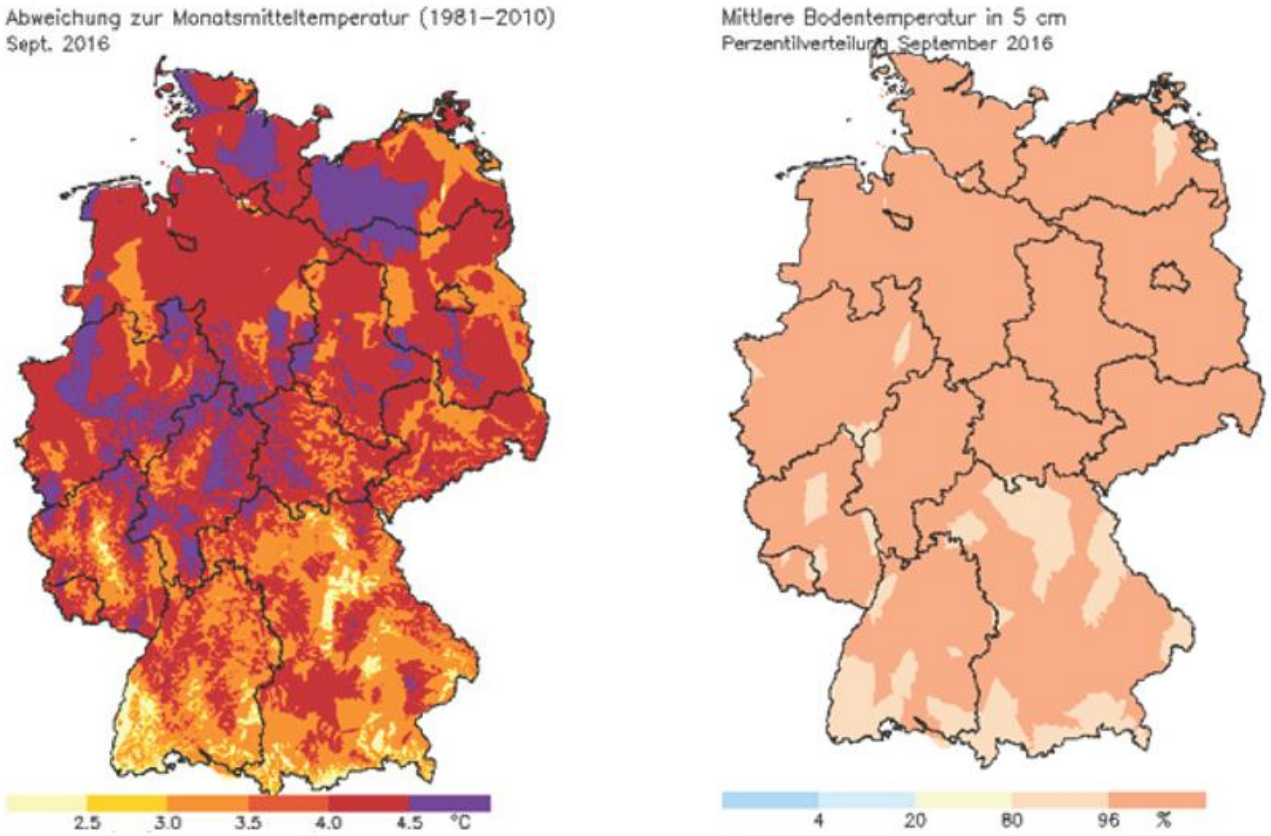


Abb. 19: Abweichung der Bodentemperatur (5 cm Tiefe, sandiger Lehm, unbewachsen) im September 2016 vom mittleren Monatswert des Vergleichszeitraums 1981-2010 (links), Perzentilverteilung der mittleren Bodentemperatur (rechts)

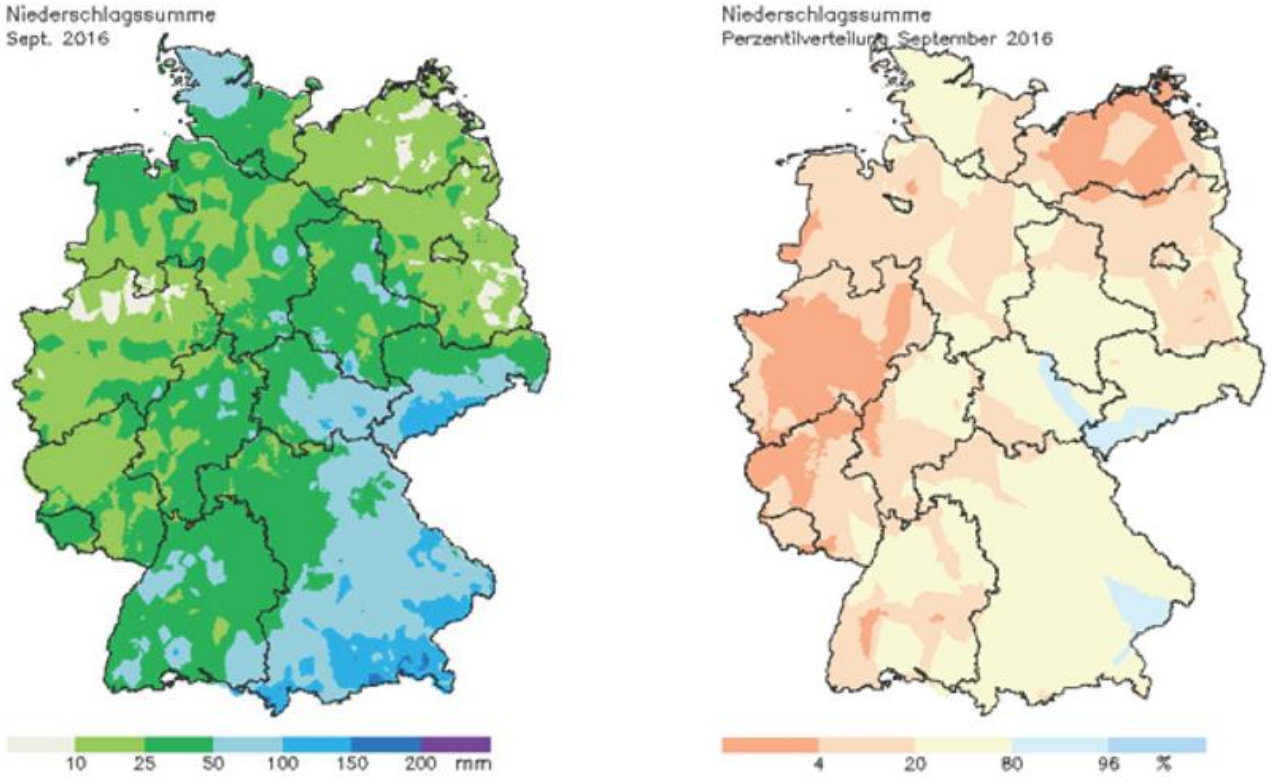


Abb. 20: Niederschlagssumme im September 2016 (links), Perzentilverteilung (rechts)

Wetterrückblick Wein 2016

H. H. Schmitt

Winzer im Wechselbad der Gefühle / Dauerregen und Sonnenbrand / Neidischer Herbst / Vielfältige Herausforderungen für die Winzer

Das Weinjahr 2016 brachte eine breite Palette an ungewöhnlichen Witterungsbedingungen und stellte die Winzer vor vielfältige Herausforderungen. Die meisten bewältigten diese Herausforderungen mit hohem Aufwand, doch in einigen Fällen mussten die Winzer auch einen Totalausfall beklagen. An eine vergleichbar schwierige Pflanzenschutzsaison können sich selbst alte Winzer nicht erinnern.

Den Anfang machte ein - wieder einmal - viel zu milder Winter. Die Trauben, die für eine Eisweinlese vorgesehen waren, schienen schon fast verloren, als es am 18./19. Januar doch noch ausreichende Minusgrade unter -10°C gab. Im Endergebnis wurde der Winter aber zum zweitwärmsten seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen vor mehr als 130 Jahren gemeinsam mit den Wintern 1975 und 1990.

Was sich aber als viel wichtiger erweisen sollte: Das Jahr begann ungewöhnlich nass - und sollte es auch bis in den Sommer hinein bleiben. Zunächst waren die überdurchschnittlichen Regenmengen noch äußerst willkommen, da nach dem extrem trockenen Jahr 2015 die Wasserreserven im Boden wieder aufgefüllt werden konnten. Nachdem dann aber auch der April noch einmal sehr nass ausfiel und von Mitte Mai bis Ende Juni fast täglich Regen - häufig sehr ergiebig - über die Weinbaugebiete hinweg zog, drohten die Hoffnungen der Winzer im Regen zu ertrinken.

Bis dahin war die Rebentwicklung - unbeschadet von zu kühlen Phasen (mit lagenweisen Spätfrostschäden in den letzten Apriltagen) und kurzzeitigen Wärmeperioden (in der ersten Maihälfte) weitgehend normgerecht verlaufen. Austrieb und Blüte entsprachen im Referenzweinberg am Eltviller Sonnenberg fast exakt den Durchschnittswerten. Was aber nicht der Norm entsprach, war der Befallsdruck durch pilzliche Schaderreger, allen voran durch die Peronospora. Hinzu kamen - wiederholt Hagelschläge mit teilweise erheblichen Schäden.

Weinberge, in denen Pflanzenschutzmaßnahmen aufgrund der schwierigen Witterungsbedingungen nicht termingerecht durchgeführt werden konnten, litten unter massivem Pilzbefall, der sich später in Ertragsausfällen bis zum Totalausfall zeigen sollte. Dort, wo Blätter und Trauben die schwierige Zeit unbeschadet überstanden, folgte ein spätes Herbstwunder: Juli, August und September fielen viel zu trocken aus; die Sonne, die sich lange Zeit sehr rar gemacht hatte, erfüllte (Juli) und übertraf (August und September) die Erwartungen, die Rebenentwicklung nahm wieder Fahrt auf.

Nach einem normalen Reifebeginn in den letzten Augusttagen führte der vielerorts wärmste September seit Menschengedenken dazu, dass sich die Trauben bestens entwickelten, Krankheiten plötzlich kein Thema mehr waren und die gefürchtete Kirschessigfliege bei Hitze und Trockenheit förmlich schlapp machte. Diese positive Entwicklung konnten auch Regenfälle in den ersten Oktobertagen nicht mehr zunichtemachen, die Trauben beeindruckten durch einen guten Gesundheitszustand.

Was im nassen Frühsommer niemand mehr für möglich gehalten hätte: Plötzlich wurde Trockenstress in Junganlagen und auf flachgründigen Böden zum Thema, in der August- und Septemberhitze gab es Sonnenbrand - und dies nicht nur an freigestellten, stark entblätterten Anlagen. Insgesamt aber nahmen die Mostgewichte schnell zu, um schließlich sogar das hohe Niveau des 2015er Jahrgangs zu erreichen. Manche Winzer begannen schon Mitte September mit der Lese früher Sorten, einige zum Monatsende auch schon mit dem Riesling - und verschenkten mitunter noch einiges vom großen Potenzial des Jahrgangs 2016. Wer sich noch in Geduld übte, durfte sich schließlich neben hohen Mostgewichten auch über eine erfreuliche Steigerung der Traubenaromatik freuen. Für diese Betriebe nahm der zeitintensive und nervenaufreibende Kampf gegen die widrigen Wetterbedingungen letztendlich ein glückliches Ende. Dass einige Betriebe - insbesondere im Ökobereich - erhebliche Ausfälle zu verkraften hatten, führte aber auch zu einem „neidischen Herbst".

Mitte Oktober schließlich war die Traubenlese zu fast 90 % beendet - am Stock hingen nur noch Partien, die für edelsüße Auslesen oder Große Gewächse vorgesehen waren. Diese Weine wurden die Krönung eines schwierigen, aber letztendlich - für die Meisten - großen Jahrgangs.

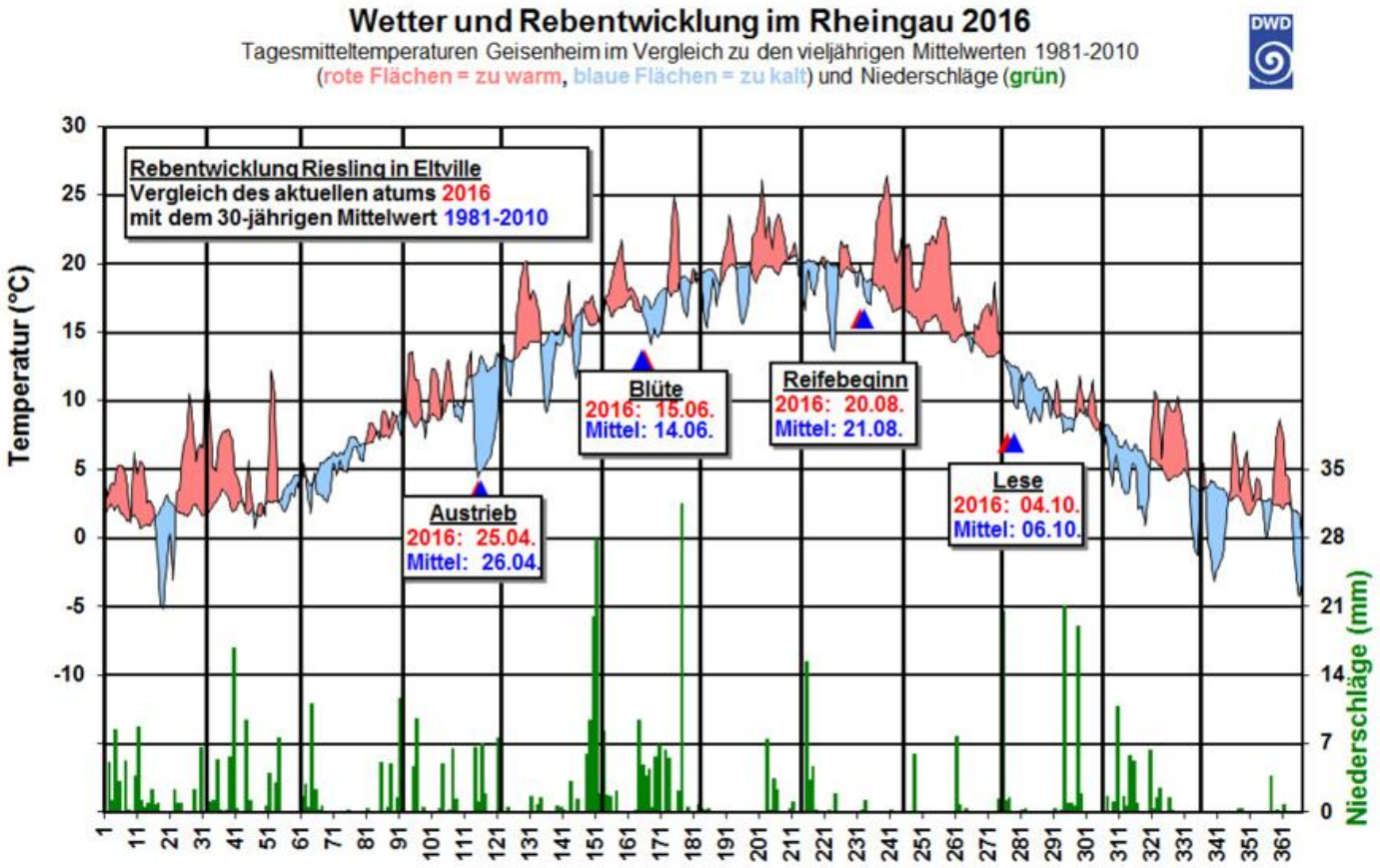


Abb. 18: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2016

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann

Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2016 dargestellt.

In den meisten Monaten zeigen Schleswig und Stuttgart ähnliche Strömungsverhältnisse, auffällige Unterschiede sind im Mai, September und Oktober zu erkennen. Von Januar bis April waren für beide Stationen Westlagen wetterbestimmend, was sowohl durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart als auch durch die Zonalkomponentendarstellung verdeutlicht wird. Im Mai wurden relativ viele Südostlagen registriert, was sich sehr gut in den unteren Atmosphärenschichten in der Abbildung für Schleswig widerspiegelt. In Stuttgart dagegen blieb die westliche Grundströmung mit Südkomponente in der unteren Troposphäre erhalten. Die Südostlagen führten insbesondere dazu, dass der Mai in der Nordhälfte Deutschlands von warmer und trockener Witterung dominiert wurde. In den höheren Troposphärenschichten drehte die Strömung über Schleswig auf West, über Stuttgart auf Nordwest. In den Monaten Juni bis September wurde über beiden Stationen eine mittlere Luftversetzung aus westlichen Richtungen registriert. Allerdings drehte diese im September über Stuttgart in den höheren Troposphärenschichten auf Nord. Im Oktober blieb Stuttgart im Einflussbereich der westlichen Strömung, während über Schleswig die Strömung auf Nordost und mit der Höhe auf Nord drehte. Im November stellte sich wieder eine mittlere westliche Luftversetzung ein, die auch im Dezember stabil blieb, jetzt vor allem in der höheren Troposphäre begleitet von einer Nordkomponente. Diese ist auch deutlich in der Meridionalkomponentendarstellung zu erkennen.

In der Stratosphäre dominierte von Januar bis Februar die für den Winter typische Westströmung. Im März drehte die Strömung auf Nordwest, in der höheren Stratosphäre über Schleswig bis auf Nord. Damit deutete sich bereits der Wechsel zur stratosphärischen Ostwindzirkulation an. Diese blieb von April bis August stabil, was auch sehr gut die Zonalkomponentendarstellung zeigt. Im September erfolgte wieder der Wechsel zur Westströmung, die dann bis zum Jahresende über ganz Deutschland dominierte.

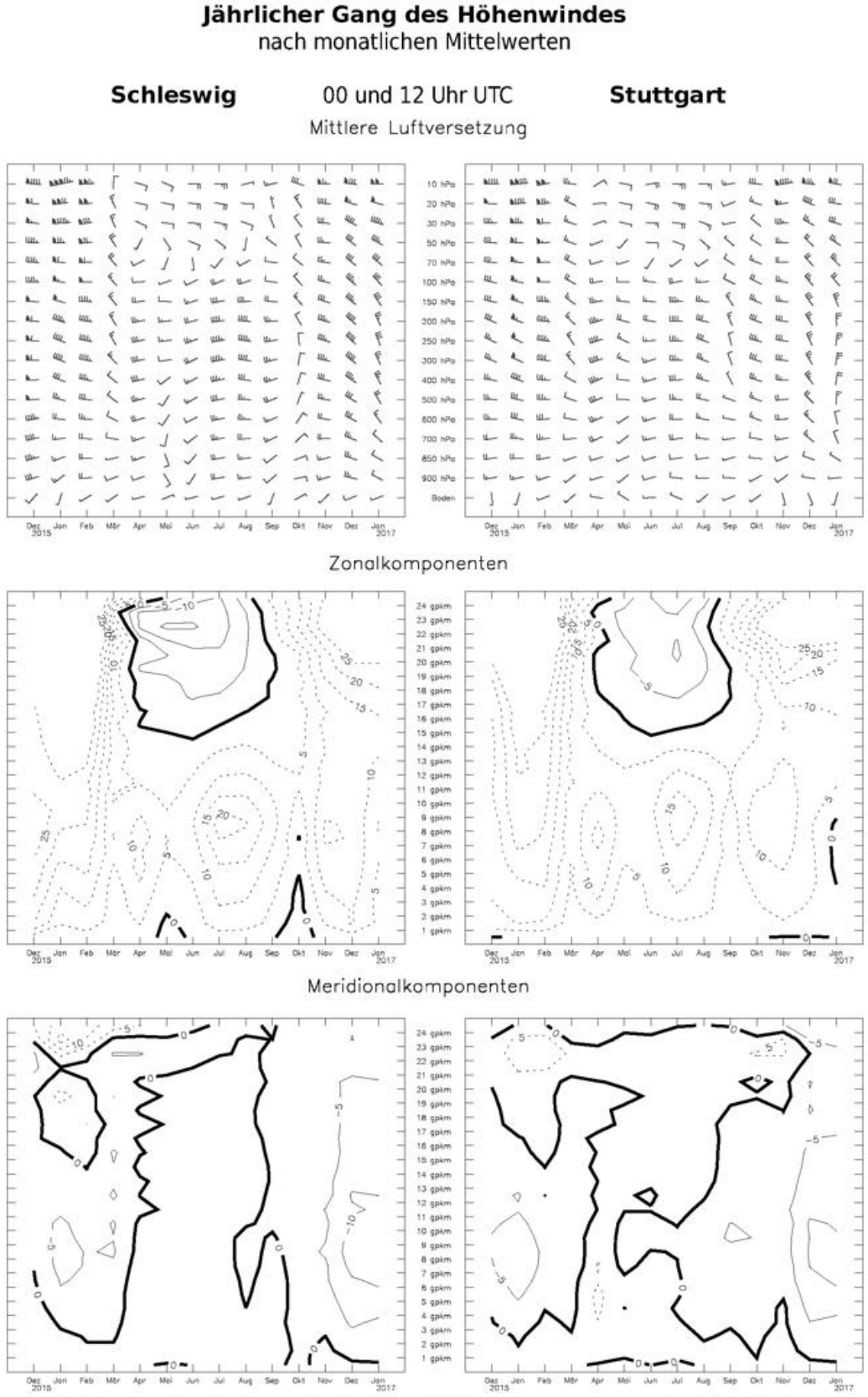
Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1992 bis 2016.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über Stuttgart und Lindenberg in der ersten, über den anderen Stationen in der zweiten Aprilhälfte ein und blieb bis Anfang September beständig.

In 30 hPa wurde die Ostwindzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, von Ende Mai bis Ende August registriert. Damit war die Ostwindperiode 2016 deutlich kürzer als 2015.

In 50 hPa setzte die östliche Stratosphärenströmung an allen Stationen in der letzten Maidekade ein und blieb an fast allen Stationen bis zur letzten Augustdekade stabil. Ausnahmen bildeten Essen und Schleswig, wo die stratosphärische Westwindzirkulation bereits Anfang August wieder einsetzte. Damit war die Ostwindperiode in 50 hPa über diesen beiden Stationen mit knapp 70 Tagen sehr kurz.



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten. Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1 kn=0,514 m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2016

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	117	261*	145*
	50	145	212	68
GREIFSWALD (WEWA)	20	120	265*	146*
	50	143	236*	94*
BERGEN (BW)	20	116	239*	124*
	50	143	239*	97*
LINDENBERG (OBS)	20	100*	243	144*
	50	144	240*	97*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	116	236*	121*
	50	144	212	69
MEININGEN (WEWA)	20	112	243	132
	50	148	243	96
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	116	244	129
	50	144	239*	96*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	91	244	154
	50	142	240*	99*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	108	241*	134*
	50	143	240*	98*
OBERSCHLEISSHEIM	20	116	240*	125*
	50	150	245	96

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2016 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

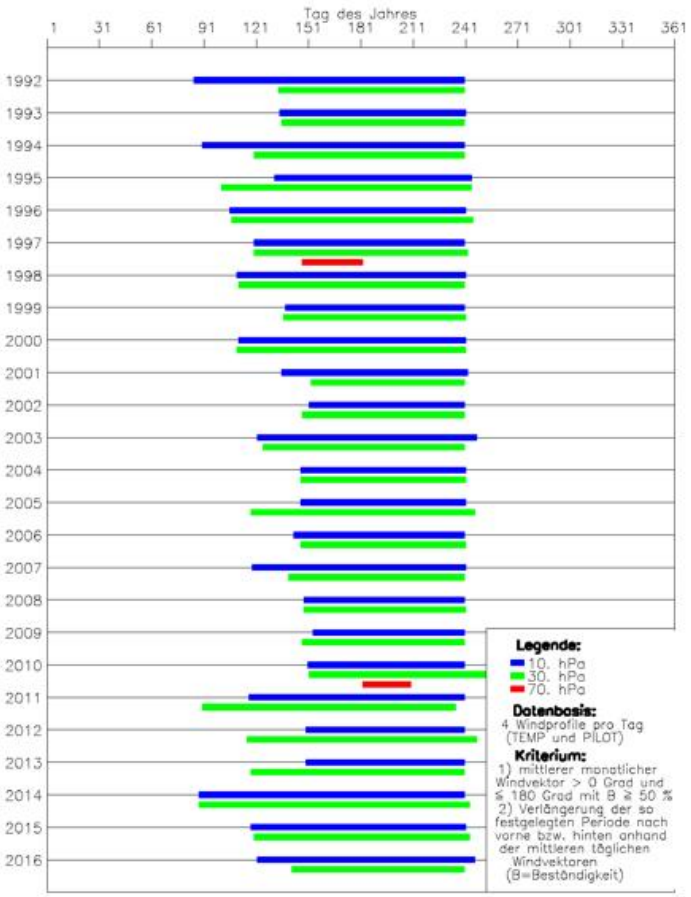


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1992-2016

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2016 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1976. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten.

Das Diagramm für den Frühling zeigt in der mittleren Troposphäre auch 2016 eine deutlich positive Temperaturabweichung gegenüber dem Referenzzeitraum, wohingegen in der Stratosphäre weiterhin eine markante negative Temperaturabweichung zu beobachten war. Die positive Temperaturabweichung in 500 hPa war u.a. bedingt durch den Herantransport warmer Luftmassen aus südlichen Richtungen. Auf den heißen Sommer 2015 folgte 2016 ein im Mittel nur leicht zu warmer Sommer, was auch die 500-hPa-Kurve widerspiegelt, während die Stratosphäre, wie schon in den letzten Jahren, zu kalt blieb. Mit dem Herbst kamen auch wieder kühlere Luftmassen nach Deutschland, so zeigt das Herbstdiagramm weiterhin eine abfallende 500-hPa-Kurve, die aber noch im positiven Bereich bleibt. Im Winter wurde aber schon wieder ein leichter Temperaturanstieg verzeichnet. Die Stratosphäre dagegen blieb auch im Herbst und Winter zu kalt.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2016 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Gut zu erkennen ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause, während in der sich anschließenden Stratosphäre Isothermie herrschte. Der Temperaturgradient in der Troposphäre zeigt an beiden Stationen keine Auffälligkeiten.

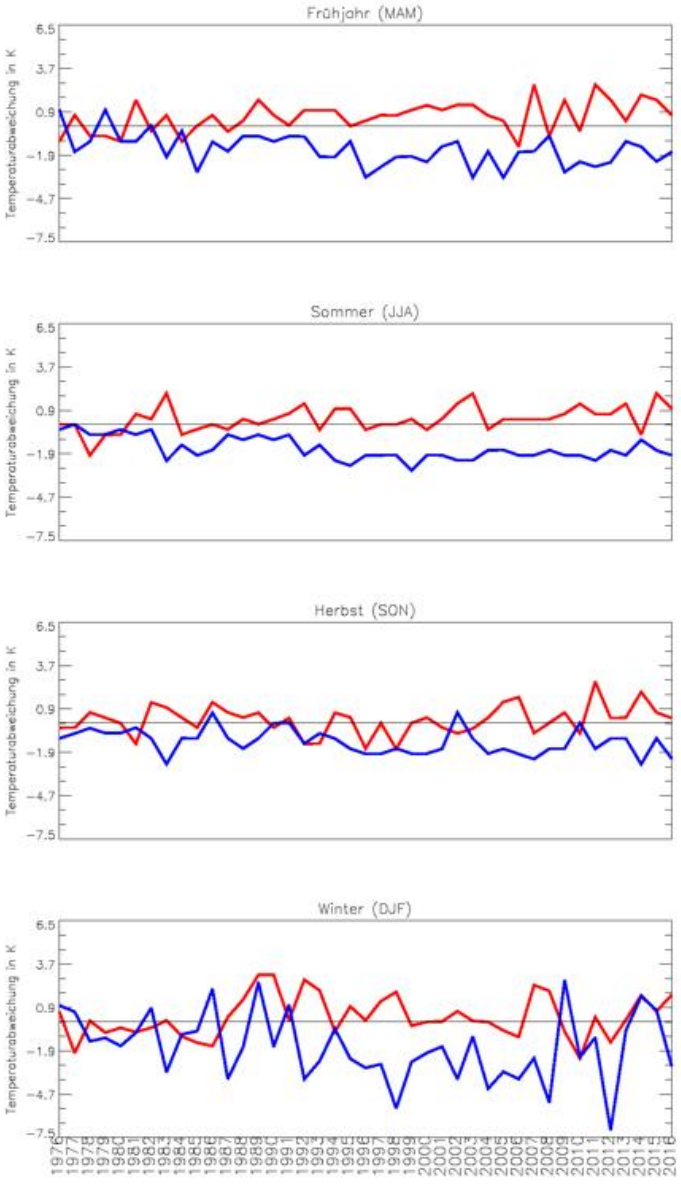
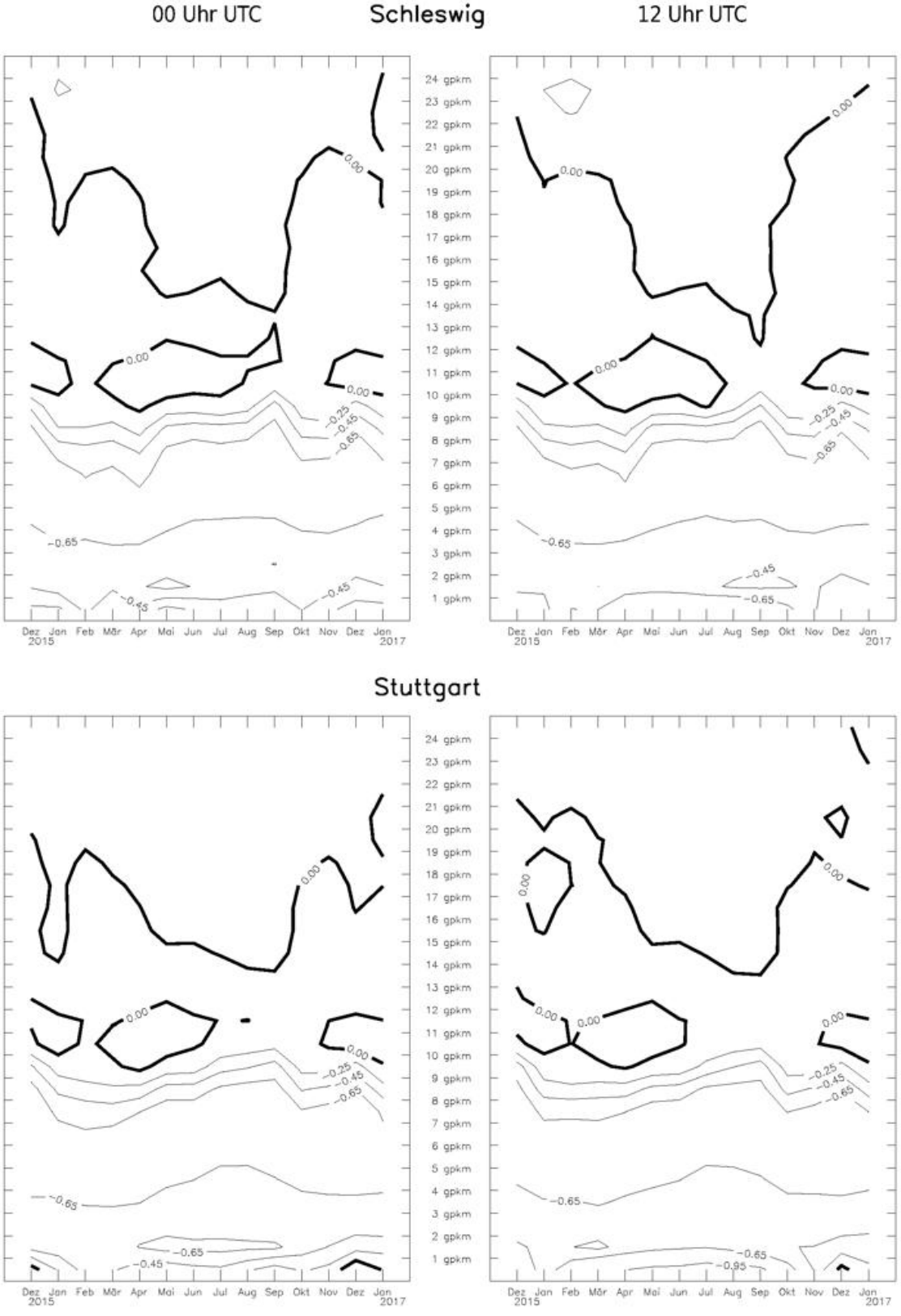


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2016 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten



Negative Werte entsprechen einer Abnahme, positive Werte entsprechen einer Zunahme der Temperatur mit der Höhe (Angabe in K/100m)

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2016

Temperaturminima in der Stratosphäre

Anders als in den Jahren 2014 und 2015 erreichte das stratosphärische Temperaturminimum an allen Stationen ab Ende Januar / Anfang Februar Werte von -80°C und darunter. In einer Höhe zwischen 20 und 25 km wurden extreme Werte über Lindenberg (-88°C), über Schleswig (-87°C), über Bergen (-87°C), über Essen (-87°C), über Idar-Oberstein (-87°C), über Stuttgart (-87°C) und über Kümmersbruck (-86°C) gemessen. Tab. 2 gibt eine Zusammenfassung der stratosphärischen Temperaturminima des Winters 2016.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
	Jan	28	0	-80	28249
	Jan	29	12	-82	26446
	Feb	3	0	-87	21909
	Feb	1	12	-87	20071
SCHLESWIG	Mar	2	0	-82	18875
	Mar	1	12	-82	20591
	Nov	17	0	-80	27702
	Dez	4	0	-80	28429
	Dez	9	12	-81	25861
	Jan	29	0	-83	28241
	Jan	31	12	-80	19902
	Feb	9	0	-82	26980
GREIFSWALD	Feb	1	12	-85	21351
	Mar	1	0	-80	17810
	Mar	1	12	-82	19491
	Dez	8	12	-82	25446
	Jan	31	12	-80	23285
	Feb	3	0	-87	23019
	Feb	1	12	-87	22760
BERGEN	Mar	2	0	-82	21013
	Mar	1	12	-80	19222
	Dez	9	0	-81	26734
	Dez	9	12	-80	25074
	Jan	29	0	-81	28590
	Jan	29	12	-81	28918
LINDENBERG	Feb	5	0	-83	22467
	Feb	3	12	-88	24073
	Mar	2	0	-83	20893
	Mar	1	12	-81	20317
	Jan	29	0	-80	28868
	Jan	31	12	-82	22719
ESSEN-BREDENEY	Feb	4	0	-84	24640
	Feb	1	12	-87	22276
	Mar	2	0	-84	21922
	Mar	1	12	-80	18948
	Feb	9	0	-84	29992
MEININGEN	Feb	1	12	-85	22642
	Mar	2	0	-80	19010
	Feb	3	0	-84	23054
IDAR-OBERSTEIN	Feb	2	12	-87	25110
	Mar	2	0	-81	22138
STUTTGART	Feb	2	0	-84	24030
	Feb	3	12	-87	23641
	Jan	31	12	-80	25108
KÜMMERSBRUCK	Feb	3	0	-86	23016
	Feb	3	12	-84	22496
OBERSCHLEISSHEIM	Feb	3	0	-84	24994
	Feb	3	12	-82	23658

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2016

Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, U. Köhler

Die Entwicklung der Ozonschicht im Jahre 2016 war geprägt von zwei besonderen Ereignissen:

- Der winterliche Polarwirbel 2015/2016 über der Arktis begann so kalt und so stabil wie nie zuvor. Ab Dezember 2015 bildeten sich ungewöhnlich ausgedehnte polare Stratosphärenwolken, sogar vom über der Arktis seltenen Typ II mit großen Eispartikeln. Dies führte Anfang 2016 zu ganz erheblicher Aktivierung von reaktivem Chlor, zu Denitrifizierung und letztlich zu rekordverdächtigem polarem Ozonabbau im Januar und Februar 2016. Eine Stratosphärenerwärmung Ende Januar 2016 beendete die kalte Phase und damit die guten Bedingungen für starken Ozonabbau. Sie sorgte außerdem für den Austausch von ozonreicher Luft aus niedrigen Breiten mit ozonarmer Luft aus der Polarregion. Diese Stratosphärenerwärmung verkürzte die Periode mit starkem Ozonabbau und verhinderte die Ausbildung eines „arktischen Ozonlochs", anders als z.B. im Jahr 2011, als der Wirbel bis in den April kalt und stabil blieb. Mit niedrigen Werten im Februar und März 2016 zeigen die Hohenpeißenberger Daten deutliche Auswirkungen der chemischen Prozesse im Polarwirbel und der Austauschprozesse auf die Gesamtozonsäulen über Deutschland (blaue Linie in Abb. 1).
- Zum ersten Mal seit Beginn der Beobachtungen in den 1950er Jahren „verschluckte" sich im Jahr 2016 die quasi-zweijährige Oszillation der Stratosphärenwinde über dem Äquator (QBO). Dort schlägt der Wind in etwa alle 27 Monate von Ost auf West um. Getrieben wird die QBO von Wechselwirkungen von atmosphärischen Wellen (Schwere-Wellen und andere Wellen) mit der (eigentlich östlichen) Grundströmung. Im Jahr 2016 wurde nun erstmals diese Regelmäßigkeit unterbrochen, aus unbekannten Gründen. Die (wechselnden) Windscherungen der QBO bewirken eine sog. Sekundärzirkulation: Absinken ozonreicher (oder Aufsteigen ozonarmer) Luftmassen in den Tropen mit entsprechend großen (kleinen) tropischen Gesamtozonsäulen; Aufsteigen ozonarmer (oder Absinken ozonreicher) Luftmassen mit entsprechend kleinen (großen) Gesamtozonsäulen in den Extratropen. Die unregelmäßige QBO im Jahr 2016 bewirkte nun in den Extratropen der Nord- und Südhalbkugel niedrige Gesamtozonsäulen von April bis Jahresende. Über Deutschland / Hohenpeißenberg führte dies 2016 zu niedrigen Werten in fast allen Monaten von Mai bis Dezember (blaue Linie in Abb. 1).

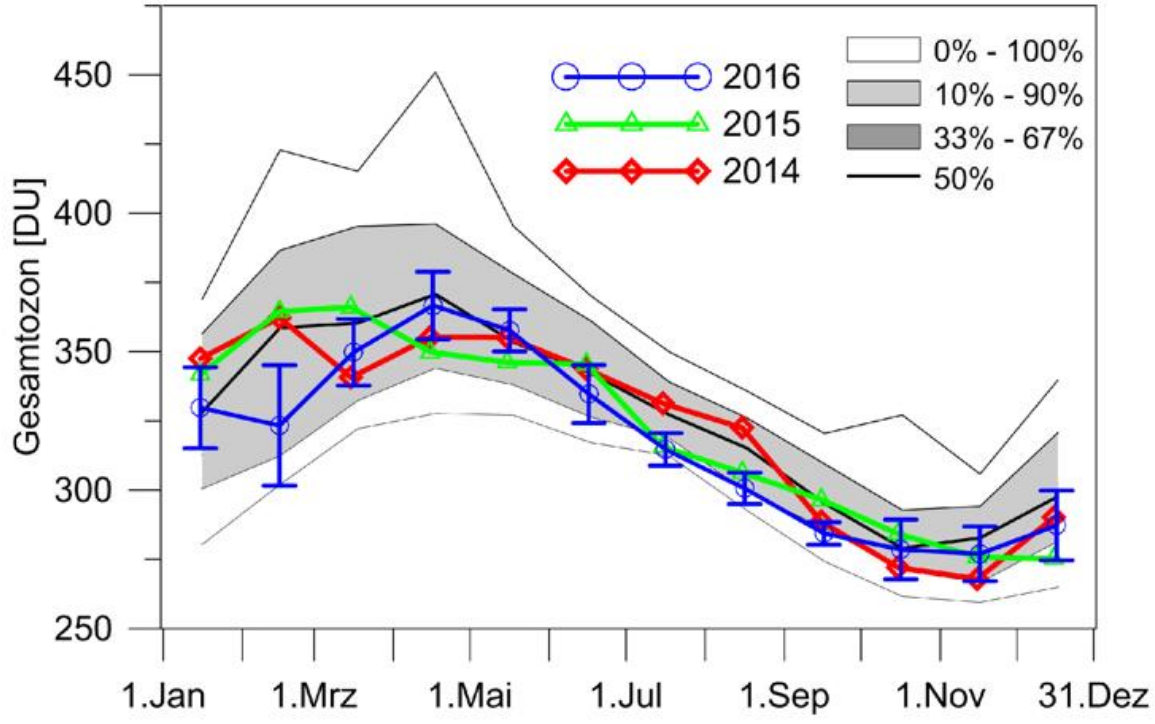


Abb. 1: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2014 bis 2016. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

Im Jahresmittel lag damit die Gesamtozonsäule im Jahr 2016 am unteren Rand der derzeitigen Erwartungen (schwarze Linie in Abb. 2). Wie die Abbildung andeutet, spielte dabei, neben der QBO (magenta Linie in Abb. 2), auch das beginnende Minimum der Sonnenaktivität eine Rolle (orange Linie in Abb. 2). Mit den in Abb. 2 verwendeten Einflussfaktoren lässt sich ein erheblicher Teil des beobachteten Ozonverlaufs (schwarze Linie in Abb. 2) mittels linearer Regression abschätzen (graue Linie in Abb. 2). Auch wenn die Daten für 2016 eher im unteren Bereich lagen, zeigt die Trendgerade seit 1997 leicht nach oben (rote Linie in Abb. 2) - konsistent mit der erwarteten langsamen Erholung der Ozonschicht seit Ende der 1990er Jahre. Allerdings ist die statistische Signifikanz für diese Zunahme nach wie vor gering (< 70%).

Während bisher nur von der Gesamtozonsäule (d.h. dem über alle Höhen aufsummierten Ozongehalt) die Rede war, zeigt Abb. 3 auch den Verlauf des Ozongehalts in verschiedenen Höhen. Ein großer Teil der Schwankungen beim Gesamtozon passiert in der unteren Stratosphäre. Dementsprechend zeigt die Ozonkurve für 20 km Höhe in Abb. 3 einen ganz ähnlichen Verlauf wie das Gesamtozon in Abb. 2. Auch hier zeigt sich nach den deutlichen Abnahmen von Ende der 1960er bis Mitte der 1990er Jahre, seit Ende der 1990er eine schwache Tendenz der Erholung. 2016 lag dabei im derzeit üblichen Rahmen.
Deutlicher ausgeprägt ist die Erholungstendenz in der oberen Stratosphäre in 40 km Höhe, gerade am Hohenpeißenberg. Weltweite SBUV Satellitendaten (Solar Backscatter Ultraviolett Instrument) zeigen das nicht so klar, u.a. da Schwankungen und Trends in den Tropen schwächer ausfallen als in mittleren Breiten. Die troposphärischen Ozonwerte, z.B. in 5 km Höhe, stagnieren derzeit auf mittlerem Niveau.

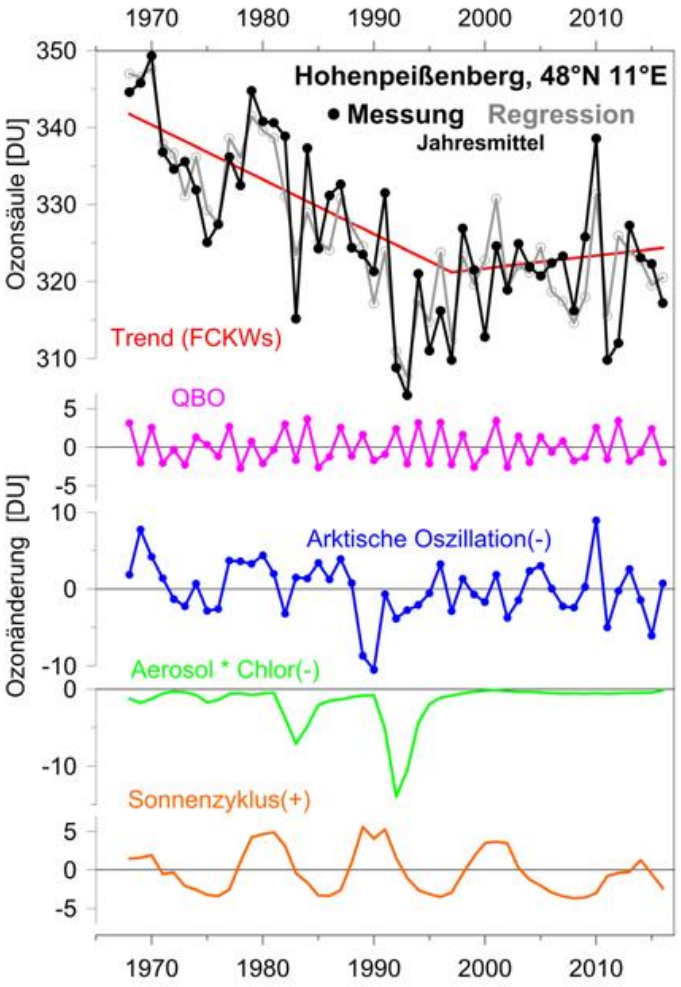


Abb.2: **Oben**: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus Messungen am Hohenpeißenberg (schwarz), sowie Rekonstruktion der Jahresmittel durch multiple lineare Regression (grau).
Unten: Ozon-Schwankungen gemäß der multiplen linearen Regression: Trend durch FCKW Belastung (rot), Schwankungen durch quasi-zweijährige Oszillation der Winde am Äquator (QBO, magenta), durch meteorologische Schwankungen im Rahmen der Arktischen Oszillation (AO, blau), durch chlorgewichtete Aerosolbelastung der Stratosphäre nach Vulkanausbrüchen (grün), sowie durch Sonnenaktivität im 11-jährigen Zyklus (orange).

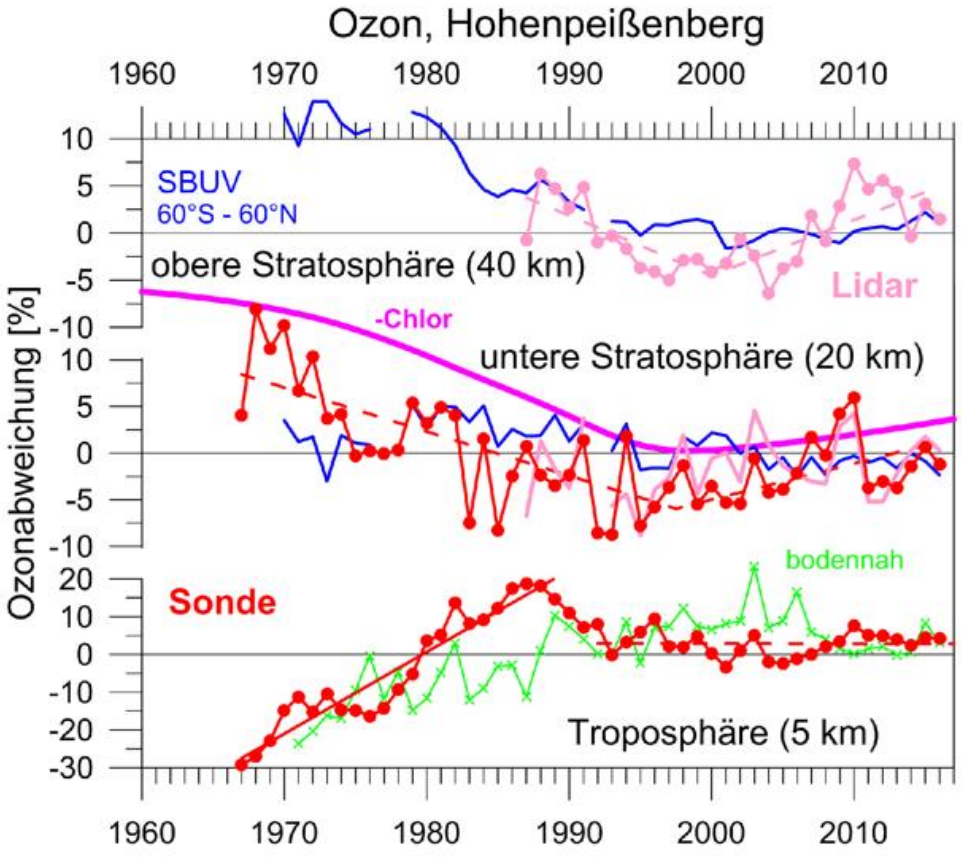


Abb. 3: Jahresmittel der Ozonwerte am Hohenpeißenberg für verschiedene Höhenschichten der Atmosphäre.
Ergebnisse der Messungen am Hohenpeißenberg (rot und grün), sowie globale Entwicklung anhand von Satellitendaten (blaue Kurven).
Die rosa Kurve stellt schematisch den Einfluss der Chlorbelastung der Stratosphäre dar.
Der maximale Chlorgehalt wurde Ende der 1990er Jahre erreicht und damit auch die niedrigsten Ozonwerte.

Fazit: Im Jahr 2016 wurde die Ozonschicht von zwei besonderen Ereignissen geprägt: 1.) vom ausgesprochen kalten und stabilen Arktischen Polarwirbel mit starkem chemischen Ozonabbau - eine Phase, die aber bereits Anfang Februar 2016 durch eine starke Stratosphärenerwärmung beendet wurde. 2.) vom ersten beobachteten Aussetzen des normalen Zyklus der quasizweijährigen Oszillation der Stratosphärenwinde am Äquator. Dieses Aussetzen zeigte deutliche Auswirkungen auf Gesamtozonsäulen weltweit und in Mitteleuropa. Abgesehen von diesen Ereignissen scheint die erwartete Erholung der Ozonschicht langsam voran zu gehen. Die Chlorbelastung der Stratosphäre ist allerdings nach wie vor sehr hoch, starker polarer Ozonabbau kommt bei geeigneten meteorologischen Rahmenbedingungen, wie Anfang 2016, immer noch vor. Dies wird sich in den nächsten 10 bis 15 Jahren kaum ändern. Ob Ereignisse wie 1.) oder 2.) mit fortschreitender Klimaänderung häufiger werden, und wie sich das langfristig auf die Erholung der Ozonschicht auswirkt, ist unklar.

Rückblick auf das Klima in Europa (WMO Region VI) im Jahr 2016

H. Mächel

Dieser Beitrag präsentiert einen jährlichen und jahreszeitlichen Rückblick auf das europäische Klima im Jahr 2016. Dem schließt sich eine monatliche Übersicht über besondere Witterungsereignisse nach Berichten der europäischen Wetterdienste an.

Monatliche Rückblicke in englischer Sprache sind unter http://rcccm.dwd.de/ zu finden. Anomalien beziehen sich grundsätzlich auf die von der WMO definierte Normalperiode 1961-1990, sofern es nicht anders angegeben ist.

Lufttemperatur

Im **Jahresmittel** (Abb. 2) war 2016 in ganz Europa wärmer als normal, im nördlichen Nordeuropa sogar um mehr als +2 K über der Referenzperiode von 1961-1990. Nach der Auswertung der E-OBS Daten (vom Königlich-Niederländischen Meteorologischen Institut, kurz KNMI) war 2016 das 6.-wärmste Jahr in Europa seit Beginn der Zeitreihe im Jahr 1950 (Abb. 1). Die genaue Rangfolge ist wegen der Unsicherheiten, die die grauen Balken angeben, nicht exakt anzugeben. Global gesehen war das Jahr 2016 das wärmste seit 1880 mit einer Abweichung von 0.83 K ± 0.10 K (Bezugszeitraum 1961–1990) oder von +0.45 K bis +0.56 K von der Referenzperiode 1981–2010 (WMO 2017, Blunden und Arndt 2017).

Fast jeder Monat war in Europa überdurchschnittlich warm. Unterdurchschnittliche Temperaturen verzeichneten: Skandinavien und Osteuropa im Januar, Oktober und November; Zentraleuropa im Oktober und Südwesteuropa nur im März; der östliche Mittelmeerraum im Dezember und der Nahe Osten im November und Dezember.

Die höchsten jährlichen Abweichungen 2016 wurden im Norden (mit Grönland) beobachtet mit Werten von 2.71 K gefolgt von Osteuropa (1.89 K), Naher Osten (1.46 K), Mittelmeerraum (1.37 K) und Zentral- und Westeuropa (1.22 K). Schlusslicht war die Iberische Halbinsel mit Anomalien von 1.21 K. Besonders markant war die jährliche Abweichung in der Arktis mit mehr als +6 K (z. B. Svalbard Lufthavn, Spitzbergen, +6.5 K).

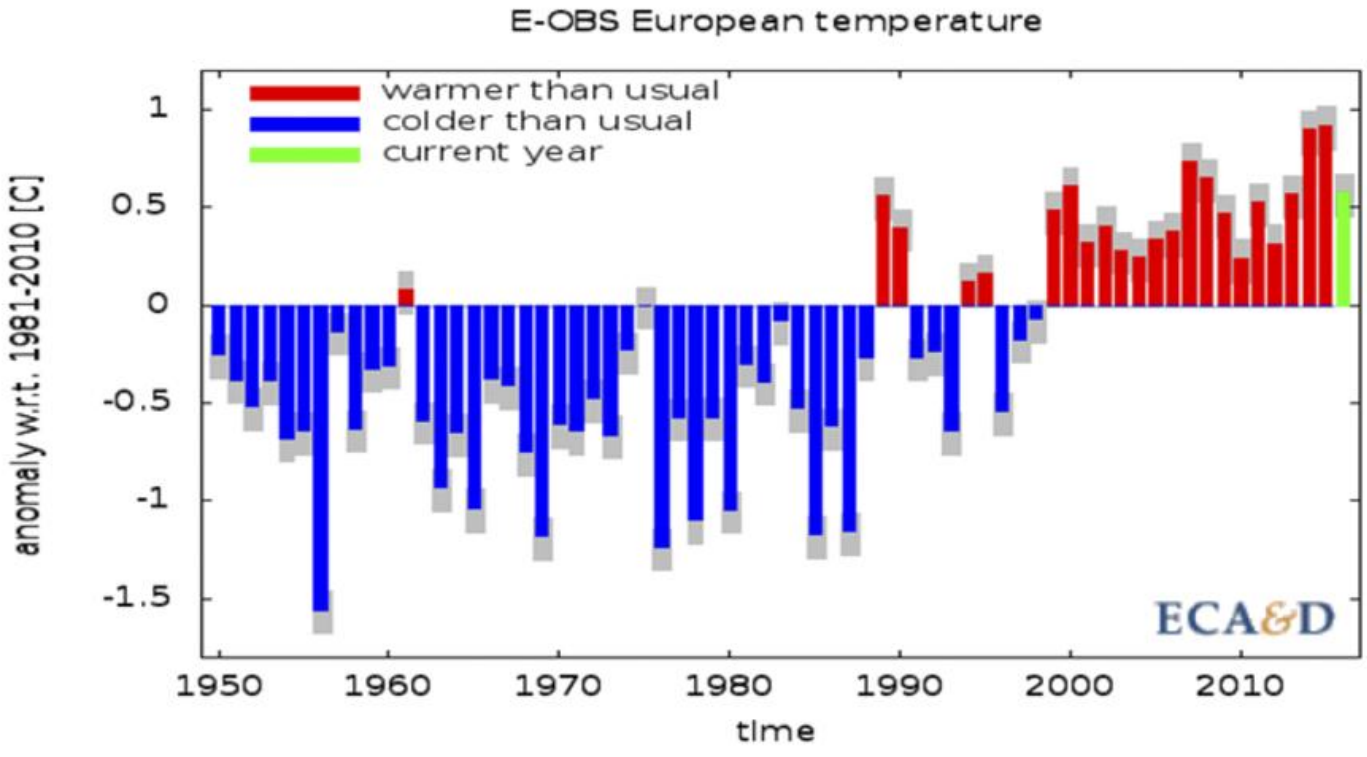


Abb. 1: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur der Periode 1950-2016 (2 m) vom vieljährigen Mittel 1981-2010 in °C für die Landstationen im Gebiet 35°-75°N und 25°W-45°E (nach Verver et. al. 2013)

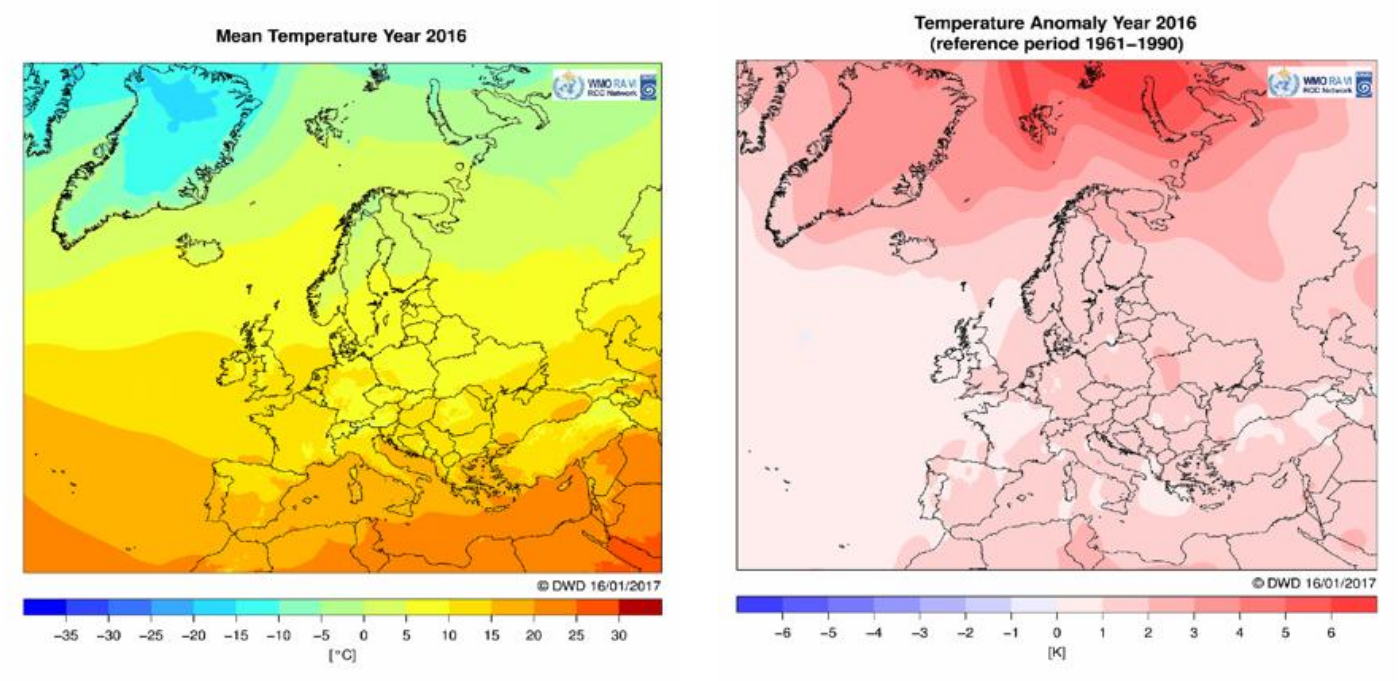


Abb. 2: Jahresmittel der Lufttemperatur (links, in °C) und deren Abweichung (in K) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2016

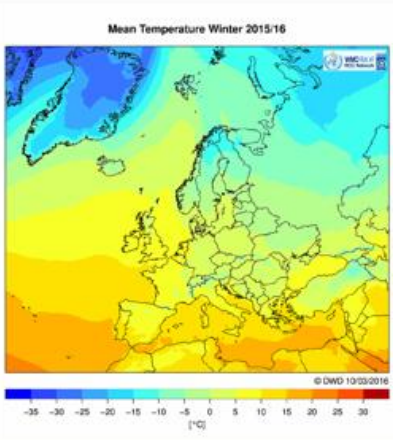
Die Temperaturanomalien lagen im **Winter 2015/16** alle über dem langjährigen Mittel. In Nord- und Osteuropa erreichten die positiven Anomalien Werte von über +4 K. Auf Spitzbergen (Norwegen) betrug die Abweichung für den Winter +9.9 K; im Februar 2016 sogar +10.6 K. In Großbritannien war dieser Winter der drittwärmste, in England und Wales sogar der wärmste seit 1910 mit einem Temperaturmaximum von 15.0°C am 24. Januar 2016 im Raum London.

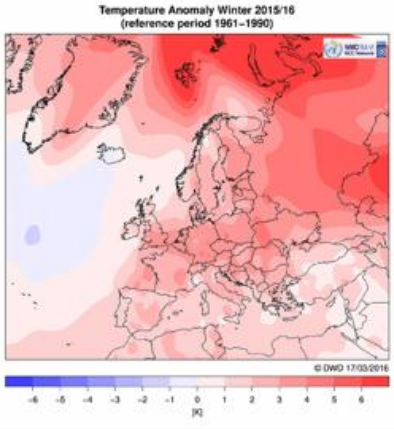
Im **Frühjahr 2016** waren die meisten Teile Europas über +1 K wärmer, Nord- und Osteuropa fast +3 K wärmer als die Referenzperiode 1961-1990. Nur Spanien und Frankreich zeigten unterdurchschnittliche Temperaturen. Die Arktis war auch im Frühjahr die wärmste Region mit saisonalen Abweichungen von +6.8 K auf Spitzbergen. Die hohen Abweichungen in Zentraleuropa und dem Balkan täuschen etwas, denn Ende April stellte sich eine Kältewelle mit Frost ein. Allein in Österreich wurden die Frostschäden in der Landwirtschaft auf etwa 305 Millionen € geschätzt. Dagegen herrschten im April in Israel mehrere Hitzewellen mit Temperaturmaxima von 35-39°C.

Der **Sommer 2016** war im gesamten Gebiet durch positive Temperaturanomalien gekennzeichnet, mit niedrigsten in Skandinavien, obwohl Schweden von einer Hitze berichtete mit 32.7°C in Norrköping am 26. August. Die Iberische Halbinsel wurde von mehreren Hitzewellen heimgesucht, so dass dieser Sommer zum zweitheißesten seit Beginn der Analysen im Jahre 1931 in Portugal wurde mit einer Höchsttemperatur von 44.8°C an der Station Mora am 8. August. Auch Griechenland verzeichnete eine Hitzewelle vom 18. bis 21. Juni mit Temperaturmaxima über 40°C und einem Höchstwert von 43.4°C. In Nordrussland wurde der Juli zum heißesten in der Geschichte der Wetteraufzeichnungen. Auch in Westkasachstan war es der heißeste August seit Messbeginn im Jahre 1936 mit Temperaturmaxima von bis zu 43°C.

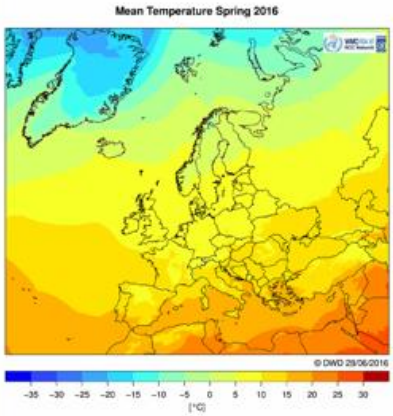
Der **Herbst 2016** zeichnete sich durch moderate Temperaturabweichungen aus, die im Osten unter dem Referenzmittel von 1961-1990 verblieben. Die ersten zehn Novembertage in St. Petersburg waren die kältesten seit 46 Jahren. Nur im äußersten Norden waren die Anomalien wieder besonders hoch, auf Spitzbergen erreichten diese +7.4 K. Die Abweichungen im November auf der Wiese-Insel (Kara See, Russland) betrugen sogar unvorstellbare +16.8 K.

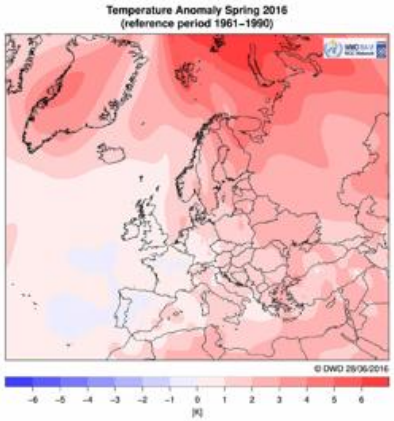
Winter 2015/ 2016



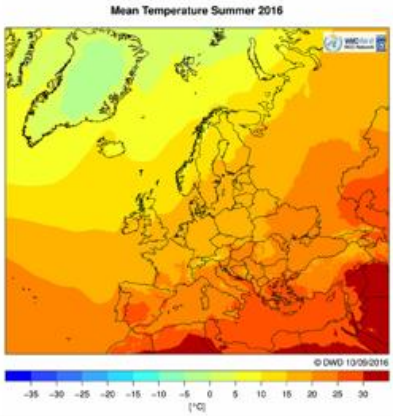


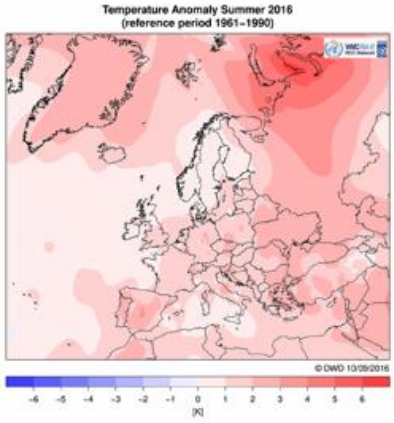
Frühling 2016



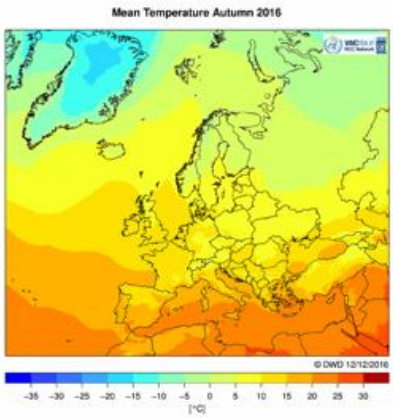


Sommer 2016





Herbst 2016



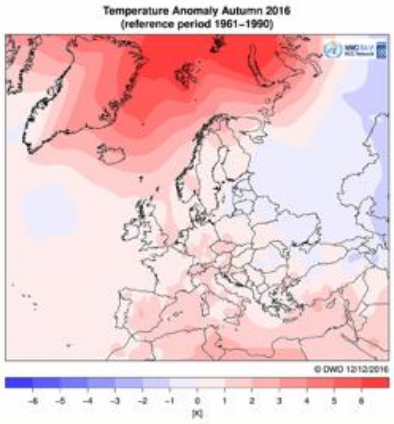


Abb. 3: Mittlere Lufttemperatur (in 2 m Höhe) in °C im Winter 2015/2016, Frühjahr 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016 (linke Spalte) und die dazugehörigen mittlere Anomalie der Lufttemperatur (in 2 m Höhe) in K (rechte Spalte; Quelle: http://www.dwd.de/rcc-cm)

Niederschlag

Der Jahresniederschlag war in vielen Teilen Europas fast normal. Nordskandinavien und Osteuropa zeigten vielfach positive Anomalien von über +10 mm/Monat. Dagegen war es in Zentral- und Südeuropa eher trockener als normal mit Anomalien unter 10 mm/Monat. Diese Gebiete zeigten örtlich auch Werte unter dem 10. Perzentil, was auf eine zeitweise lokale Dürre hinweist. Die Abbildungen der Jahreswerte geben nur unzureichend wieder, wo im Jahr 2016 außergewöhnliche Niederschlagsereignisse stattgefunden haben. Detaillierte Angaben für jeden Monat sind im Abschnitt „Besondere Witterungsereignisse ...“ zu finden.

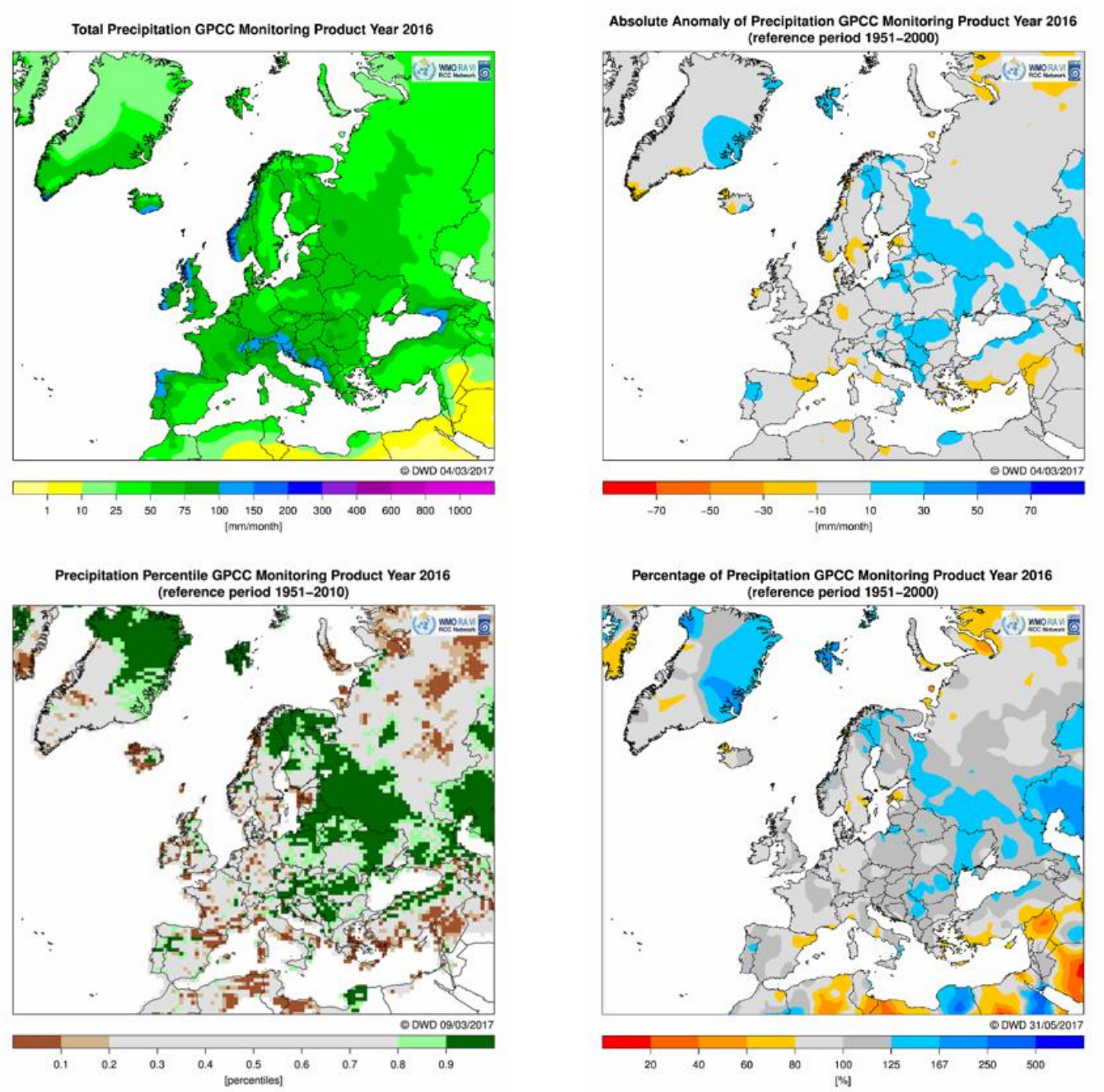


Abb. 4: Jahresniederschlagssumme (links oben), absolute Anomalien (rechts oben) in mm/Monat, Perzentile (links unten) und relative Anomalien in % (rechts unten) für das Jahr 2016 (Anomalien: Referenzperiode 1951-2000, Perzentile: Referenzperiode 1951-2010; Quelle: http://www.dwd.de/rcc-cm)

Der **Winter 2015/16** erwies sich vor allem in Südeuropa als zu trocken, dagegen in Osteuropa und Großbritannien/Irland als zu nass. Großbritannien erreichte Platz 2 in der Rangliste der nassesten Winter nach dem von 2013/14 (Beginn der Auswertungen: 1910, für Wales, Schottland und Nordirland war es der nasseste Winter). Alle drei Wintermonate erhielten überdurchschnittliche Regenmengen. In Irland meldeten mehr als die Hälfte der Stationen den höchsten Winterniederschlag. Dabei reichte das Verhältnis zum langjährigen Mittel des Niederschlags von 134 % in Mace Head (Wintersumme 514.2 mm) bis zu 248 % in Roche's Point (Wintersumme 682.8 mm). Für Nordportugal betrug der Winterniederschlag 150 % des Normalen, für ganz Portugal aber war er fast normal. Diese ungleiche Verteilung verdeutlichen auch die Wintersummen der Station Cabril (Norden) mit 1054 mm und der Station Faro (Süden) mit 87 mm oder 36 %.

Die Niederschlagsanomalien für das **Frühjahr 2016** zeigen überdurchschnittliche Werte in Ost- und Westeuropa. In Frankreich, Portugal und der Ukraine wurden stellenweise über 150 % vom langjährigen Mittel erreicht, im zentralen Russland und westlichen Kasachstan teilweise über 250 %. Es war vor allem der Niederschlag im Mai, der in Kasachstan zu diesem enormen Überschuss beitrug, mit 214 mm/Monat an der Station Almaty. Ein Tiefdruckgebiet überquerte Kasachstan mit Starkniederschlägen, Orkanböen, Hagel (mit einem Durchmesser von 22 mm am 14. Mai). Im Süden des Europäischen Russlands fiel im Mai das 2-3-fache, in einigen Gebieten sogar das 5-6-fache des Monatssolls. Ende Mai wurden Deutschland, Frankreich, Belgien und die Niederlande von heftigen Gewittern mit Starkregen und als Folge davon, auch von Überschwemmungen heimgesucht.

Dagegen fiel die Niederschlagsmenge im Frühjahr in Ostspanien, Südfrankreich, Teilen Italiens, und in Mitteleuropa geringer als normal aus. Der Nahe Osten und der nördliche Teil des europäischen Russlands waren ebenfalls trockener als sonst.

Der **Sommer 2016** zeigte sich im Norden Skandinaviens und Russlands regnerisch mit einem Niederschlagsüberschuss von gebietsweise über 150 %. Gewitter im Süden Italiens, Griechenland und der Osttürkei bescherten diesen Regionen mehr Niederschlag als üblich. Dagegen zeigten die Iberische Halbinsel, Frankreich, Teile Deutschlands, die Ukraine, Bulgarien und die westliche Türkei ein Niederschlagsdefizit. Das Defizit in Spanien erreichte 50 %, wobei der August der trockenste Monat war.

Die gewittrigen Niederschläge vom Mai in Frankreich und Deutschland setzten sich im Juni fort. Es kam zu erheblichen Schäden durch Überschwemmungen, Hagel und Muren, die auch mehreren Personen das Leben kosteten. Auf dem Peloponnes traten im Juni ebenfalls Starkniederschläge auf, die an einigen Stationen neue Rekorde produzierten, wobei die Monatssummen lokal über dem 5-fachen des Solls lagen.

Der **Herbst 2016** zeigte sich mit höheren Niederschlägen in Osteuropa, Griechenland, dem Balkan und Süditalien. Anfang September und Ende November erlebte Griechenland mehrere Tage Gewitter und Dauerregen mit Tagessummen von über 100 mm bzw. Zweitagessummen von über 180 mm, was zu Überflutungen und Schlammlawinen führte. Davon waren auch viele Flüchtlinge in Griechenland betroffen. Rumänien erhielt an der Grenze zu Moldawien im Oktober überdurchschnittlichen Regen mit bis zu 800 % des Monatssolls.

Nord-, West- und Südeuropa sowie die Türkei zeichneten sich durch ein Niederschlagsdefizit aus. Die herbstlichen Niederschlagmengen erreichten in den meisten Gebieten der Schweiz nur 70 % bis 90 % des vieljährigen Mittels 1981–2010, aber Mitte November fiel reichlich Schnee in den Bergen. Estland war mit 70 % der mittleren Niederschlagsmenge ebenfalls zu trocken, vor allem im September mit 38 % und im Oktober mit 59 %.

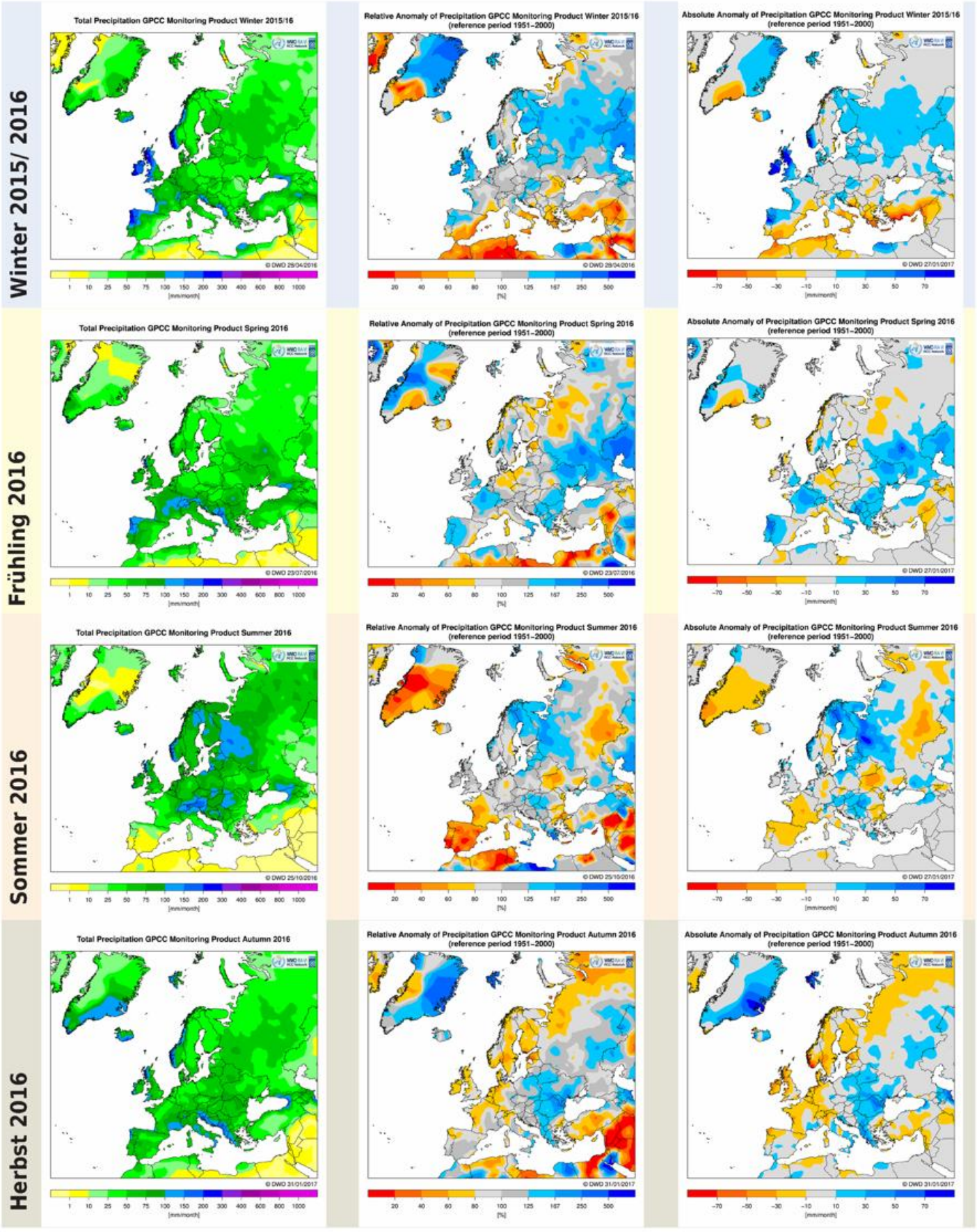


Abb. 5: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links), relative Abweichung in % (Mitte) und absolute Abweichung in mm/Monat (rechts) vom langjährigen Mittel 1951–2000 für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016, Herbst 2016
Die hohen Abweichungen über Grönland sind Datenfehler.

Luftdruck und Zirkulation

Die jährliche Verteilung des Bodendrucks im Jahre 2016 in der WMO Region VI wurde von tiefem Druck bestimmt, der sich von Grönland über Island bis nach Spitzbergen erstreckte. Das zweite Drucksystem mit dem Kern über den Azoren (Azoren-Hoch) erstreckte sich über Mitteleuropa bis nach Russland. Die Abweichungen vom langjährigen Mittel zeigen südlich und nordöstlich von Grönland sowie am Tiefdruckkern nahe der Südspitze Grönlands um bis -4 hPa niedrigere Werte und zwischen den Azoren sowie Mittel- und Nordeuropa um +2 hPa höhere Werte und damit ein höheres Gefälle zwischen Azorenhoch und Islandtief (Abb. 6). Auffällig sind die positiven Anomalien von über +4 hPa in Nordrussland.

Die Luftdruckverteilungen im **Winter 2015/2016** zeigten ähnliche Muster für das Mittel und die Abweichungen vom langjährigen Mittel 1961-1990. Der Kerndruck des Islandtiefs lag unter 995 hPa und der des Azorenhochs über 1025 hPa. Die höchsten Anomalien des Islandtiefs lagen zwischen Island und Großbritannien bei unter -8 hPa und die Anomalien des Azorenhochs bei über +8 hPa, sodass die Druckdifferenz zwischen Island und den Azoren höher als normal war. Dementsprechend war auch der Index der Nord-Atlantik-Oszillation (NAO) für den Winter etwa eins. Dies bezeugen auch mehrere Stürme über Nordeuropa. In Irland wurden die stärksten Böen mit 37 m/s sowohl in Belmullet am 23. Dezember (Sturm „Eva“), als auch auf der Insel Sherkin am 8. Februar (Sturm „Imogen“), gemessen. Am 29. Januar fegte Tief „Gertrude“ über den Nordatlantik mit Windspitzen von 47 m/s (170 km/h) auf Shetland und führte zu einem Gesamtschaden in Großbritannien und Norwegen von 160 Millionen US$ (Münchner Rück). Der Wintersturm „Ruzica“ („Imogen“), überquerte vom 6.–10.2. West- und Zentraleuropa mit Böen von 36 m/s verbunden mit Starkregen, Wellen mit bis zu 19 m Höhe und führte zu Überschwemmungen, beschädigten Häusern, Schulen, Fahrzeuge, Gleise und Straßen sowie witterungsbedingten Unfällen. 29.000 Haushalte waren zeitweise ohne Strom. Der Gesamtschaden wurde von der Münchner Rück auf 220 Millionen US$ geschätzt.

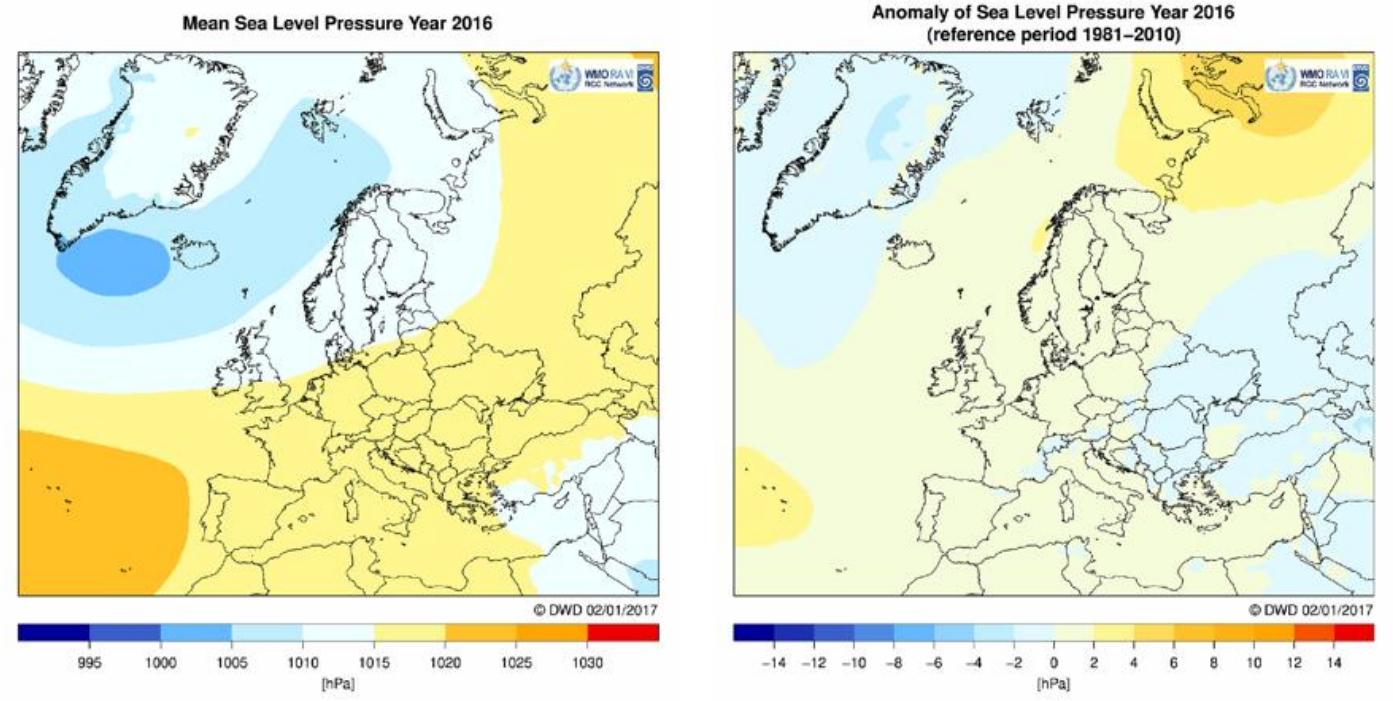


Abb. 6: Jahresmittel des Bodendrucks (oben) und deren Abweichung in hPa (unten) vom vieljährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2016

Im **Frühjahr 2016** war das Islandtief in zwei Zentren geteilt, eins südlich vor Grönland und eins westlich Norwegens. Das Azorenhoch, mit einem Kerndruck von über 1020 hPa, zeigte sich weniger ausgeprägt. Somit herrschten negative Anomalien in ganz Europa und zentrierten sich in Südrussland und Kasachstan mit Werten unter -4 hPa. Südlich von Island und Grönland befand sich das Zentrum der höchsten Anomalien von über +2 hPa. Die Zirkulationsindizes waren nur wenig ausgeprägt.

Im März und April zogen weitere Sturmtiefs über Europa, Sturm „Aloisia" mit Windspitzen von 37 m/s (133 km/h, 2. März) in Mace Head (Ireland). Am 31. März ereignete sich ein Föhnsturm nördlich der Alpen mit 49 m/s (176 km/h) an der Zugspitze. Die Sturmtiefs „Ortrun" und „Petra" brachten vom 10.-16.4. tiefe Temperaturen mit Regen und Schnee nach Mitteleuropa. Am 1. Mai wehte der Mistral durch das Rhonetal mit bis zu 42 m/s (152 km/h, Cape Béar).

Im **Sommer 2016** lagen beide Zirkulationszentren etwas nach Süden verschoben wodurch sich über Grönland ein Hochdruckgebiet einstellen konnte mit maximalen Anomalien von über +6 hPa. Im Jahreszeitenmittel herrschten über fast ganz Europa positive Druckabweichungen vor und führten damit zu vermehrtem Absinken und geringerer Bewölkung.

Auffällig niedrig war der EA/WR (East Atlantic/West Russia Pattern) Index mit -3.30 im August. Nur im März 1970 wurde, während der 66 Jahre der Datenreihe, ein noch niedrigerer Wert von -4.17 berechnet. Dieser negative Indexwert ist mit höheren Niederschlägen in Nordrussland verbunden.

Das Zirkulationsmuster im **Herbst 2016** wurde von einem weit nach Nordosten reichenden Azorenhoch und einem intensiveren Islandtief geprägt. Der Kerndruck des Islandtiefs lag mit weniger als 1000 hPa um -4 hPa unter dem langjährigen Mittel. Die positiven Anomalien über Nordeuropa erreichten über +10 hPa mit Zentrum über Nordrussland. Bei den Zirkulationsindices im Herbst 2016 fällt vor allem der überdurchschnittliche Wert des EA-Indexes (East Atlantic Pattern) von 3.48 auf, der mit höheren Temperaturen über Westeuropa verknüpft ist. Der POL-Index (Polar/Eurasia Pattern) weist im Herbstmittel mit -2.34 ebenfalls einen hohen negativen Wert auf (verbunden mit höherem Druck über Nordrussland).

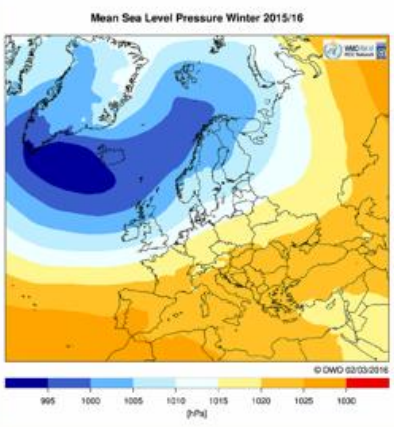
Schweden war im Oktober von einem Hochdruck geprägt mit einem Rekordwert am 5. Oktober von 1050.7 hPa an der Station Sveg.

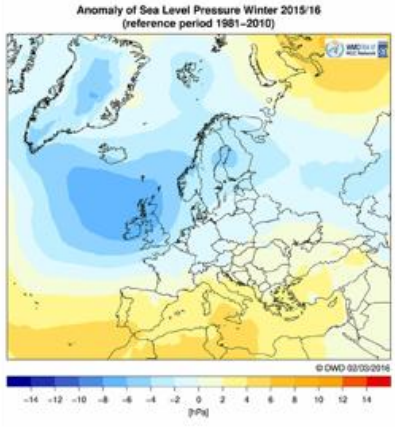
Jahr	Monat	NOA	EA	EA/WR	SCA	POL	AO
2016	1	-0.37	1.01	-0.5	-0.68	-2.63	-1.449
2016	2	1.35	1.85	-2.39	-0.54	-2.33	-0.024
2016	3	0.37	0.71	0.26	-0.23	-0.23	0.28
2016	4	0.26	0.97	-0.5	-0.11	-1.59	-1.051
2016	5	-0.67	0.22	-1.99	1.05	-0.36	-0.036
2016	6	-0.13	0.41	-1.85	-0.95	-1.07	0.313
2016	7	-1.72	1.82	-1.01	-0.7	-0.24	0.085
2016	8	-2.24	2.08	-3.30	-0.44	2.43	0.472
2016	9	0.74	3.48	0.13	-0.99	-1.31	0.781
2016	10	0.96	0.42	-1.33	1.05	-2.94	-1.917
2016	11	-0.31	-0.45	-0.93	-0.06	-2.78	-0.611
2016	12	0.35	0.87	1.52	-1.18	-1.1	1.786

Tab. 1: Jahresgänge der für Europa relevanten standardisierten Zirkulationsindizes der Nordhemisphäre von Januar bis Dezember 2016

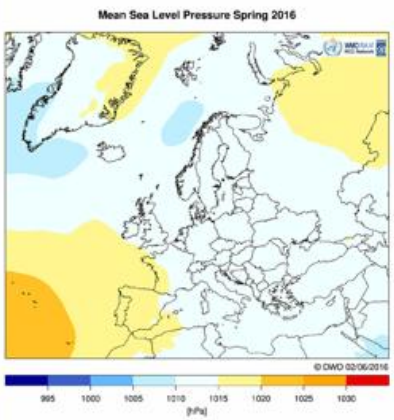
Anmerkung: Alle Werte sind bezüglich des Zeitraums 1981-2010 standardisiert. (Nordatlantik Oszillation (NOA), Ostatlantik Muster (EA), Ostatlantik/Westrussland Muster (EA/WR), Skandinavien Muster (SCA), Polar/Eurasien Muster (POL), Arktische Oszillation (AO); nach Daten des NOAA Climate Prediction Center, weitere Erklärungen sind bei http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml und http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ zu finden).

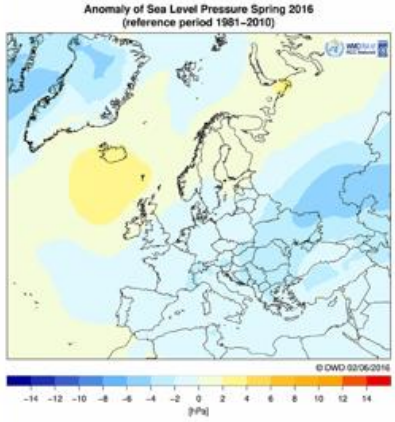
Winter 2015/ 2016



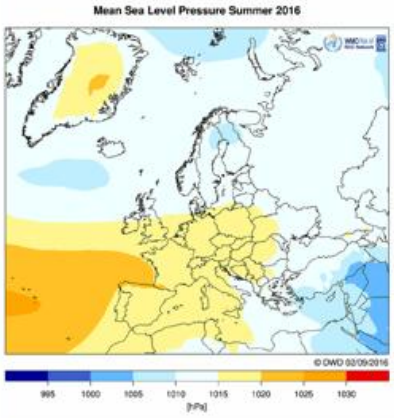


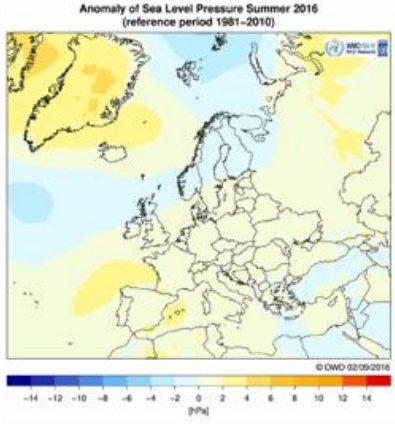
Frühling 2016



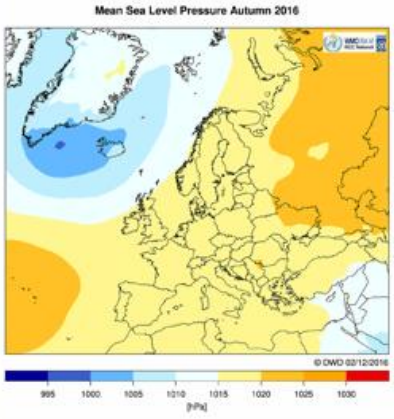


Sommer 2016





Herbst 2016



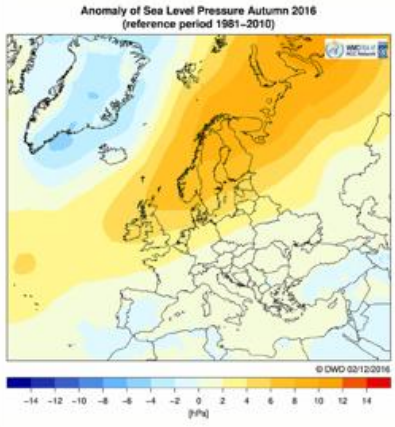


Abb. 7: Mittelwerte des Luftdrucks auf Meeresniveau in hPa (links) und deren Anomalien (rechts) vom langjärigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016

Sonnenscheindauer und Bewölkung

Die jährliche Sonnenscheindauer zeigt von Süd nach Nord abnehmende Werte. Die meisten Teile Europas zeigen positive Abweichungen der Sonnenscheindauer. Nur Portugal, Süditalien und teilweise Osteuropa zeichneten sich durch unterdurchschnittliche Werte der Sonnenscheindauer aus. Die Niederlande verzeichneten mit 1881 Stunden im Jahr 2016 überdurchschnittlich viele Sonnenstunden (normal 1643 Stunden). An der Küste in Den Helder waren es sogar 2046 und damit fast 300 Stunden über dem langjährigen Mittel.

In vielen Teilen Europas lag die relative Sonnenscheindauer im **Winter 2015/2016** über 100 %. Nur in Portugal, dem westlichen Spanien, auf den Britischen Inseln und Nordrussland schien die Sonne weniger als im Durchschnitt. Dies zeigt sich auch in der Zahl an heiteren bzw. trüben Tagen. Die hohen relativen Abweichungen im Norden Europas sind der Berechnungsmethode geschuldet, da während der Polarnacht die Sonne kaum sichtbar ist.

Das **Frühjahr 2016** zeichnete sich in vielen Teilen Europas durch überdurchschnittliche relative Sonnenscheindauer und ein hohe Anzahl von heiteren Tagen aus. Nur Frankreich, Süddeutschland, Teile Rumäniens und Südrusslands wiesen eine geringere als normale Sonnenscheindauer aus. An der polnischen Ostseeküste wurden 160 Sonnenstunden über dem Durchschnitt beobachtet.

Vermehrtes Absinken führte im **Sommer 2016** zu mehreren Hitzewellen in Europa als Folge der geringeren Bewölkung und vermehrten Sonneneinstrahlung. Vor allem Osteuropa zeichnete sich durch weniger bewölkte Tage aus. Dies führte in Polen, der Ukraine und in Weißrussland zu geringeren Niederschlägen und langandauernder Dürre. Große Teile von Skandinavien und dem Baltikum verzeichneten geringere Sonnenstunden.

Der **Herbst 2016** verbuchte im Westen Europas eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer. Die Niederlande registrierten im Landesmittel 432 Stunden (normal 320 Stunden) und so reihte sich dieser Herbst unter den 10.-sonnenscheinreichsten ein. Der September war in Österreich der sonnigste seit 1997 (der sechstsonnigste September in Österreich seit dem Jahr 1925) mit 33 % mehr Sonnenstunden als im langjährigen Mittel von 1961-1990.

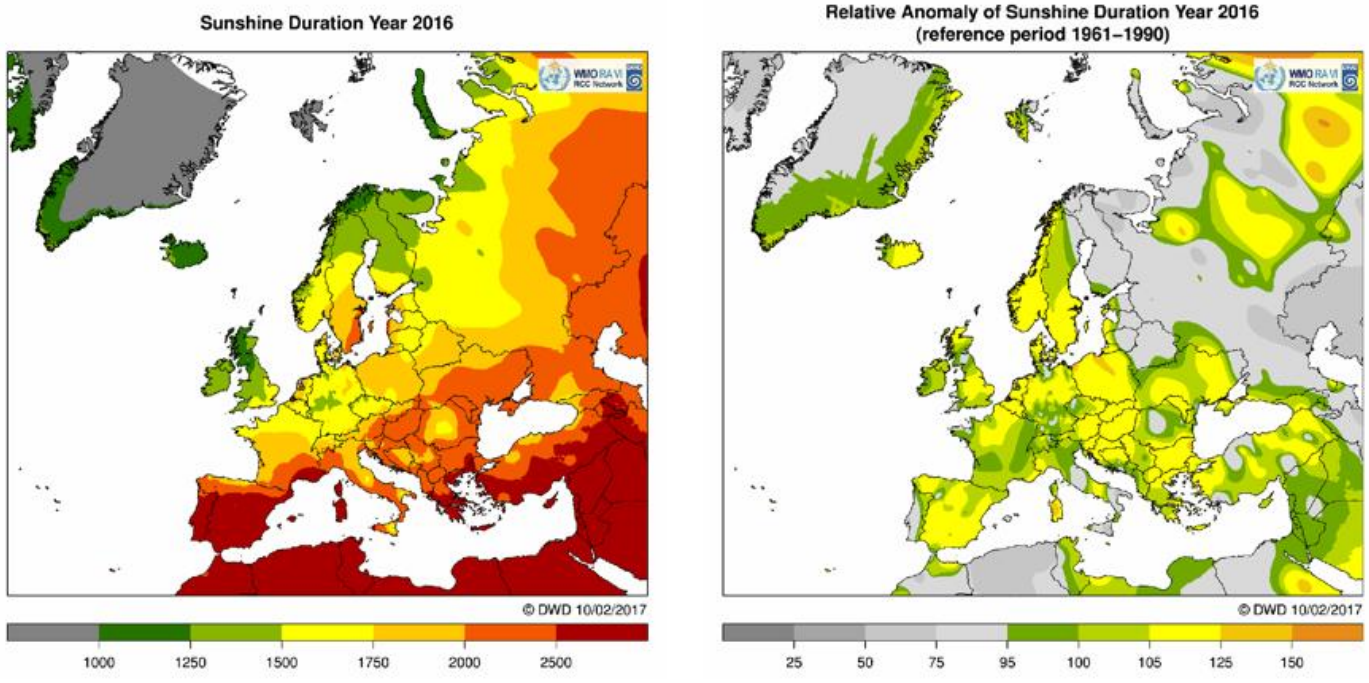


Abb. 8: Jahressumme der Sonnenscheindauer in Stunden (links) und deren relative Anomalien in % (rechts) zum vieljährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2016 (Quelle: http://www.dwd.de/rcc-cm)

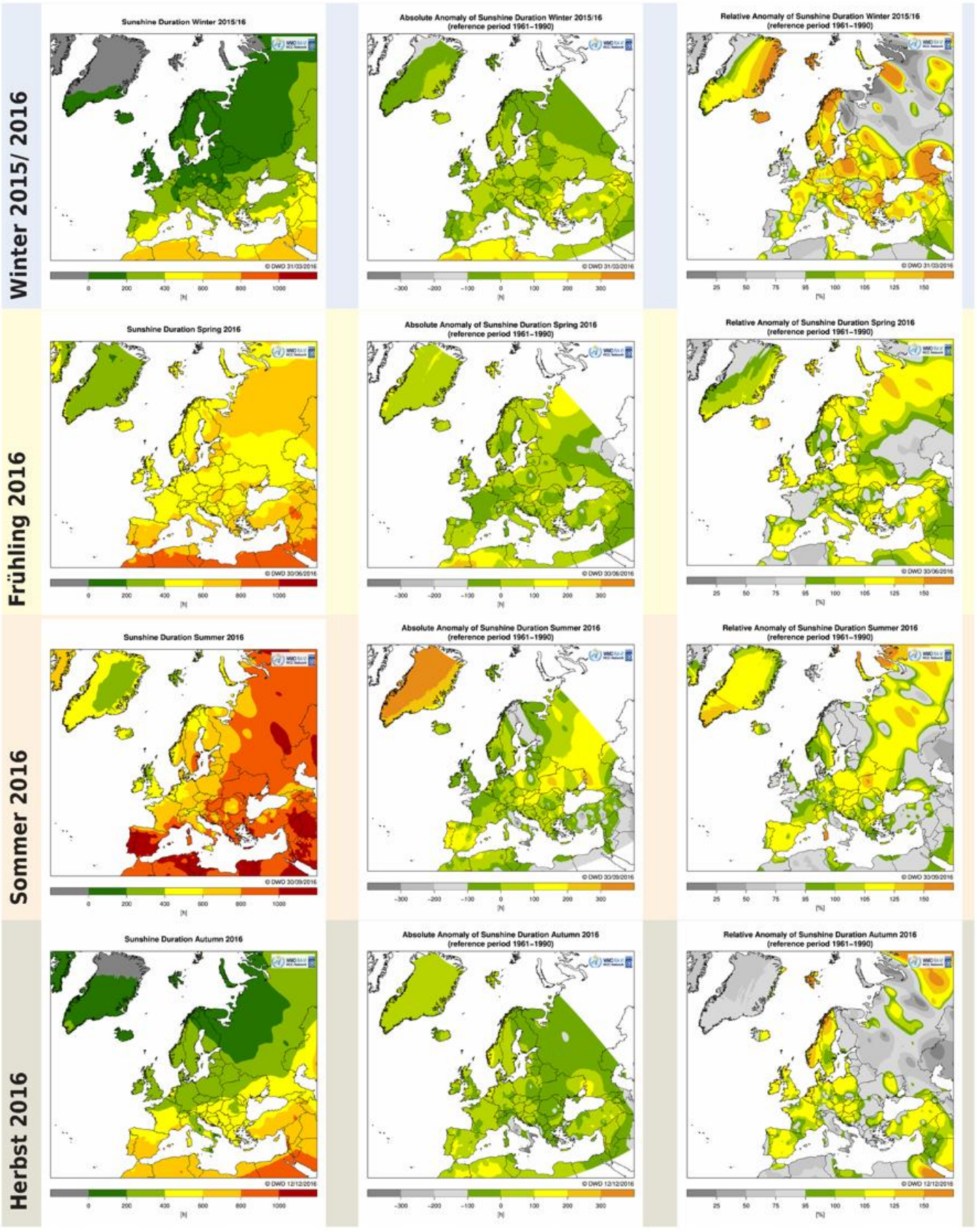
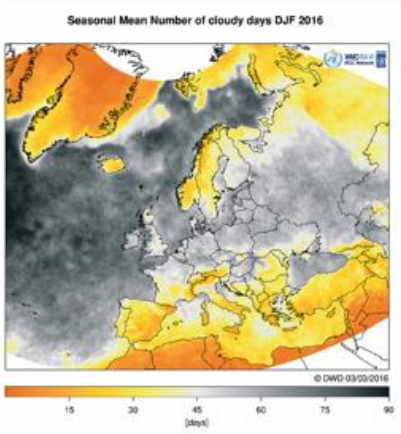
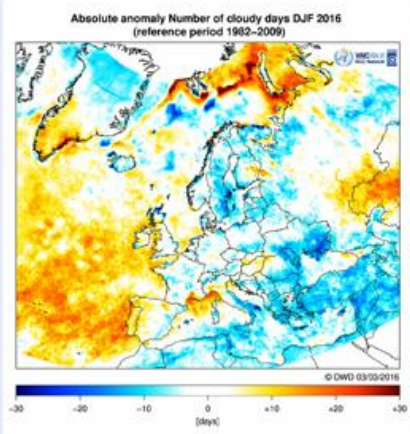


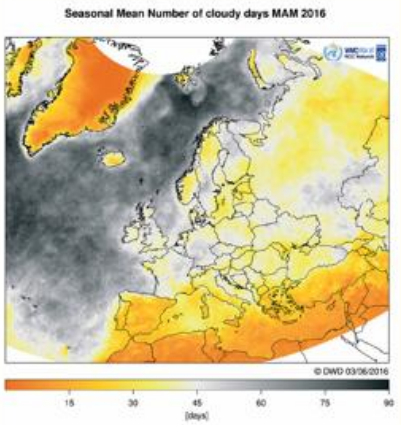
Abb. 9: Mittlere Sonnenscheindauer in h (links), absolute Abweichung in h (Mitte) und relative Abweichung in % (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 aus Stationsbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 20165

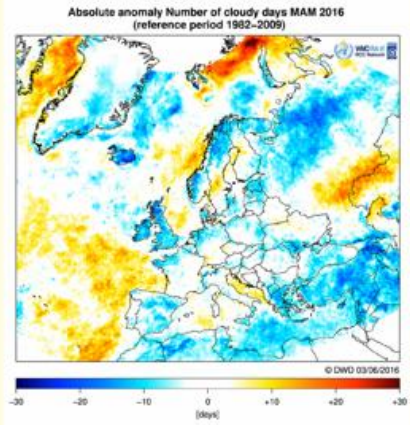
Winter 2015/ 2016



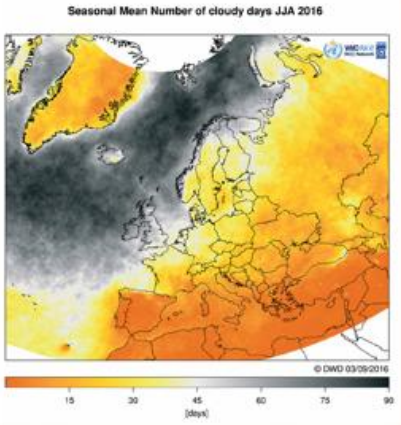


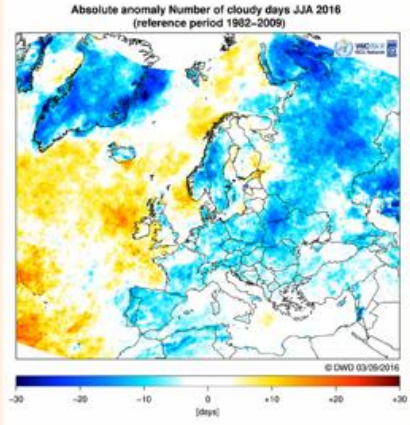
Frühling 2016



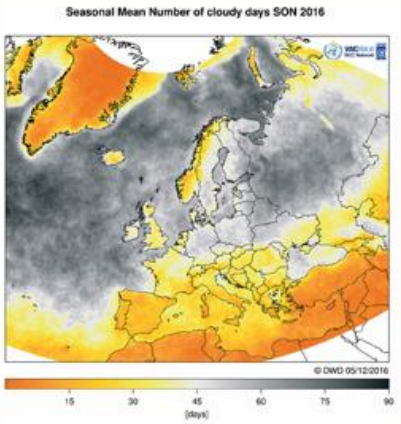


Sommer 2016





Herbst 2016



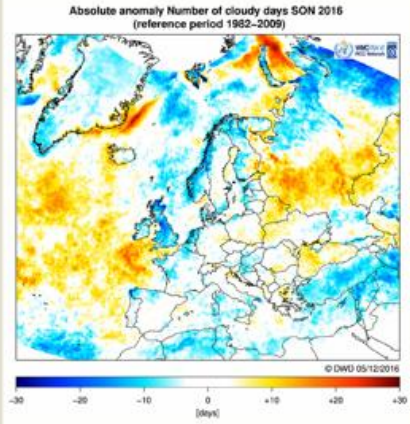
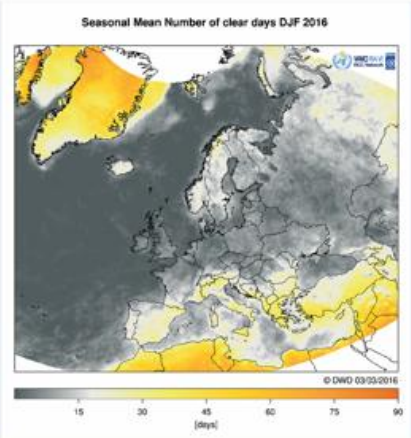
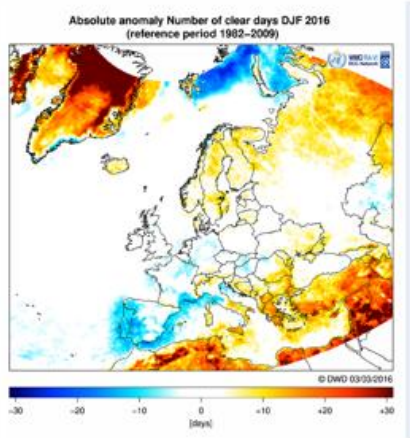


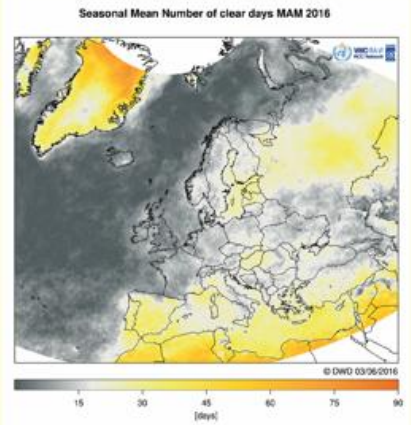
Abb. 10: Anzahl trüber Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016

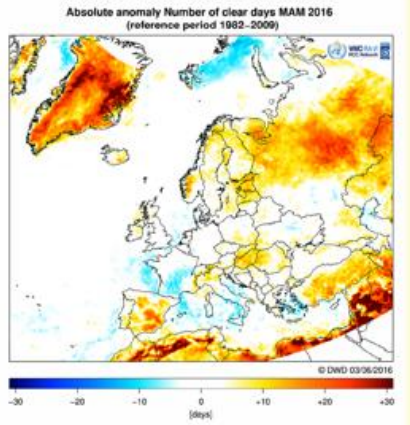
Winter 2014/ 2015



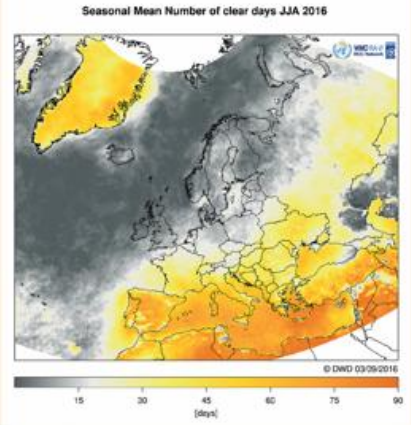


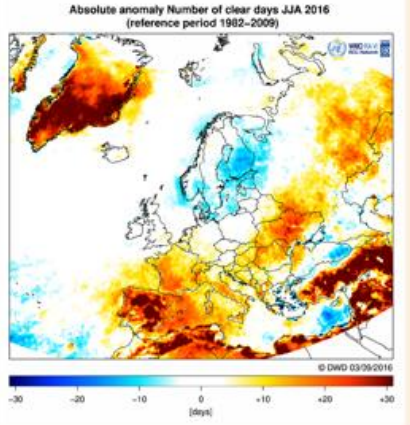
Frühling 2015



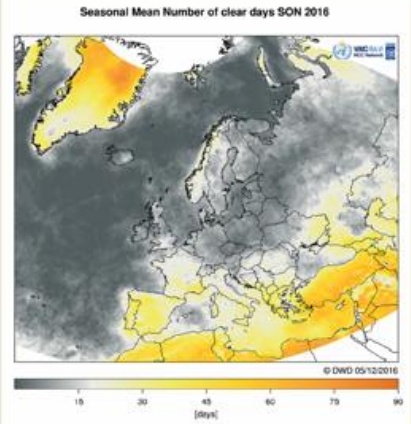


Sommer 2015





Herbst 2015



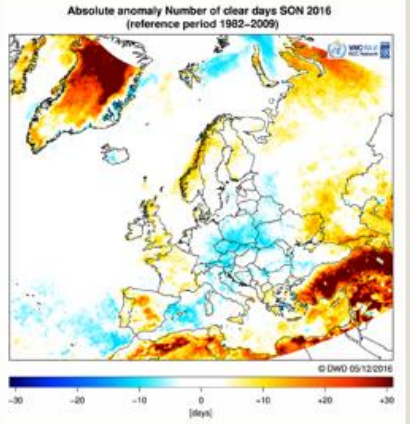


Abb. 11: Anzahl heiterer Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016

Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich die Jahreszeiten auch hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben. Aus den verfügbaren Indizes wurden für jede Jahreszeit je ein repräsentativer Index für die Temperatur und den Niederschlag ausgewählt. Diese sind in Abb. 12 und 13 dargestellt.

Die Zahl der Eistage (Zahl der Tage mit einem Temperaturmaximum unter 0°C) im **Winter 2015/2016** zeigte in fast ganz Europa negative Abweichungen und spiegelt damit die überdurchschnittlichen Wintertemperaturen wieder. Nur im westlichen Mittelmeer weisen einige Küstenstationen geringfügig mehr Eistage auf. Auch im **Frühjahr 2016** gab es in ganz Europa weniger Kalte Tage (TG10p, Tage mit Tagesmitteltemperatur unter dem 10 %-Perzentilwert) als im langjährigen Mittel, da außer in Südwesteuropa überdurchschnittliche Temperaturen herrschten.

Die Abbildung der Abweichungen der Tropennächte (TR: Minimumtemperatur >20°C) für den **Sommer 2016** zeigt ein etwas unübersichtliches Bild. Viele Stationen weisen eine geringere Anzahl von Tropennächten auf, während benachbarte Stationen eine höhere Anzahl zeigten. In Südeuropa überwiegt aber die Zunahme. Der **Herbst 2016** weist in den meisten Teilen Europas überdurchschnittlich viele Sommertage (SU Maximumtemperatur >25°C) aus, nur in Finnland und Nordrussland verbleibt die Zahl der Sommertage unter dem langjährigen Mittel.

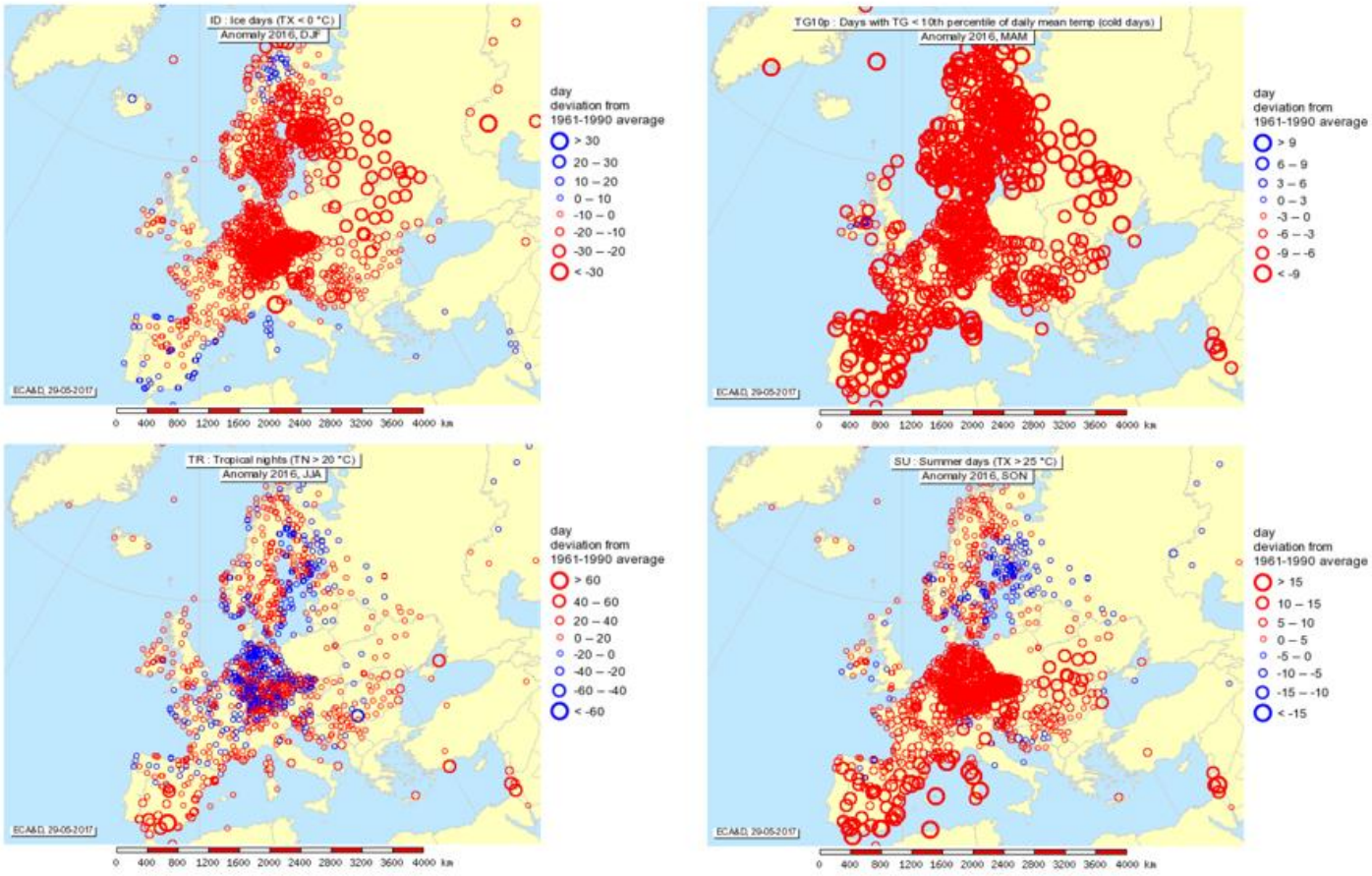


Abb. 12: Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Temperaturindizes nach ECA&D für Winter (links oben; ID (ice days) Eistage: Maximumtemperatur <0°C), Frühjahr (rechts oben; TG10p, Kalte Tage oder Tage mit Tagesmitteltemperatur unter dem 10 %-Perzentilwert), Sommer (links unten; TR Tropennächte: Minimumtemperatur >20°C) und Herbst (rechts unten; SU Sommertage Maximumtemperatur >25°C)

Die jahreszeitlichen Anomalien des Maximums der 5-tägigen Niederschlagssumme (RX5day, Abb. 13) für den **Winter 2015/2016** lässt einige Gebiete erkennen (wie Irland, die Nordwestspitze Spaniens und der Balkan) die überdurchschnittlich hohe Niederschläge über mehrere Tage, verbunden mit kurz aufeinanderfolgenden Sturmtiefs, zu verzeichnen hatten.

Im **Frühjahr 2016** sind die Abweichungen der 5-tägigen Niederschlagssummen nicht so dramatisch wie im Winter, wobei die Südspitze Spaniens und der Balkan höhere Werte aufweisen. Das östliche Mitteleuropa fällt durch geringere Abweichungen auf.

Höhere 5-tägige Niederschlagssummen im **Sommer 2016** sind vor allem in Zentraleuropa, dem Balkan und dem Südwesten Norwegens auffällig. Diese waren mit starken Gewittern verbunden, die auch in Deutschland verheerende Schäden anrichteten und Todesopfer forderten, wie z. B. in Simbach/Inn.

Die 5-tägigen Niederschlagssummen im **Herbst 2016** waren in West- und Nordeuropa vor allem im September und Oktober deutlich geringer als das vieljährige Mittel. Im November überquerten mehrere Sturmtiefs den Atlantik, mit lokal erheblichen Niederschlägen in kurzer Zeit. Am 24. November erreichten sie auch Korsika wobei an der Station Quercitello ein Tagesniederschlag von 288.1 mm/d gemessen wurde. Osteuropa trafen im Oktober Gewitter mit lokal extrem hohen Regenmengen. Die Station Galaţi (Rumänien) verzeichnete 802 % oder 207.8 mm/Monat, wobei allein am 11. Oktober 90.6 mm Regen aufgezeichnet wurden, was Überschwemmungen zur Folge hatte.

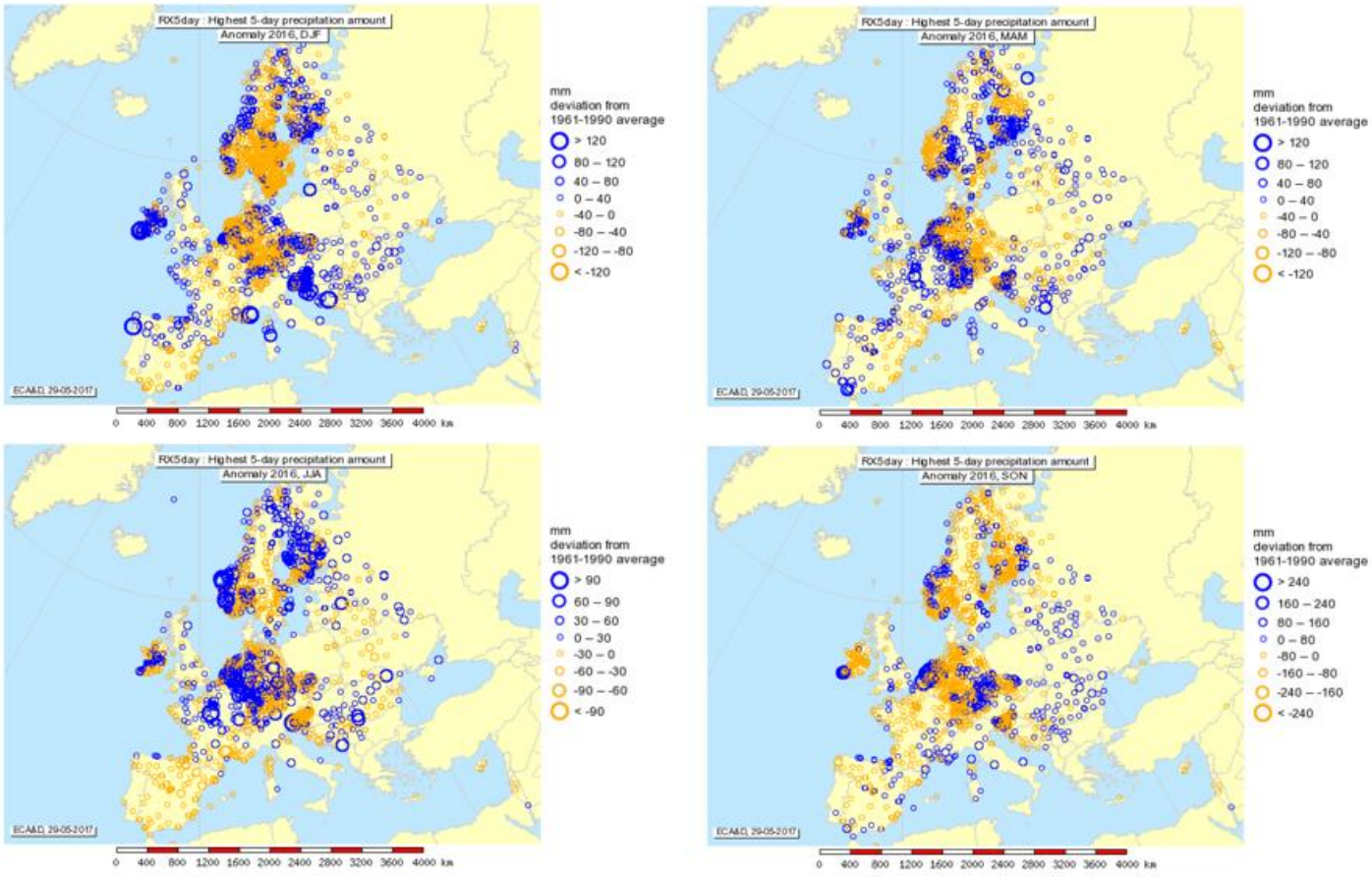


Abb. 13: Jahreszeitliche Anomalien des Maximums der 5-tägigen Niederschlagssumme (RX5day) nach ECA&D für Winter (links oben), Frühjahr (rechts oben), Sommer (links unten) und Herbst (rechts unten)

Besondere Ereignisse

Der **Winter 2015/2016** in Europa deutlich wärmer als im vieljährigen Mittel, mit überdurchschnittlich vielen warmen Tagen, besonders aber in der Arktis. Die häufigen Sturmtiefs trafen vor allem die Küsten von Mittel- und Nordeuropa. Einige Ausläufer gelangten auch in den Mittelmeerraum, wo sich auch wegen der hohen Temperaturen einige Tornados bildeten (Abb. 15). Die von den Tiefs mitgeführte Feuchtigkeit blieb in den westlichen Ländern mit teils erheblichen Niederschlagsmengen in Nordwestspanien, Irland, Schottland und Südnorwegen. Auch Osteuropa wurde mit höheren Niederschlagsmengen bedacht.

Auch das **Frühjahr 2016** war von durchziehenden Zyklonen betroffen durch die sich Tornados bildeten. Sturmböen wurden an den westlichen Küsten registriert, aber Genuatiefs führten im westlichen und östlichen Mittelmeerraum ebenfalls zu Sturmböen. Westspanien, Frankreich, die Alpen und Osteuropa konnten sich über Niederschläge nicht beklagen. In Ost- und Südosteuropa waren die starken Niederschläge häufig mit Hagel verbunden. Auch Deutschland blieb davon nicht verschont. Die Temperaturen überstiegen die für die Jahreszeit üblichen Werte, vor allem im Arktischen Bereich, während Zentraleuropa und der Balkan Ende April von einer Kältewelle mit Frost betroffen war.

Im **Sommer 2016** setzte sich die überdurchschnittliche Wärme fort, die sich über Ost- und Nordosteuropa ausbreitete. Hitzewellen wurden aus Griechenland, der Slowakei, Russland und den Baltischen Staaten gemeldet. Im August verzeichneten Portugal, Spanien und Frankreich Hitzewellen und auch in Mitteleuropa wurden die 30 °C deutlich überschritten. Die mit der Hitze verbundenen Gewitter führten in vielen Teilen Europas zu Starkregen, Hagel, Starkwindböen und auch Tornados. Nur in Südwesteuropa war es trockener, wodurch sich die Brandgefahr erhöhte und in Frankreich durch Feuer Häuser und Wald vernichtet wurden. Auf der Insel Madeira (Portugal) führte ein Feuer vom 8.-10.8. zu erheblichen Schäden an Häusern und der Infrastruktur mit einem Gesamtschaden von etwa 60 Millionen €.

Der **Herbst 2016** war nicht viel ruhiger, obwohl in der ESWD (European Severe Weather Database) nur etwas mehr als ein Drittel der Anzahl der sommerlichen Ereignisse eingingen. Rund um das Mittelmeer und Schwarze Meer gab es immer noch Gewitter mit Starkregen, Hagel, Starkwindböen und Tornados. In Griechenland produzierten die Gewitter extreme Tagesniederschläge von 200 mm/d. Afritz, in Österreich, wurde im September innerhalb weniger Tage von mehreren Schlammlawinen getroffen aufgrund hoher Niederschläge, die auch zu Überschwemmungen führten. Das Gebiet um Odessa (Ukraine) war im Oktober von Starkregen betroffen mit 201 mm/Monat oder 700 % des Monatssolls. Die Westhälfte und der Norden Europas waren wieder wärmer als normal. Die Temperaturen lagen im Jahreszeitenmittel auf Svalbard sogar über +7 K über dem vieljährigen Mittelwert der Referenzperiode (1961–1990), auf dem Flughafen sogar bei +7.4 K.

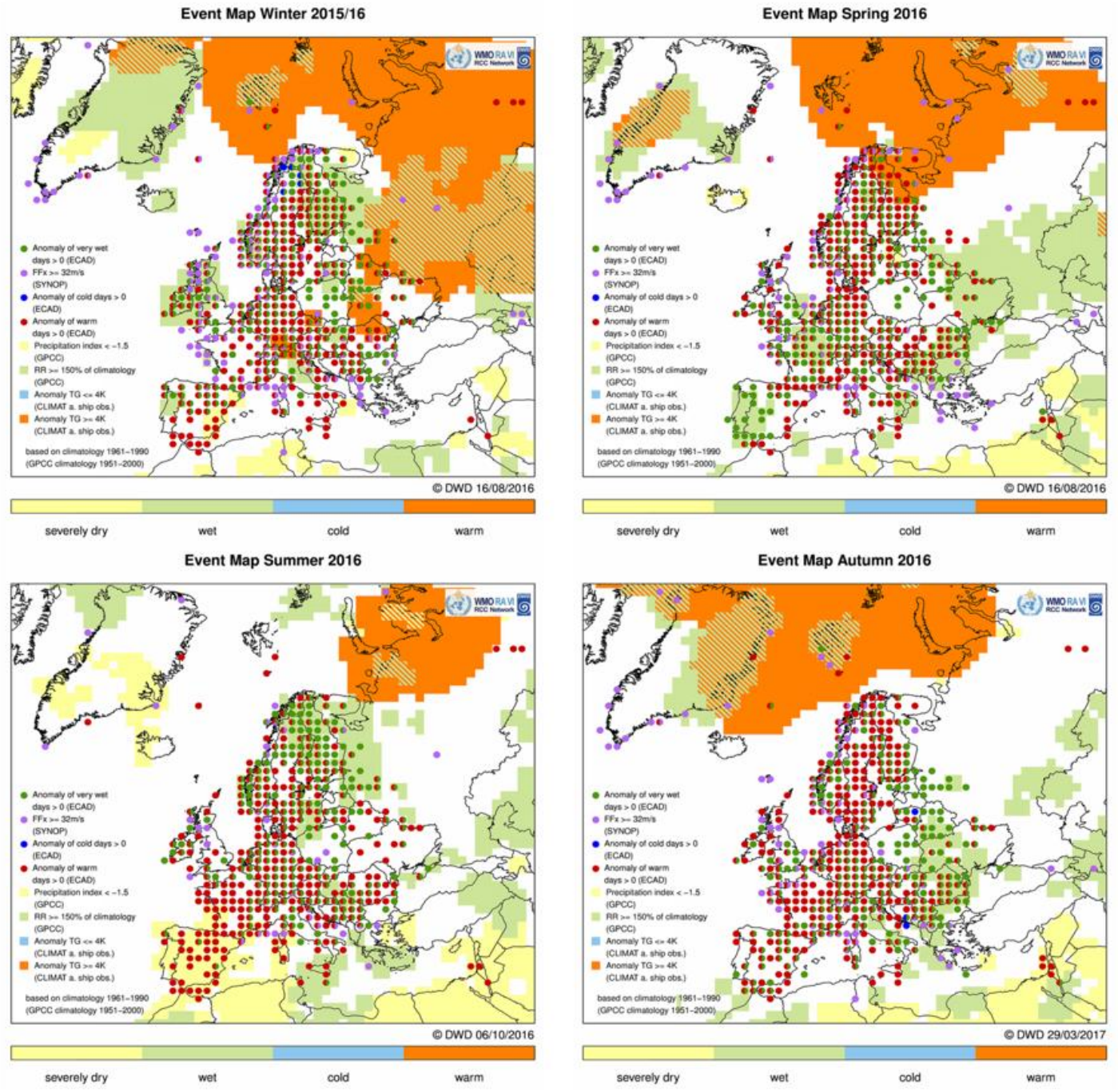


Abb. 14: Ereigniskarten für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühjahr 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016

Legende zu Abb. 14:

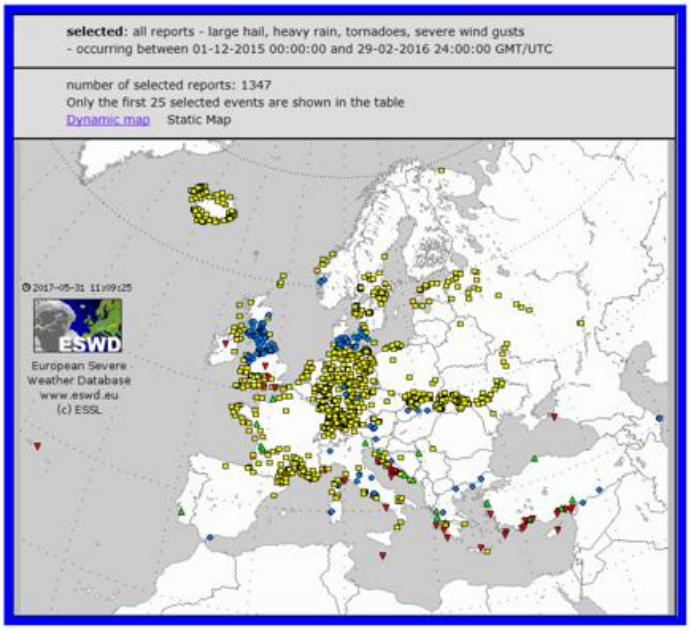
- Anomalie sehr nasser Tage > 0 (ECAD)
- Anomalie sehr warmer Tage > 0 (ECAD)
- Windböen (>=32 m/s) (SYNOP)
- Anomalie sehr kalter Tage > 0 (ECAD)

Temperaturabweichungen der Monatsmittel von der Referenzperiode(CLIMAT und Schiffsbeobachtungen)

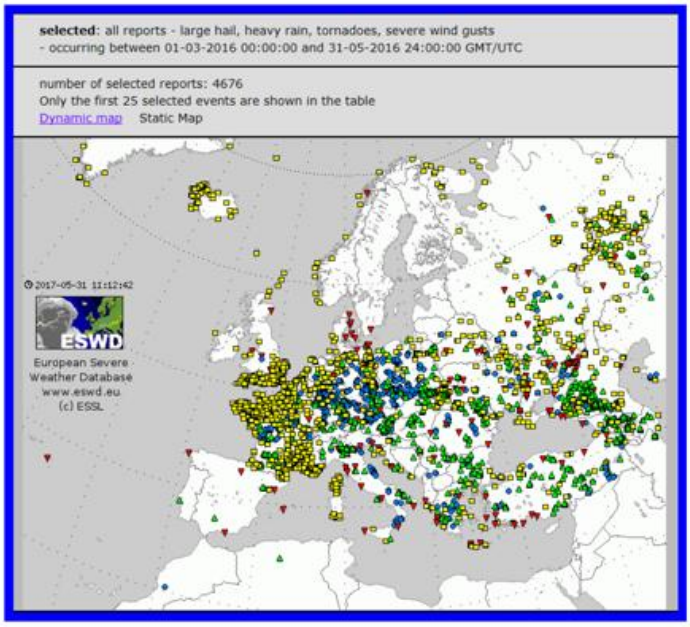
- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≤ -4 K
- Dürreindex < -1.5 modifizierter SPI (GPCC)
- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≥ 4 K
- Niederschlag ≥ 150 % der Klimatologie (GPCC)

Basierend auf der Referenzperiode 1961-1990 (GPCC Referenzperiode: 1951-2000)

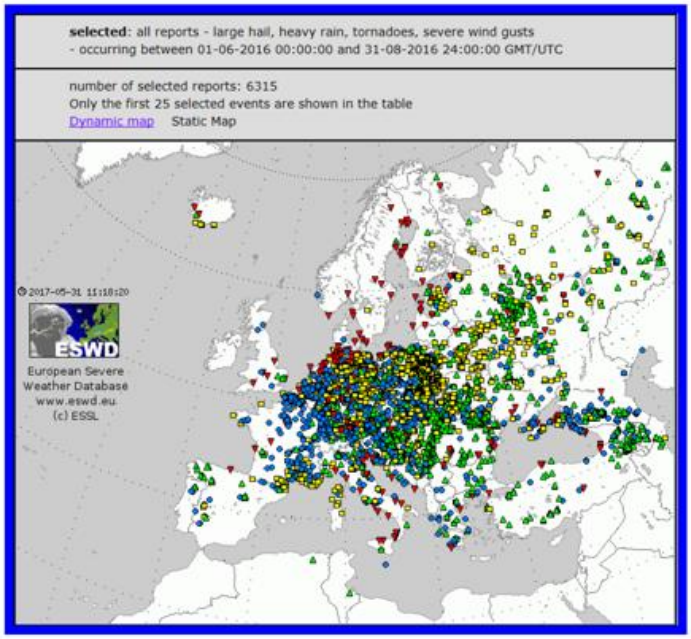
Winter 2015/2016



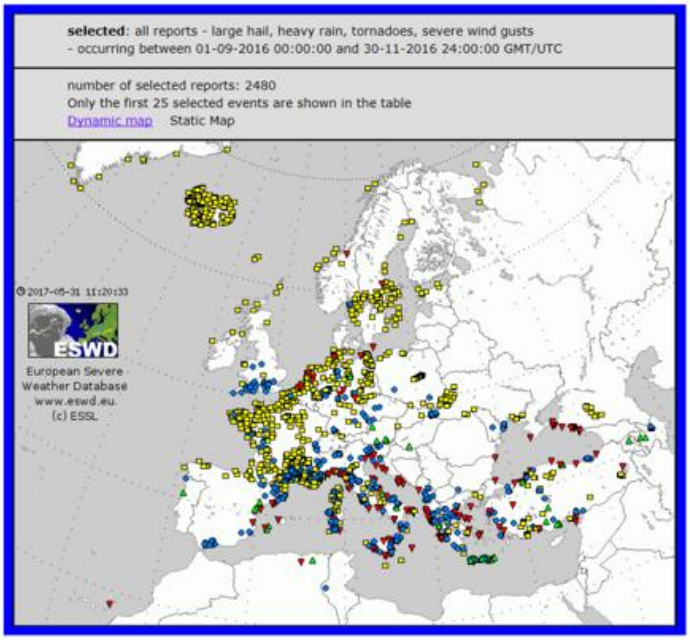
Frühling 2016



Sommer 2016



Herbst 2016



red: tornado, yellow: severe wind gusts, green: large hail, blue: heavy rain

Abb. 15: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene Tornado, Sturm, Hagel und Starkregen für die Jahreszeiten Winter 2015/2016 (links oben), Frühling 2016 (rechts oben), Sommer 2016 (links unten) und Herbst 2016 (rechts unten)

Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten des Jahres 2016 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2016

Am 9. und 10. Januar fegte ein Orkan über Norditalien mit Spitzengeschwindigkeiten von 46 m/s am Lago Scafaiolo und 42 m/s an der Station Loiano. Am 15. Januar traf der Tropensturm „Alex" die Azoren, der stärkste der jemals auf dem Nordatlantik im Januar beobachtet wurde. Sturm Gertrude überquerte Ende Januar Irland (Malin Head 36 m/s am 29.), Großbritannien (47 m/s in Lerwick und Baltasound, beide Shetland, am 29.), erreichte Skandinavien und verursachte erhebliche Schäden. Die Münchner Rück bezifferte diese auf 160 Million US$.

Großbritannien verzeichnete einen sehr milden Januar, was sich auch in neuen Rekorden der Minimumtemperatur am 25.1. zeigte. An mehreren Stationen wurden Werte über 12°C gemessen. In Skandinavien war es dagegen kälter als normal. Am 7. Januar wurde an der Station Nikkaluokta mit -42.9°C, die kälteste Temperatur im Jahr 2016 in Schweden verzeichnet.

Der Januar brachte mehrere Starkniederschlagsereignisse, z. B. vom 9.-11.1. in Portugal mit 120 mm/48h oder am 12. auf Flores (Azoren, Portugal) mit einer Tagessumme von 96 mm/d. In der ersten Woche im Januar erlebten Schottland und England Dauerregen wobei in einigen Teilen schon nach drei Tagen das Monatssoll erreicht war und am 7. das 2-3-fache. Die Stationen Nis (101.3 mm) und Zajecar (105.6 mm) in Serbien verzeichneten neue Tagesrekorde. Die Schweiz erlebte im nördlichen Teil der Alpen mehrere neue Monatsrekorde, so in Eschenz im Gebiet des Bodensee mit 185 mm und in St. Gallen mit 164 mm. In Österreich führten heftige Regenfälle, in Verbindung mit Schneeschmelze, zu lokalen Überschwemmungen. In Finnland kam es am 8. zu Dauerschneefall, so dass während eines Tages die Schneehöhe um 73 cm anwuchs. Ein Starkniederschlagsereignis traf auch Israel am 7.-8.1. mit 24-Stundensummen von 100-130 mm.

Februar 2016

Am 1. Februar erreichte Sturm „Norkys" Irland und Großbritannien mit Spitzenböen von 38 m/s, in den Hochlagen Schottlands sogar über 40 m/s. Kurz darauf am 7. und 8. Februar überquerte Sturm „Ruzica" ebenfalls Irland, Großbritannien und erreichte Mitteleuropa mit hohen Windgeschwindigkeiten, Starkregen und Überflutungen. Einige Kilometer vor Irland wurde an einer Plattform eine 19 m hohe Welle beobachtet. Der Sturm verursachte einen Schaden von 220 Million US$ (laut Münchner Rück) und sorgte für zahlreiche ausgefallene Rosenmontagszüge.

Für Europa war es der zweitwärmste Februar nach 1990. Besonders Osteuropa meldete hohe positive monatliche Temperaturabweichungen, so z. B. die Republik Moldawien +6 K bis +7 K, in Rumänien erreichten sie +7.3 K an der Station Sf. Gheorghe (Siebenbürgen), in der Ukraine +5 bis +8 K. Im Zentrum der Anomalie, im Europäischen Russland, traten über +10 K auf. Georgien verzeichnete den zweitwärmsten Februar seit 1961, mit Anomalien von +3 bis über +6 K.

Die Niederschläge im Februar waren, bis auf den südlichen Teil Europas, überdurchschnittlich. Die Niederschlagsmengen in der Schweiz erreichten auf der Alpensüdseite verbreitet 200-290 % des vieljährigen Mittels 1981–2010. Finnland erlebte den zweitregenreichsten Februar mit 240 % und einem Monatsrekord an der Station Kouvola von 131.6 mm. Auch in Lettland war es der zweitregenreichste Februar seit 1924 mit einem Landesmittel von 65.9 mm. Eine extreme Niederschlagsperiode vom 10.-14. Februar führte in Portugal zu einer Summe von 200 mm/120h. Am 26. gab es in Irland einen Tagesniederschlag von 90.9 mm.

März 2016

Am 2. März stürmte „Aloisia" (Jake) über Irland und Großbritannien mit Spitzenböen von 36 m/s. Sturm „Jeanne" kam am 27.-28.3. über den Kanal nach Frankreich und die Niederlande mit Windgeschwindigkeiten von 30 bis 40 m/s an den Küsten. Am 31. März entwickelte sich in den Alpen ein Foehnsturm mit 49 m/s (176 km/h) gemessen an der Zugspitze.

Auch der März war in Europa deutlich wärmer als normal, nur der Westen und Südwesten verzeichnete negative Anomalien. Im nördlichen Schweden war es der wärmste März. An der Station Haparanda (Messbeginn 1859) übertraf die Maximumtemperatur vom 15. März mit 11.8°C den alten Rekord von 1948 um +1.5 K. Die Stationen in der Arktis meldeten teilweise Anomalien der Monatsmitteltemperatur von über +10 K, Svalbard Flughafen +8.8 K. In Russland erwies es sich als der fünftwärmste März und der mehr als 100 Jahre dauernde Temperaturrekord von St. Petersburg wurde am 28. März mit einer Maximumtemperatur von 13.9°C eingestellt. Moldawien registrierte Monatsabweichungen von +5 bis +7 K und Kasachstan sogar bis zu +9 K.

Im März prägten überdurchschnittliche Niederschläge den Balkan und Osteuropa; Mittel- und Nordeuropa blieben dagegen trocken. In Nordspanien führten die letzten 10 Tage des Monats März zu erheblichen Niederschlägen mit einer Monatssumme von 292 mm in La Coruña. Auf der anderen Pyrenäenseite war es mit 183 mm in Biarritz auch nicht viel trockener. Als nassester März stellte Serbien mehrere Rekorde ein, so auch in Zlatibor mit 220.9 mm. In Griechenland führten Gewitter mit Orkanböen

von 40 m/s am 18. zu erheblichen Niederschlägen. Im Zeitraum von 6 Tagen (12.-18.3.) ergossen sich in Zagora 430 mm und eine Monatssumme von 501.6 mm. Das Ergebnis waren Überflutungen und Zerstörungen.

April 2016

Auch im April blieb Irland nicht von Stürmen verschont. An 7 Tagen wurden noch stürmische Winde beobachtet mit Spitzen von 27 m/s (96 km/h). Vom 4.-9.4. bewegten sich zwei Sturmtiefs, Luana und Myrna, von Norwegen über Schottland nach Frankreich und der Schweiz bis nach Spanien mit lokalem Starkregen und Abkühlung. Vom 10.-16.4. folgten zwei weitere Sturmtiefs (Ortrun und Petra) mit weiterer Abkühlung, sowie mit Regen und Schnee in Westeuropa. Am 10. April wurden in Westfrankreich auf der Ile d'Ouessante 42 m/s Windspitze gemessen. Auf dem Weg nach Nordspanien verursachten diese Tiefs lokale Starkregen mit Schäden durch Überschwemmungen und Starkwind. Der Tagesniederschlag der Station Guarda in Portugal am 15.4. betrug 90.4 mm.

Zentraleuropa und der Balkan gelangten ab dem 24. April in den Griff kalter Luft, so dass verbreitet Bodenfrost registriert wurde, der in vielen Ländern erhebliche Schäden an den gerade blühenden und wachsenden Pflanzen und Bäumen anrichtete. Allein in Österreich wurde er auf 305 Millionen € geschätzt. Davor wurde die höchste je in Serbien am 17. April gemessene Temperatur mit 32°C beobachtet und ersetzte den alten Rekord von 1930. In Israel herrschten dagegen mehrere Hitzewellen, eine vom 1.-10.4. mit Maximumtemperaturen von 35-39°C. Die zweite vom 19.-27. April mit ähnlichen Temperaturen, wobei auch 40°C erreicht wurden.

Die Niederschlagsmengen im April lagen verbreitet über dem Durchschnitt, nur in Zentral- und Südeuropa sowie dem Balkan darunter. Der Pegel des Flusses Sukhona (Russland) stieg vom 15.-20. April, wegen Eisstau, auf fast 10 m an und sorgte in der Region Wologda für Überschwemmungen. Von der Flut waren mehrere Ortschaften und etwa 40.000 Bewohner betroffen mit einem Schaden von über 300 Millionen Rubel (0.5 Mio. €).

Mai 2016

Der Mai war europaweit wieder wärmer als normal, besonders in Nordeuropa, dafür aber in Südosteuropa und Spanien etwas kühler. In der Arktis herrschte ein Wärmeüberschuss von über +5 K. In Schweden war der Mai für die Jahreszeit zu warm und wechselhaft. Im Südwesten wurde am 24. Mai mit 83.1 mm der höchste Tagesniederschlag für 2016 gemessen. Für Dänemark erwies es sich als der drittwärmste seit 1874 (zusammen mit 1993). In Israel stiegen die Thermometer auf Werte von 40-42°C in der Küstenebene, 42-43°C in der Negev und dem nördlichen Bergland und 45-46°C im Jordantal.

Die Niederschlagsverteilung im Mai zeigte einen Nord-Süd-Gradienten. Aber Schweden berichtete von einem Rekordtagesniederschlag von 83.1 mm am 24. Mai, der auch der höchste im ganzen Jahr war. Zentraleuropa wurde von Ende Mai bis Anfang Juni von katastrophalen Gewittern heimgesucht. Ausgelöst durch Extremniederschläge wurden viele Häuser, Fabriken und Brücken durch Fluten und Schlammlawinen beschädigt oder zerstört. Die Münchner Rück beziffert den Gesamtschaden in Frankreich, den Niederlanden und Deutschland auf 1400 Millionen US$. In Deutschland ist der 29. Mai mit dem Ort Braunsbach verbunden, wo innerhalb einer Stunde 90 mm Regen eine Sturzflut auslöste, den Ort verwüstete und mehrere Todesopfer forderte. In Frankreich waren die Auswirkungen noch dramatischer, da die Regenmengen höher waren (150 mm in 5 Tagen was einer Wiederkehrzeit von 10-50 Jahren entspricht). Die Flüsse Seine, Loing und Yonne traten über die Ufer und überschwemmten viele Ortschaften wobei es zu 5 Todesopfern kam. Tausende Häuser, Gewerbeflächen wurden beschädigt und Ackerland (Glashäuser) sowie Weinberge wurden zerstört. Die Münchner Rück bezifferte den Gesamtschaden auf 2400 Millionen US$. Die Schweiz berichtete auch von Rekordniederschlägen z. B. in Luzern mit 270 mm was mehr als 200% der Norm für Mai entsprach. Zypern wurde von einem schweren Hagelunwetter getroffen mit fast 80 mm Tagesniederschlag. Die Tschechen berichteten von einem extremen Tagesniederschlag von 145.8 mm am 31. Mai, wobei schon 129.3 mm innerhalb einer Stunde registriert wurden. In Westkasachstan war es ein Rekordmonat mit 240 % vom langjährigen Mittel (in Atyrau sogar 653 %). Auch in Südrussland erreichten die extremen Niederschläge das 2-3-fache des Normalen, lokal sogar bis zum 6-fachen.

Juni 2016

Die Temperatur im Juni wies fast überall positive Abweichungen auf; besonders in Osteuropa und vor allem im Norden Russlands war es deutlich wärmer als im langjährigen Mittel, dagegen blieben die Anomalien in Nordskandinavien teilweise darunter. Grönland verzeichnete am 9. Juni mit 24.8°C an der Station Nuuk einen neuen Rekord der Maximumtemperatur. In den Baltischen Ländern erreichten die monatlichen Anomalien Werte von bis zu +7 K und in Pasvalyje (Litauen) kletterte das Quecksilber am 26. Juni auf 35°C. Von Weißrussland bis zum Nahen Osten herrschte eine Hitzewelle von über 40°C, in Griechenland wurden sogar 43.4°C gemessen.

Die konvektiven Niederschläge in Mitteleuropa vom Mai setzten sich auch im Juni fort. Betroffen waren vor allem Belgien, Deutschland und die Schweiz mit einem Gesamtschaden von 2400 Millionen US$ (gemäß Münchner Rück). Neben den für solche Gewitter üblichen Auswirkungen, wie überschwemmte Straßen, vollgelaufene Keller, demolierte Autos und Stromausfall wurden auch Gebäude durch Schlammlawinen beschädigt und

3 Personen ertranken in Belgien. Auch Luxemburg verzeichnete am 4. Juni einen neuen Tagesrekord mit 135 mm. Starkniederschläge in Bayern führten zu einem Dammbruch und zur Überflutung des Ortes Simbach/Inn mit 7 Todesopfern. Auch anderenorts gab es erhebliche Schäden durch Starkregen und mehrere Tornados. Vom 22.-24. Juni verursachten Gewitter mit häufigem Hagel (teilweise mit einem Durchmesser von 5-10 cm) in den Niederlanden und in Deutschland an hunderten Autos Schäden und zerstörten Solaranlagen, Glashäuser und landwirtschaftliche Anbauflächen mit einem Schaden von 1900 Millionen US$ (gemäß Münchner Rück). Auch Serbien berichtete von neuen Monatsrekorden mit 187 mm an der Station Zrenjanin. Von Afrika kommend führten Gewitter in Griechenland zu enormen Regenmengen von lokal über 200 mm/Tag. In Rumänien kam es im Juni ebenfalls zu mehreren lokalen Gewittern mit Starkregen von über 100 mm, teilweise auch über 150 mm/Tag. Die Gewitterzone reichte bis zur Ukraine, wo lokal neue allzeit Monatsrekorde aufgestellt wurden mit 212 mm oder 326 %. Im russischen Teil des Nordkaukasus verursachte ein kurzes, heftiges Gewitter mit Hagel und Windböen von 28-32 m/s erhebliche Schäden an Glashäusern und Dächern mit mehreren 1000 entwurzelten Bäumen und zwei Todesopfern.

Juli 2016

Nach einem der heißesten Juni 2016 in Russland verstärkte sich dort die Hitze weiter im Juli. Neue Temperaturrekorde wurden von der Barentssee gemeldet und der russische Wetterdienst bezeichnete diesen Juli als den wärmsten in Nordrussland. Auch die Iberische Halbinsel hatte unter Hitze zu leiden. Der portugiesische Wetterdienst berechnete eine mittlere Maximumtemperatur im Juli von 32.2°C und damit die höchste seit 1931, dem Beginn der Analysen.

Karlstein (Österreich) wurde am 21. Juli von einem Tornado der Kategorie F2 heimgesucht mit Spitzengeschwindigkeiten von 61 m/s (220 km/h). Bäume wurden entwurzelt und der damit verbundene Hagel führte zu einer Zerstörung auf einer Fläche von 3500 ha mit einem Schaden von 1 Million Euro.

Der Juli zeichnete sich vielerorts durch heftige Gewitter aus. In der Region Rostov (Russland) führte ein solches am 7. in Belaya Kalitva zu einer Niederschlagsmenge von 80 mm innerhalb von 40 Minuten mit Hagel und Windböen. Georgien verzeichnete Monatssummen von 30-90 % über dem vieljährigen Mittel, die im Westkaukasus mit 170-380 mm sogar das 2-3-fache erreichten, mit lokalen Überschwemmungen und Schlammlawinen, die erhebliche Schäden verursachten. Ein heftiges Gewitter am 6.-7. Juli überquerte Lettland mit Rekordsummen von 81 mm in 12 Stunden sowie Litauen mit 53 mm in 12 Stunden. Tage später, vom 13.-14.7., erreichte eine Gewitterfront den Norden Polens mit ergiebigem Regen von 100-150 mm. Betroffen waren die Städte Danzig und Gdingen mit Überschwemmungen die größere Schäden verursachten. Luxemburg musste wieder mehrere Rekordniederschläge messen, mit 47.5 mm in 60 Minuten, 58.1 mm in 3 Stunden und 60.4 mm in 12 Stunden. Die quasistationären konvektiven Zellen über dem Ernztal ließen Flusspegel ansteigen und führten mancherorts zu Sturzfluten. In Serbien wurde am 16. an der Station Negotin der bisherige Tagesrekord vom 5.7.1970 (67 mm) mit 137 mm/Tag gebrochen, wodurch die Monatssumme auf 340 % anwuchs. Die Station Dolná Poruba (Slowakei) erlebte ebenfalls neue Rekorde am 27.7. mit Niederschlagsmengen von 91 mm in 30 Minuten und 110 mm/1h (128 mm/d). Bis zum Monatsende wurden an weiteren Stationen ebenfalls neue Rekorde erreicht. Dies führte vielerorts zu überfluteten Straßen und Häusern in der Slowakei.

August 2016

Ähnliche Temperaturen wie im Juli zeigten sich auch im August, wobei die höchsten Anomalien in Russland etwas weiter im Süden lagen. Dort wurden gleich mehrmals nacheinander Rekordtemperaturen erzielt. Vom 8.-14.8. stellte sich in Westkasachstan mit Maximumtemperaturen von 40-43°C eine Hitzewelle ein und führten zu einem neuen Rekord. Gleichzeitig meldete vom 5.-13.8. auch Portugal eine Hitzewelle mit überdurchschnittlich vielen heißen (Tmax≥35°C) oder extrem heißen Tagen (Tmax≥40°C). Eine weitere Hitzewelle bildete sich ab dem 23.8. über Frankreich mit Maximumtemperaturen von 35-38°C. Der Flughafen in Luxemburg erreichte am 26.8. eine Höchsttemperatur von 34.9°C. Am selben Tag verzeichnete Norrköping (Schweden) mit 32.7°C die höchste Temperatur des Jahres 2016 und gleichzeitig einen neuen Rekord. Auch die Schweiz blieb von der Hitze nicht verschont. In Genf wurde es der heißeste Tag seit Aufzeichnungsbeginn im Jahre 1864 mit einer Höchsttemperatur von 33.5°C am 27. August.

Auf Madeira (Portugal) kam es vom 8.-10.8. zu verheerenden Waldbränden in der Umgebung von Funchal. Viele Menschen mussten evakuiert werden und es gab Schäden an Häusern und an der Infrastruktur die sich auf 60 Millionen Euro beliefen.

West- und Zentraleuropa waren im August trockener, der Balkan, Teile der Türkei und Nordeuropa regenreicher als normal. Teile der ehemaligen Jugoslawischen Republik Mazedonien wurden am 6.8. von extremen Gewittern heimgesucht, mit neuem Niederschlagsrekord in Skopje von 92.9 mm, gefolgt von einer Springflut. Im Zentralen Europäischen Russland führte eine Gewitterfront zu hohen Niederschlägen in Moskau, wo vom 14.8. (18:00 Uhr) bis 15.8. (18:00 Uhr) 102 mm in Balchug und damit neue Rekorde des täglichen (25.2 mm von 1887), monatlichen (59 mm von 2003) und sommerlichen (63 mm in 1970) Niederschlagssummen aufgestellt wurden.

September 2016

Der September war im Westen und Norden Europas zu warm, im Osten dagegen kühler als normal. Portugal verzeichnete am 6.9. den wärmsten Tag des Jahres mit einem landesweiten Mittel von 38.6°C für die Maximum- und 19.8°C für die Minimumtemperatur. In dieser Zeit meldeten 36 spanische Hauptstationen neue Rekorde der Maximumtemperatur mit bis zu 45.4°C am Flughafen in Cordoba. Am 13. September registrierte Gravesend (Kent, Großbritannien) 34.4°C, ein Höchstwert seit 1911 und damit auch die höchste Temperatur des Jahres für ganz Großbritannien. In den Ländern Zentraleuropas rangiert dieser September auf den oberen 1-3 Rängen. Norwegen registrierte an 43 Stationen neue Monatsrekorde und im Landesmittel war es der wärmste September seit 1900. In Schweden war der September lokal sogar wärmer als der August, was sehr ungewöhnlich ist. Tschechien, Slowakei und die Schweiz beobachteten Monatsanomalien von über +3 K. In Teilen der Schweiz wurde es der wärmste September seit 1864.

Große Teile Europas waren im September trockener, in Griechenland, Süditalien, der Türkei und Südrussland dagegen regenreicher als normal. In Griechenland verursachte ein Cut-Off Prozess vom 6.-9.9. heftige Gewitter mit Starkregen, Überflutungen, Schlammlawinen und lokale Tornados mit 6 Toten. Die Tagesniederschlagshöhen lagen zwischen 100 und 200 mm. In der Wolga-Region und im Ural beendete Starkregen die Dürre mit Monatssummen bis zu 220 mm, das dem 4-fachen des Normalen entspricht.

Oktober 2016

Im Oktober etablierte sich Hochdruck über Skandinavien und Nordeuropa mit einem Kerndruck im Monatsmittel von über 1030 hPa. In Schweden wurde mit 1050.7 hPa in Sveg der höchste je dort beobachtete Bodendruck aufgezeichnet. Dadurch konnte kalte Luft aus Sibirien nach Europa gelangen und nur der äußerste Süden blieb davon verschont. Die kühle Periode begann am 3. und endete am 22. Oktober. Die Schneegrenze in der Schweiz und Österreich fiel auf 1000 m. In Lettland, an der Station Daugavpils, wurde sowohl das landesweite absolute Temperaturmaximum am 2. Oktober mit 19.7°C gemessen als auch das absolute Minimum mit -6.2°C am 13. Oktober. In Litauen erreichten die Monatsanomalien Werte von -1.5 K bis -2.5 K unter dem langjährigen Mittel. Russland verzeichnete meist unterdurchschnittliche Temperaturen, nur im hohen Norden wurden im Gebiet von Novaya Zemlya Anomalien von über +6 K gemessen.

Im Oktober erwies sich Osteuropa feuchter als im vieljährigen Mittel, während der Rest Europas eher trockener blieb. In Weißrussland beendete am 4.10. Starkregen mit bis zu 100 mm/48h die herrschende Dürre. Auch in der Ukraine führte im Gebiet um Odessa Starkregen vom 11.-13.10. zu einem Ende der Trockenzeit mit 12 Stundensummen von 50-78 mm. Die Tagessummen lagen bei 100 mm. Als Folge gab es Überflutungen, gesperrte Straßen, umgestürzte Bäume und Baukräne. Odessa und Bolgrad (Odessa Region) meldeten Monatssummen von 180 mm bzw. 201 mm oder bis zu 700 %. In der Republik Moldawien erreichten die Monatssummen 85-185 mm oder das 3-6-fache der Norm. Es vermeldeten 60% des Staatsgebietes neue Höchstwerte seit Beginn der Analysen. Das Nachbarland Rumänien verzeichnete mit einem Landesmittel von 103.6 mm zwar nur 138 % der Norm, aber in einigen Landesteilen, wie der Moldova wurden 350 % erreicht. Die höchste Abweichung erreichte die Station in Galaţi mit 207.8 mm oder 802 %, davon fielen allein am 11.10. 90.6 mm/d. Die höchste Monatssumme wurde jedoch in der Umgebung in Cudalbi mit 294.7 mm gemessen. Für Irland war der 3. Oktober an manchen Stellen sehr nass mit extremen Tagessummen von über 150 mm an mehreren Stationen. Ein neuer Höchstwert wurde in Cloone Lake mit 198.6 mm gemessen. Im Süden Portugals entstanden aus Gewitterlinien Superzellen und Tornados die am 25.10. Tagesummen von 50 mm, 3-Stundensummen von über 25 mm (bis zu 40 mm) und Stundensummen von über 10 mm ergaben.

November 2016

Der November zeichnete sich durch Monatsanomalien der Temperatur unter -6 K im Norden Russlands und über +2 K im Mittelmeerraum aus. Am 8. November registrierte die Station Folldal-Fredheim in Norwegen eine Minimumtemperatur von nur -33.5°C. In St. Petersburg waren die ersten 10 Tage des November die kältesten der letzten 46 Jahre. Dagegen waren der Süden Russlands und der Kaukasus um den 9. November deutlich wärmer wobei in etlichen Städten neue Rekordtemperaturen erreicht wurden. Die extremen Temperaturen der Arktis wurden an der Station auf der Wiese-Insel (Vize-Island, Kara See, Russland) mit einer Monatsmitteltemperatur von -4.3°C und einer Abweichung von +16.8 K registriert. Auf Spitzbergen erreichten die Anomalien Werte bis zu +10 K.

Europa zeigte sich im Oktober regenreicher als normal, nur Nordrussland, die Türkei, Mitteleuropa und das westliche Großbritannien waren trockener. In Schweden erzielte eine Schneehöhe von 43 cm am 9. November einen Rekord. Kalte und instabile Luftmassen führten in Portugal zu heftigen Schauern mit Gewittern, wobei die Schneefallgrenze von 1200 m am 22.11. auf 900 m am 25. sank. Vom 26.-30.11. sorgten Dauerregen in Griechenland für Überschwemmungen, auch die U-Bahn von Athen war betroffen. In Zakinthos summierte sich der Regen innerhalb von 2 Tagen auf 183.4 mm/48h, in Mitilini wurden innerhalb 36 Stunden 177.2 mm/36h gemessen. Auch in Piemont (Norditalien) führten Dauerregen vom 21.-26. zu Überschwemmungen, wobei Tagessummen von 165 mm am 23.11. und 385 mm in Barge am 24.11.

bzw. 436 mm/24h (bei einer anderen Startzeit) gemessen wurden. Während der 5 Tage registrierte die Station in Piaggia 632.6 mm/5d.

Dezember 2016

Mit Beginn des Winters stellten sich auch wieder die Stürme ein und führten in Irland, Dänemark sowie Österreich zu einigen Schäden.

Ähnlich wie der November waren die Temperaturanomalien im Dezember im Osten Europas, dem Balkan und im Nahen Osten negativ, dagegen im Norden wieder positiv. Auch Frankreich und Nordspanien wiesen unterdurchschnittliche Temperaturen auf. In Norwegen bezifferten sich die Monatsabweichungen auf bis zu +7.4 K und in Schweden auf +8.4 K an der Station Kvikkjokk-Årrenjarka. Im Europäischen Russland lag die maximale Monatsabweichung bei -12 K, es kamen aber auch Tagesanomalien von -15 K bis -20 vor. In Griechenland fiel die Temperatur Ende Dezember auf -3°C und war mit Schneefall verbunden. Im Nordosten Spaniens erreichte der Frost am 30. Dezember -11.0°C in Molina de Aragón und am 31. in Burgos -8.2°C.

Im Dezember waren der Süden Europas trockener, der Norden regnerischer als normal, mit Ausnahme von Schweden und Finnland. Luxemburg verzeichnete mit nur 7.3 mm Monatssumme den zweittrockensten Dezember seit 1947, dem Beginn der Analysen. Ein stabiles Hoch über den Alpen führte in der Schweiz zum trockensten Monat aller Zeiten, in einigen Teilen wurde sogar kein Niederschlag gemessen. Auch Frankreich erreichte nur 20 % des üblichen Niederschlags und zählte damit zu den trockensten Regionen. In der Slowakei wurden lokal nur 2-4 % des normalen Niederschlags erreicht.

Besonders regenreich war der Südosten von Spanien zwischen Valencia und Almeria sowie Ibiza und Mallorca. Die Niederschlagssummen während des Ereignisses vom 16.-22.12. bezifferten sich auf über 450 mm im nördlichen Mallorca und über 350 mm südöstlich von Valencia. An einigen Stationen wurden Tagesmaxima von über 100 mm erreicht. Damit wurden an vielen Stationen neue Tages- und Monatsmaxima erreicht. In Israel war es der regenreichste Dezember seit 1992 mit Monatssummen von 250-300 mm im Norden und in der Küstenebene, entsprechend 200-250 % vom vieljährigen Mittel und beendete damit die Dürre der vorhergegangenen Monate.

Quellen und Referenzen

Allgemein:

Annual Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html)

Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71-99, doi:10.5194/essd-5-71-2013.

Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds., 2017: State of the Climate in 2016. Bull. Amer. Meteor. Soc., 98 (8), Si-S277, doi:10.1175/2017BAMSStateoftheClimate.1.

Mekonnen, A., J. A. Renwick, and A. Sánchez-Lugo, Eds., 2016: Europe and the Middle East [in "State of the Climate in 2015"]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 97 (8), S197–S209.

Dartmouth Flood Observatory (http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html)

Deutsche Rückversicherung 2017: Sturmdokumentation 2016 Deutschland. (https://www.deutscherueck.de/fileadmin/files/Sturmdokumentation_2016_.pdf)

European Severe Weather Database ESWD (http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi)

European Climate Assessment & Dataset ECA&D (http://www.ecad.eu/)

Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie http://www.wettergefahren-fruehwarnung.de/Ereignis/archiv.html

Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201"

Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI – Europe and Middle East (http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html)

Monthly Event Calendars, (http://www.dwd.de/EN/ourservices/rcccm/int/rcccm_int_sse.html)

Münchener Rückversicherung 2017: TOPICS GEO Jahresrückblick 2016. (https://www.munichre.com/topics-online/de/2017/topics-geo/world-map-2016, letzter Zugriff 28.08.2016)

NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2016, published online January 2017, retrieved on August 23, 2017 from https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201613

Satellite Application Facility on Climate Monitoring CM SAF (http://www.cmsaf.eu)

Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) (http://gpcc.dwd.de)

WMO, 2017, WMO statement on the status of the global climate in 2016, WMO-No. 1189 (http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/1189_Statement2016_EN.pdf, accessed 28.08.2017)

Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

Imbery F., K. Friedrich, K.-P. Wittich, R. Fleckenstein, J. Breyer 2016: Klimatologische Einschätzung des Spätsommers 2016 http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20160916_spaetsommer_2016.pdf

ZAMG, 28.04.2016: Ungewöhnlich viel Neuschnee im Süden http://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/news/ungewoehnlich-viel-neuschnee-im-sueden

Schmitt, H.H., Janssen, W., Meinert, T., Wittich, K.-P. 2016: Kurzbericht zur trocken-warmen Witterungsperiode im August/September 2016. http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/duerre/20161006_trockenheit_september.pdf

Ziese M., T. Junghänel, A. Becker 2016: Andauernde Großwetterlage Tief Mitteleuropa entfaltet ihr Unwetterpotential mit starken Gewittern und massiven Schadensgeschehen in Deutschland, http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603_starkregen_mai-2016_meldung.pdf

Das Klima 2016 im globalen Maßstab

S. Haeseler, C. Lefebvre, A. Becker

Das Jahr 2016 war global das wärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen gegen Ende des 19. Jahrhunderts und verdrängte damit die bisher wärmsten Jahre 2015 und 2014 auf die Plätze 2 und 3 in der Rangfolge der Jahre mit der höchsten Globaltemperatur. Im Jahresverlauf wurden die klimatischen Verhältnisse markant durch eine starke El-Niño-Phase geprägt, die sich bereits 2015 ausgebildet hatte.

El Niño Southern Oscillation (kurz: ENSO) bezeichnet ein gekoppeltes Zirkulationssystem von Ozean und Atmosphäre im Bereich des tropischen Pazifiks, das u. a. die Temperatur des Wassers sowie Anzahl und Stärke der Stürme und Niederschläge beeinflusst. Das Zirkulationssystem kann innerhalb eines Jahres und von Jahr zu Jahr stark schwanken und trägt damit zur natürlichen Klimavariabilität auf der Erde bei. [Quelle: DKK]

Bei ENSO werden drei verschiedene Phasen unterschieden:
- warme Phase (El Niño)
- neutrale Phase
- kalte Phase (La Niña)

Sowohl das El-Niño-Ereignis als auch die menschlichen Aktivitäten trugen 2016 zum weiteren Anstieg der CO_2-Konzentration bei, die im globalen Mittel einen neuen Höchstwert von 403,3 ppm erreichte (WMO, 30.10.2017). Geologische Daten zeigen, dass ein vergleichbar hohes CO_2-Niveau zuletzt vor 3 bis 5 Millionen Jahren auftrat. Damals war das Klima 2 bis 3 K wärmer als heute, die Eisschilde Grönlands und der Westantarktis sowie Teile des Ostantarktischen Eises schmolzen, was zu einem 10 bis 20 m höheren Meeresspiegel als heute führte.

El Niño 2015/2016

Anfang 2016 setzte sich die im Frühjahr 2015 entstandene starke El-Niño-Phase fort. Im Mai/Juni 2016 wurde diese durch eine neutrale ENSO-Phase abgelöst. In der zweiten Jahreshälfte herrschten dann neutrale Bedingungen oder schwache La-Niña-Bedingungen vor. Insgesamt zählt das El-Niño-Ereignis von 2015/2016 mit denen der Jahre 1997/1998 und 1982/1983 zu den drei stärksten El-Niño-Ereignissen seit 1950. Folgen des El Niño waren 2016 u.a. eine erhöhte Wasseroberflächentemperatur und Dürren in tropischen Regionen.

Temperatur

Nach Angaben der World Meteorological Organization (WMO, 2017) lag die Globaltemperatur um 0,83 ± 0,1 K über dem Mittel des internationalen Referenzzeitraums 1961-1990 (Abb. 1). Dabei stellt die Globaltemperatur das Mittel der drei Datensätze GISTEMP (Goddard Institute for Space Studies der NASA), NOAAGlobalTemp (National Centers for Environmental Information der NOAA) und HadCRUT (UK Met Office Hadley Centre und der Climatic Research Unit der University of East Anglia) dar. Sowohl die Jahresmitteltemperaturen über Land als auch die über den Meeren waren die bisher höchsten seit Aufzeichnungsbeginn. Die letzten 5 und die letzten 10 Jahre waren die jeweils wärmsten Zeiträume. Die globalen Mittelwerte der Periode 2012-2016 lagen um 0,65 K und die der Periode 2007-2016 um 0,57 K über den Mittelwerten der Bezugsperiode 1961-1990.

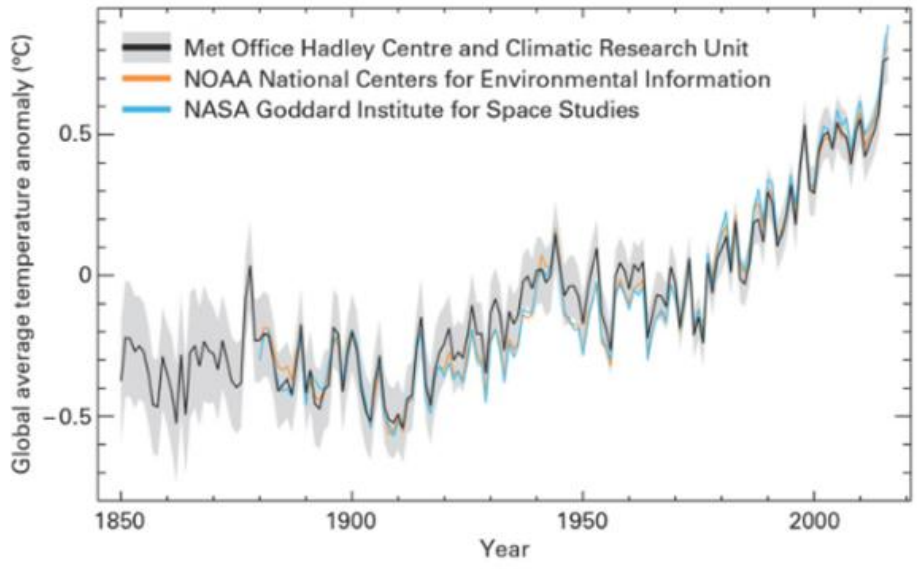


Abb. 1: Verlauf der Globaltemperaturen von 1880 bis 2016 (Quelle: WMO)

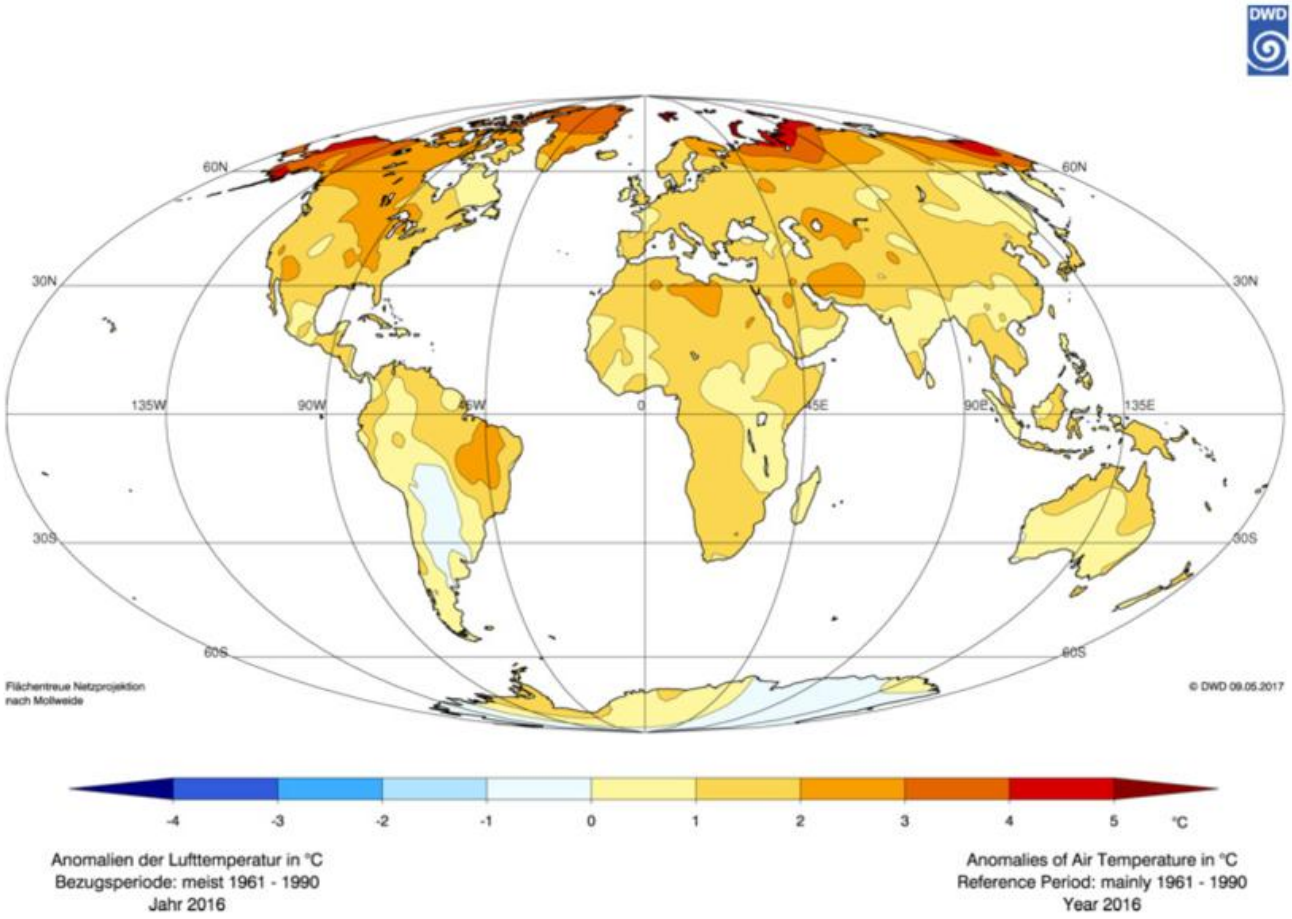


Abb. 2: Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 2016 vom Mittel des Zeitraums 1961-1990 (Quelle: DWD)

Abb. 2 zeigt die globale Verteilung der Temperaturanomalien des Jahres 2016 über den Landflächen. Das Temperaturniveau lag hier verbreitet über dem Mittel der Jahre 1961-1990. Ausnahme bildeten Gebiete in Südamerika, Südwestaustraliens und der Antarktis. In den mittleren und höheren Breiten der Nordhemisphäre war es meist um mindestens 1 K wärmer als im Mittel. Besonders hohe Anomalien ergaben sich in der Nordpolarregion, wo es gebietsweise mehr als 4 K wärmer war als im Mittel.

Europa verzeichnete sein drittwärmstes Jahr. Ungewöhnlich war eine spätsommerliche Hitzewelle in der ersten Septemberhälfte im Westen Europas. Die höchsten Temperaturen traten dabei im Süden Spaniens auf, wo Cordoba am 6. September 45,4°C meldete. Auch viele andere Stationen auf der Iberischen Halbinsel registrierten neue Rekordwerte für September. Am 13. September stieg die Temperatur in Gravesend (England) auf 34,4°C, die höchste Septembertemperatur im Vereinigten Königreich seit 1911. Insgesamt lagen die Monatsmitteltemperaturen für September in Deutschland und Norwegen auf Rekordniveau.

Afrika erlebte sein zweitwärmstes Jahr, wobei die Monate April und August die bisher wärmsten waren, ebenso wie der Zeitraum Juni bis August (Nordsommer). Im Süden Afrikas startete das Jahr mit einer extremen Hitzewelle, die verbreitet für neue Rekordwerte sorgte. In Pretoria wurden mit 42,7°C und in Johannesburg mit 38,9°C am 7. Januar Höchsttemperaturen verzeichnet, die um 3 K und mehr über den örtlichen Allzeitrekorden vor der dortigen Sommersaison 2015/2016, d.h. vor November 2015, lagen.

Für Asien erwies sich das Jahr 2016 als drittwärmstes der Datenreihe. Indien, Thailand Singapur und Neuseeland verzeichneten ihr bisher wärmstes Jahr. Dennoch gab es gebietsweise auch sehr kalte Phasen. Eine besonders markante Kältewelle ereignete sich gegen Ende Januar im Osten Asiens. Sie erfasste insbesondere den Raum vom Osten Chinas bis in den Süden Thailands mit extrem niedrigen Temperaturen. In Guangzhou im Süden Chinas schneite es zum ersten Mal seit 1967 wieder, in Nanning zum ersten Mal seit 1983. Dagegen litten die Menschen im Süden und Südosten Asiens im April und Mai unter extremer Hitze. In Thailand wurde am 28. April mit einer Höchsttemperatur von 44,6°C in Mae Hong Son ein neuer nationaler Rekord aufgestellt. Wenig später, am 19. Mai, wurde dann in Phalodi mit 51°C die höchste bisher verzeichnete Temperatur in Indien gemessen. In Mitribah in Kuwait stieg die Temperatur am 21. Juli sogar auf 54°C. Sofern diese offiziell von der WMO bestätigt wird, ist es die höchste Temperatur, die bisher in Asien ge-

messen wurde. Zu weiteren Extremtemperaturen zählen 53,9°C in Basra (Irak) und 53°C in Delhoran (Islamische Republik Iran), jeweils am 22. Juli gemessen. Letztere stellt einen neuen nationalen Rekord dar.

2016 war Australiens viertwärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. Für den Monat März sowie die Herbstsaison insgesamt (März bis Mai) ergaben sich die bislang höchsten Mitteltemperaturen für den gesamten Kontinent. Tasmanien verzeichnete das wärmste Jahr in der 107-jährigen Datenreihe.

Für Südamerika war 2016 das zweitwärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen. Im Nordosten lagen die Temperaturen verbreitet um mehr als 1 K über dem Mittel von 1961-1990. Weiträumig unterdurchschnittliche Temperaturen wurden dagegen vom zentralen Argentinien, über Paraguay bis ins Tiefland von Bolivien verzeichnet. Zu kühl war es dort vor allem im Herbst (auf der Südhalbkugel März bis Mai) und frühen Winter.

In Nordamerika war 2016 das bisher wärmste Jahr mit dem bisher wärmsten Herbst. Alaska registrierte sein wärmstes, die kontinentalen Gebiete der USA (ohne Alaska) ihr zweitwärmstes und Kanada sein viertwärmstes Jahr. Wärme und Trockenheit führten zu den verheerendsten Waldbränden in der Geschichte Kanadas. Sie begannen im Mai und zerstörten bis Anfang Juli eine Fläche von etwa 590.000 ha. Im Südosten der USA wurden in und um Gatlinburg, Tennessee, Ende November etwa 2.400 Gebäude durch Waldbrände beschädigt oder zerstört, ebenfalls bei ungewöhnlich trockenen Witterungsbedingungen.

Über dem Großteil der Ozeane war es 2016 wärmer als im Mittel. Aber es gab auch einige Gebiete mit unterdurchschnittlichen Temperaturen, wie z.B. südlich von Grönland, im Nordpazifik und im Antarktisraum. Sehr warme Ozeantemperaturen trugen zur signifikanten Korallenbleiche in einigen tropischen Gewässern bei, wie z.B. am Great Barrier Reef östlich von Australien und in der Okinawaregion von Japan. Einige pazifische Inseln berichteten neben einer Korallenbleiche auch von Fischsterben.

Niederschlag

Die globalen Niederschläge waren stark vom Wechsel der ENSO-Bedingungen im Laufe des Jahres beeinflusst. Dadurch gab es große saisonale Unterschiede im Niederschlagsgeschehen. Dürresituationen, die in Zusammenhang mit dem El-Niño-Ereignis standen, besserten sich im Laufe des Jahres in mehreren Regionen, während anderswo Trockenheit zum Problem wurde. Insgesamt bewegten sich die Jahresniederschläge in den meisten Regionen der Erde im Bereich der Durchschnittswerte. Eine Einordnung der Niederschläge als Perzentile des langjährigen Mittels 1951-2010 zeigt Abb. 3. Allerdings können diese jährlichen Abweichungen nur bedingt saisonal aufgetretene nasse oder trockene Perioden wiederspiegeln, da sie sich teilweise übers Jahr ausgleichen.

So fiel im zentralen und westlichen Europa das erste Halbjahr sehr nass, das zweite Halbjahr dagegen zu trocken aus, was insgesamt zu durchschnittlichen Jahresniederschlägen führte. Das Vereinigte Königreich erlebte 2015/2016 den Winter mit den zweithöchsten Niederschlägen. Die nasse Witterung im Mai und Juni führte zu Überschwemmungen, insbesondere in Frankreich und Deutschland. Anschließend verzeichnete Frankreich dann den trockensten Juli und August seiner Datenreihe. Im Dezember war es in Europa (mit Ausnahme Osteuropas) verbreitet deutlich zu trocken. Viele Regionen registrierten weniger als 20 % des gewöhnlichen Dezemberniederschlags.

In weiten Teilen des südlichen Afrikas setzte sich Anfang 2016 eine schwere Dürre fort, die Missernten zur Folge hatte. Eine Entspannung der Lage ergab sich erst in der Regensaison. So lag das Niederschlagsaufkommen im Zeitraum Oktober bis Dezember in der Region im Allgemeinen nahe oder über dem Durchschnitt. Auch Teile Ostafrikas litten 2016 unter Trockenheit. Im Zeitraum Oktober bis Dezember 2016 fiel weiträumig weniger als die Hälfte des üblichen Niederschlags, insbesondere im Osten Tansanias, im Osten Kenias und in Somalia. Es gab beträchtliche Ernteverluste und nicht ausreichend Futter für die Tiere, wie z.B. in Kenia. Allgemein überdurchschnittliche saisonale Niederschläge in der Sahelzone führten in der zweiten Jahreshälfte zu erheblichen Überschwemmungen am Niger. In Mopti (Mali) am oberen Niger erreichte der Pegel am 6. September seinen höchsten Stand seit 1964. Auch aus der Südhälfte des Sudans wurde von schweren Überschwemmungen berichtet. Die Nässe wirkte sich in vielen Teilen des Sahel positiv auf den Pflanzenbau aus. Mali, Niger und Senegal berichteten von Rekordernten.

In Indonesien folgte auf die Trockenheit zu Jahresbeginn, die durch die El-Niño-Bedingungen verursacht wurde, ab Mai eine Phase mit Starkniederschlägen. Mitte Mai waren in Sri Lanka mehrere hunderttausend Menschen von Überschwemmungen und Erdrutschen betroffen. Während des Sommermonsuns, der 2016 in der zweiten Maihälfte über dem Golf von Bengalen einsetzte und Richtung Nordwesten fortschritt, wurde aus verschiedenen Teilen Indiens, insbesondere der Gangesebene, aus Nepal und aus Bangladesch von signifikanten Überschwemmungen berichtet. Im Süden Indiens traten dann insbesondere im letzten Quartal 2016 große Niederschlagsdefizite auf. Mit weniger als 65 % der üblichen Niederschläge war es dort die trockenste Saison. China erlebte 2016 sein nassestes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn mit einem landesweit gemittelten Niederschlag von 730 mm. Überschwemmungen, wie in der Jangtse- und Pekingregion, hinterließen dort enorme Schäden.

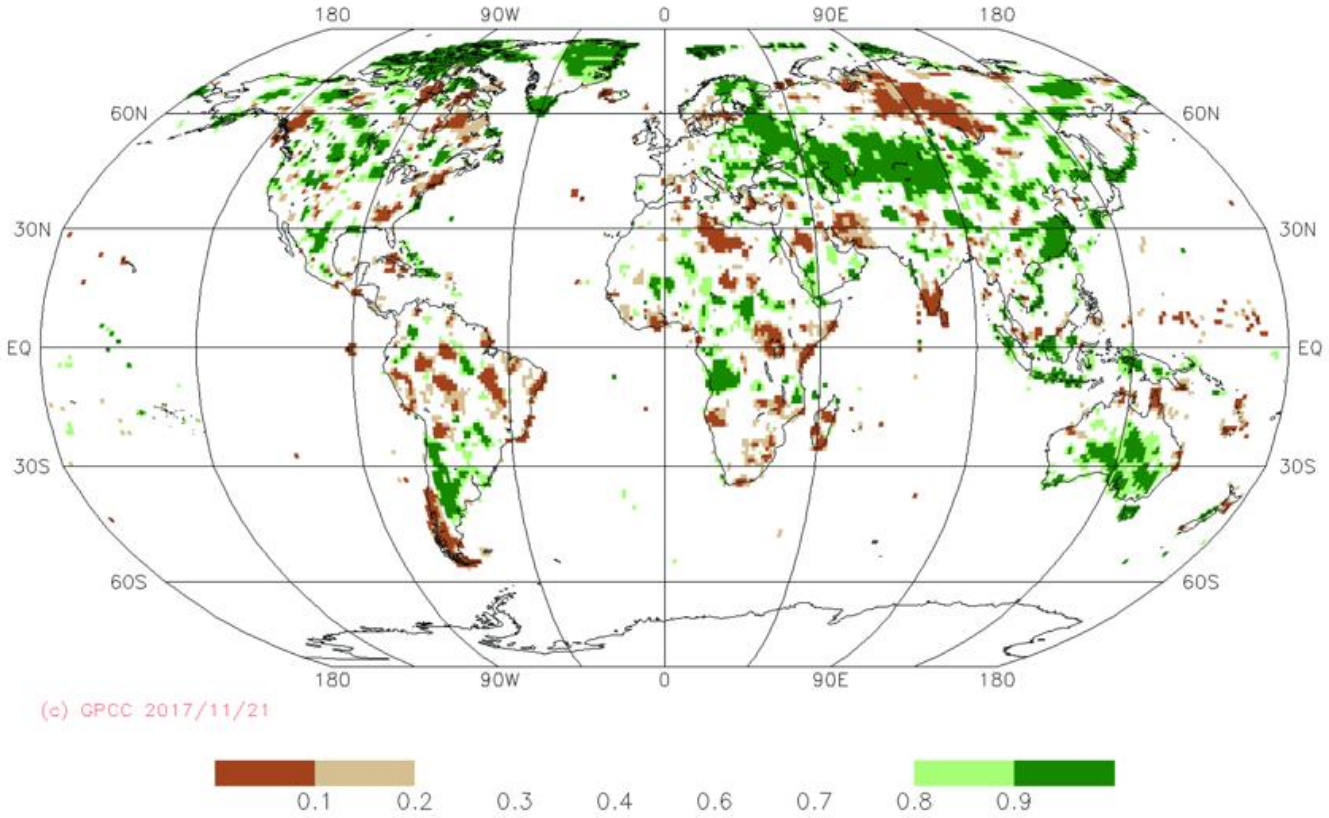


Abb. 3: Niederschlagshöhen des Jahres 2016 als Perzentile vom Mittel des Zeitraums 1951-2010. Gebiete, die 2016 zu den nassesten (grün) oder trockensten (braun) 20 % aller Jahre gehören, sind farbig markiert. Die dunkleren Farbtöne kennzeichnen dabei Gebiete, die sogar zu den nassesten oder trockensten 10 % zählen. (Quelle: Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie, DWD)

Der El Niño 2015/2016 trug zu trockener Witterung im Osten Australiens bei. Auch hier änderten sich nach dessen Ende die Verhältnisse markant. Die Gesamtniederschläge von Mai bis Dezember 2016 lagen in weiten Teilen des Kontinents deutlich über den Normwerten. Im September verzeichneten sogar viele Regionen im Osten Australiens Monatsniederschläge von Rekordhöhe, was zu ausgedehnten Überschwemmungen führte. Bereits Anfang Juni hatten Überschwemmungen an der Ostküste und im Norden Tasmaniens zu Schäden geführt.

Im Südpazifik herrschten gegen Ende 2015 und in den ersten Monaten 2016, wie bei einem El Niño erwartet, ungewöhnlich trockene Bedingungen vor. Betroffen war eine Region, die sich vom südlichen Papua Neuguinea über die Solomon Inseln und Vanuatu bis Fiji, Tonga, Samoa und die südlichen Cook Inseln erstreckte. Erst in der zweiten Jahreshälfte 2016 verbesserte sich die Lage etwas. Port Vila auf Vanuatu verzeichnete dennoch sein trockenstes Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen.

Brasiliens Amazonasbecken und der Nordosten waren 2016 von einer merklichen Dürre betroffen. In diesen Gebieten besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Dürre im späten Stadium eines El-Niño-Ereignisses. Doch selbst nach dem Ende der El-Niño-Phase besserte sich die Lage kaum. Die Flusspegel sanken auf ungewöhnlich niedrige Stände, Ernten fielen geringer aus als üblich. Im südlichen und zentralen Chile sowie im äußersten Süden Argentiniens war es 2016 mit Jahresniederschlägen, die verbreitet um 30 bis 60 % unter den Mittelwerten lagen, sehr trocken. Zum Jahresende brachen Waldbrände aus, deren Ausbreitung durch die Trockenheit und hohe Temperaturen begünstigt wurde.

In Mittelamerika litten Anfang 2016 Staaten wie El Salvador, Guatemala, Honduras und Nicaragua unter einer anhaltenden Dürre.

Einige Gebiete im Süden der USA, insbesondere Louisiana, waren im August von extremen Überschwemmungen betroffen. Teilweise fiel 500 bis 800 mm Niederschlag innerhalb einer Woche. Mehr als 50.000 Häuser und 20.000 Geschäfte wurden beschädigt oder zerstört. Im Südosten der USA war es im Binnenland im Oktober und November besonders trocken. Örtlich fiel in diesen beiden Monaten kaum oder kein Niederschlag, was zu größeren Waldbränden beitrug.

Auf der Nordhemisphäre lag die mittlere jährliche Schneebedeckung 2016 bei 24,6 Millionen km² und damit

um 0,5 Mio. km² unter dem Mittel von 1967-2015. Dies war der zwölftniedrigste Wert, der bislang verzeichnet wurde. Nach überdurchschnittlicher Schneebedeckung im Januar lag die Schneebedeckung von Februar bis Juni deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Die mittlere Ausdehnung im April war sogar die bislang geringste. Im Herbst lag die Schneebedeckung wieder über dem Mittel. In Kanada erreichte sie im Oktober einen neuen Rekordwert. Dies trug dazu bei, dass der Oktober die drittgrößte mittlere Schneebedeckung seit Aufzeichnungsbeginn aufwies.

Der Nordosten der USA erlebte im Januar einen heftigen Schneesturm. Von West Virginia bis in die Region von New York City fielen vom 22. bis 24. Januar mehr als 50 cm Schnee. Im Raum New York wurden an einigen Orten Allzeitrekorde der Neuschneedecke für ein Einzelereignis verzeichnet, wie am JFK International Airport mit 77 cm und in Baltimore mit 74 cm. Die NOAA stufte diesen Schneesturm als Schneesturm mit den viertstärksten Auswirkungen in der Region seit 1950 ein.

Meereis

Die Auswirkungen der überdurchschnittlichen Temperaturen zeigten sich auch in der Arktis und Antarktis. 2016 wurden dort mehrfach neue Minimumrekorde der mittleren monatlichen Meereisbedeckung verzeichnet: in der Arktis in den Monaten Januar, Februar, April, Mai, Juni, Oktober und November und in der Antarktis im November und Dezember (NSIDC). Die mittlere Meereisbedeckung für das gesamte Jahr war 2016 in der Arktis die niedrigste, in der Antarktis die zweitniedrigste seit Beginn der Satellitenbeobachtungen 1979 (NOAA/NASA).

In der Arktis wurde am 24. März 2016 mit 14,52 Mio. km² das Maximum der jährlichen Meereisbedeckung registriert. Es lag knapp unter der bis dahin geringsten maximalen Ausdehnung vom 25. Februar 2015 (14,54 Mio. km²). Am 10. September 2016 erreichte die arktische Meereisbedeckung dann ihr jährliches Minimum (4,14 Mio. km²). Dies war zusammen mit 2007 der zweitniedrigste Wert. Aufgrund der geringen Eisausdehnung waren 2016 die Nordwest-Passage und die Nordost-Passage zeitweise offen und mit Schiffen befahrbar.

Die antarktische Meereisbedeckung lag in den ersten 10 Monaten des Jahres nahe dem Mittelwert der Jahre 1979-2015 und erreichte am 31. August ein saisonales Maximum von 18,44 Mio. km². Eine starke Eisschmelze im südhemisphärischen Frühling führte dann im November zu einem Rekordminimum der mittleren Meereisausdehnung von 14,54 Mio. km².

Tropische Wirbelstürme

Die Aktivität der tropischen Stürme (Mittelwind ab 34 kn bzw. 63 km/h) war 2016 global gesehen nahezu normal. Mit 82 Stürmen lag deren Anzahl nur um 3 unter dem vieljährigen Mittel. Zwei Hurrikans traten schon im Januar auf, was ungewöhnlich war: PALI im zentralen Pazifik und ALEX im Nordatlantik. PALI erreichte die geringste nördliche Breite (2° N) aller Hurrikans in der westlichen Hemisphäre. ALEX war der erste Januar-Hurrikan im Atlantik seit 1938.

Im Nordatlantik bildeten sich 2016 insgesamt 15 tropische Stürme. 7 davon entwickelten sich zum Hurrikan. Der stärkste davon war Hurrikan MATTHEW Ende September / Anfang Oktober, der südlich von Haiti eine Intensität der Kategorie 5 der Saffir-Simpson-Skala erreichte. Er war das meteorologische Extremereignis des Jahres 2016, welches die höchsten Schäden verursachte. In Haiti verschlechterten sich die Ernährungsgrundlage und der Gesundheitszustand der Menschen dramatisch. Gegen Ende November traf Hurrikan OTTO in Nicaragua auf Land. Bisher war noch kein Hurrikan so weit südlich auf Land getroffen.

Im Nordostpazifik gab es 21 tropische Stürme, 5 davon erreichten eine Stärke der Kategorie 3 oder mehr. Die Aktivität lag hier etwas über dem Durchschnitt von 16 Tropenstürmen.

Im Nordwestpazifik traten laut WMO 26 tropische Stürme auf. Der erste tropische Sturm der Saison, NEPARTAK, bildete sich erst sehr spät (Anfang Juli) und entwickelte sich dann gleich zu einem Taifun der höchsten Kategorie. Erst kurz bevor er in Taiwan auf Land traf, wurde er herabgestuft. Taifun MERANTI im September galt als der stärkste Taifun, der in der chinesischen Provinz Fujian je auf Land traf. Er hatte mit 890 hPa den tiefsten Luftdruck aller tropischen Wirbelstürme des Jahres.

In der Südhemisphäre, insbesondere im Bereich von Australien, war die Aktivität tropischer Stürme 2016 unterdurchschnittlich. Australien verzeichnete die geringste Aktivität seit Beginn der Satellitenaufzeichnungen. Rund um den Kontinent entwickelten sich nur 3 tropische Stürme. Im Mittel sind es dagegen 10. Dennoch machten einige südhemisphärische Wirbelstürme von sich Reden. Zyklon WINSTON überquerte im Februar mit einer Stärke der Kategorie 5 die Fiji-Inseln und gilt dort als stärkster verzeichneter Zyklon. Sowohl Fiji als auch Tonga erlitten schwere Schäden. Zyklon FANTALA, der im April südlich der Seychellen 10-Minuten-Mittelwinde von 250 km/h hervorrief, zählt zu einem der stärksten Zyklone im südwestlichen Indischen Ozean.

Quellen und weitere Informationen:

Bureau of Meteorology (BoM), Australia: Annual climate statement 2016.
http://www.bom.gov.au/climate/current/annual/aus/

Deutsches Klima Konsortium (DKK), 2015: Perspektiven für die Klimaforschung 2015 bis 2025. Positionspapier.
http://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen_DKK/DKK_Positionspapier_Mai_2015_Web.pdf

Haeseler S, 2017: 2016: Neuer globaler Wärmerekord. / Globally hottest year on record. DWD, Der Wetterlotse, Ausgabe 6/2016.
https://www.dwd.de/DE/leistungen/wetterlotse/wetterlotse.html

National Snow & Ice Data Center (NSIDC): Low sea ice extent continues in both poles.
http://nsidc.org/arcticseaicenews/2017/01/low-sea-ice-extent-continues-in-both-poles/

NOAA/NASA (2017): Annual Global Analysis for 2016.
https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/NOAA-NASA_Global_Analysis-2016-FINAL.pdf

NOAA, National Centers for Environmental Information (NCEI): State of the Climate.
https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/

World Meteorological Organization (WMO), 2017: WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016. WMO-No. 1189, WMO Geneva.
https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414

World Meteorological Organization (WMO): Highlights of Global Climate 2016.
https://wmo.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=37e7555ce4b1404da1ec2d49bb8b3588

World Meteorological Organization (WMO): Greenhouse gas concentrations surge new record. (Published 30 October 2017)
https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-concentrations-surge-new-record

Ergänzende Berichte sind im Internetauftritt des DWD unter dem Link
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/besondereereignisse.html verfügbar:

Haeseler S, Lefebvre C, Ziese M, 2016: Extremer Blizzard im Osten der USA vom 22. bis 24. Januar 2016.

Haeseler S, 2016: Zyklon WINSTON zieht am 20. Februar 2016 mit extremer Intensität über die Fiji-Inseln.

Haeseler S, Ziese M, 2016: El Niño 2015/2016 und seine klimatischen Folgen im Vergleich zu 1982/83 und 1997/98.

Haeseler S. 2016: Das globale Klima im ersten Halbjahr 2016 mit neuen Rekorden.

Imbery F, Kaspar F, 2017: WMO-Klimabericht 2016: Vielfache Klimarekorde mit globalen Auswirkungen.

Das phänologische Jahr in Deutschland betrachtet von 1997 bis 2016

K. Zimmermann, C. Polte-Rudolf

Einleitung

Das phänologische Jahr wird in 10 phänologische Jahreszeiten unterteilt. Den Beginn einer Jahreszeit markiert kein festgesetztes Datum sondern bestimmte Wachstumsstadien an ausgewählten Pflanzen. Dies sind die sogenannten Leitphasen.

Der Vorfrühling beginnt, wenn die Haselsträucher stäuben und die Schneeglöckchen anfangen zu blühen. Die Forsythienblüte zeigt den Beginn des Erstfrühlings an. Wo sie nicht beobachtet wird, kann die Blattentfaltung der Stachelbeere als Leitphase herangezogen werden. Auf den Erstfrühling folgt der Vollfrühling mit der Apfelblüte und der Blattentfaltung der Stiel-Eiche.

Mit dem Blühbeginn des Schwarzen Holunders und der Robinie setzt der Frühsommer ein. Im Hochsommer blühen die Linden und Johannisbeeren, Süßkirschen können gepflückt werden. Auf den Hochsommer folgt der Spätsommer, der durch die Fruchtreife des Frühapfels und der Eberesche (Vogelbeere) markiert wird.

Der Frühherbst beginnt, wenn Holunderbeeren und Kornelkirschen reif sind. Setzt die Fruchtreife von Rosskastanie und Stiel-Eiche ein hat der Vollherbst begonnen. Abgeschlossen wird der phänologische Herbst vom Spätherbst, dessen Leitphasen die Laubverfärbung der Stiel-Eiche und der Blattfall der Eberesche sind.

Der Winter beendet das phänologische Jahr. Er beginnt mit dem Blattfall der Stiel-Eiche und des spätreifenden Apfels.

Da das Eintreten der eben beschriebenen Pflanzenphasen eng mit der Witterung verknüpft ist, wird nachfolgend gezeigt, welche Phasen besonders stark reagieren und wie sich der Witterungsverlauf auf die Pflanzenentwicklung und damit auf die Länge der phänologischen Jahreszeiten auswirkt.

Damit die Betrachtung der phänologischen Jahre nicht zu unübersichtlich wird, wurden die drei Jahreszeiten des Frühlings, des Sommers und des Herbstes wieder zu einer zusammengefasst. Einen Überblick über Beginn, Ende und Länge der Jahreszeiten in den Jahren 1997 bis 2016 gibt Abb. 1.

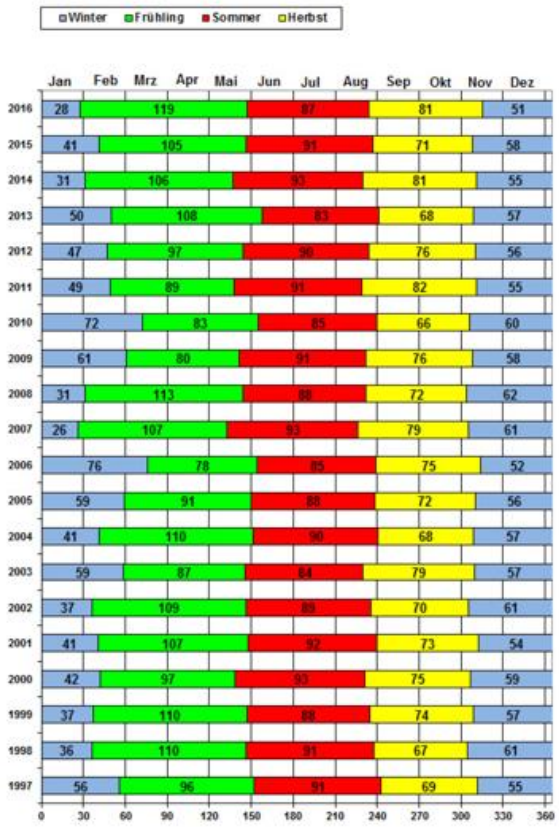


Abb. 1: Das phänologische Jahr in Deutschland 1997 bis 2016
Beginn und Dauer (Tage) der phänologischen Jahreszeiten

1997 – 2016 im Überblick

Beim Betrachten der Abbildung fällt sofort auf, dass sich die phänologischen im Gegensatz zu den kalendarischen Jahreszeiten deutlich in ihrer Länge unterscheiden. Während der Herbst mit maximal 82 Tagen im Zeitraum 1997 – 2016 die kürzeste Jahreszeit darstellte, dauerten Winter und Frühling häufig über 100 Tage. Ferner wird deutlich, dass der Beginn sowohl des phänologischen Herbstes als auch des phänologischen Winters keinen großen Schwankungen unterworfen ist. Dagegen zeigt insbesondere der Beginn des phänologischen Frühlings eine große Variabilität. Das Ende der Winterruhe wird bei Pflanzen vor allem durch den Temperaturanstieg im Frühjahr ausgelöst. Da gerade die Witterung in den ersten Monaten von Jahr zu Jahr stark variieren kann, ist auch die Pflanzenentwicklung in dieser Zeitspanne größeren Schwankungen unterworfen. Anhand einiger ausgewählter Jahre wird im nächsten Abschnitt kurz erläutert werden, welchen Einfluss die Witterung auf Beginn und Länge der phänologischen Jahreszeiten hat.

Ausgewählt wurden folgende Jahre:

2016: Früher und langer Frühling
2009: Später und kurzer Frühling, früher und langer Sommer
2007: Früher Frühlings-, Sommer- und Herbstanfang
2006: Später und kurzer Frühling

Beim Winter fallen die drei sehr langen phänologischen Winter 2005/2006, 2008/2009, 2009/2010 auf.

Phänologisch interessante Jahre

Der frühe Frühlingsbeginn des Jahres 2016 war gekoppelt an den sehr milden Winter 2015/2016. So blühten die ersten Haselsträucher des Bezugsjahres 2016 im Westen Deutschlands bereits Anfang Dezember, so dass dort der Beginn des meteorologischen Winters mit dem Beginn des phänologischen Vorfrühlings zusammenfiel. Im Mittel konnte der Beginn des Vorfrühlings auf den 29. Januar 2016 datiert werden. In der zweiten Januarhälfte wurde die milde Witterungsperiode durch den Zustrom skandinavischer Kaltluft unterbrochen. Danach wechselten sich milde und kalte Perioden ab. Im Mittel waren Januar und Februar zwar zu warm, doch durch das Auf und Ab der Temperaturen verbunden mit Nachtfrösten geriet die Vegetationsentwicklung ins Stocken. Zu Beginn des meteorologischen Frühlings am 1. März herrschte in der Pflanzenwelt immer noch Vorfrühling. Da der Vorsprung der Vegetationsentwicklung immer weiter schrumpfte, verlief die Pflanzenentwicklung im Vollfrühling schon wieder relativ normal. Durch den frühen und langen Vorfrühling sowie einen verlängerten Erstfrühling entwickelte sich der phänologische Frühling 2016 zum längsten Frühling der letzten 20 Jahre (DWD 2016).

Der späte Frühlingsbeginn in den Jahren 2006 bzw. 2009 ist eine Folge der langen Winter 2005/2006 bzw. 2008/2009. Diese Winter sowie der Winter 2009/2010 zeichneten sich vor allem dadurch aus, dass sie die Bezeichnung Winter wirklich verdienten. Zum Teil heftige Schneefälle und unterdurchschnittliche Temperaturen (gemessen an der internationalen Referenzperiode 1961–1990) machten diese Winter aus. Da die winterlichen Temperaturen bis zur letzten Märzdekade wetterbestimmend blieben, entwickelte sich die Vegetation zunächst schleppend aber mit dem spätestens im April erfolgten Temperaturanstieg setzte eine rasante Entwicklung ein. Diese führte, wie z.B. 2006, zu einem sehr komprimierten Frühling. Nach einer langen Winterruhe entwickelten sich mit den merklich steigenden Temperaturen im Frühling alle Phasen sehr schnell hintereinander, so dass der Übergang von Vor-, Erst- und Vollfrühling eher fließend war. Im Jahr 2009 führten die relativ warmen Frühlingsmonate April und Mai außerdem dazu, dass der Frühsommer, eingeleitet durch die Holunderblüte, gemittelt über ganz Deutschland bereits in der letzten Maidekade einsetzte. Die weitere Vegetationsentwicklung in dem Sommer verlief normal, so dass der Sommer 2009 eher zu den längeren der letzten 20 Jahre zählte.

Ähnlich wie 2016 ging der frühe Frühlingsbeginn 2007 einher mit dem extrem milden Winter 2006/2007. Da auch der Frühling 2007 extrem warm und zusätzlich noch sonnig war, die Pflanzenentwicklung also nicht durch Spätfröste gestört wurde, war er deutlich kürzer als der Frühling 2016. Die Frühjahrswitterung begünstigte, ähnlich wie 2009 (s.o.), den Beginn der Holunderblüte und damit auch den Beginn des Frühsommers. Auf die frühe Holunderblüte folgte eine frühere Fruchtreife, und damit stellte sich auch der phänologische Herbst früher als in den Vorjahren ein.
Nach diesen Betrachtungen, die sich auf den oberen Teil von Abb. 1 bezogen, sollte auch noch ein Blick auf die untere Hälfte geworfen werden. Generell fällt auf, dass die jährliche Schwankungsbreite im Zeitraum 1997–2002 relativ gering ist. Nur im Jahr 1997 fing der Frühling, bedingt durch einen sehr frostigen Januar, später an. Ansonsten verhielt sich die Witterung in dem o.a. Zeitraum eher jahreszeitengerecht, so dass es auch bei der Pflanzenentwicklung keine Überraschungen gab.

Damit zeigen die phänologischen Jahre 1997 bis 2016 sehr deutlich, dass die Variabilität der Jahreszeiten, insbesondere des Frühlings und des Sommers stark zugenommen hat, während beim Herbst der Beginn über den ganzen Zeitraum zwischen Mitte August und Anfang September schwankt. Allerdings fällt in den letzten sechs Jahren auf, dass der phänologische Herbst tendenziell etwas länger wird.

Literatur

DWD:
http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/produkte/jahreszeiten/jahreszeiten.html

DWD (2016): Pressemitteilung: Deutscher Wetterdienst zur Pflanzenentwicklung im Winter 2015/16

50 Jahre Beobachtung, Dokumentation und Auswertung der Erstankunftstermine heimkehrender Zugvögel im Vogtland - eine Analyse zwischen 1967 und 2016

W. Friedel, S. Ernst

1.Einleitung

Nachdem eine vollständige 50-jährige ornithologische Beobachtungsreihe vorliegt, sollen die Auswertungsergebnisse mit diesem Beitrag der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden und gleichzeitig wollen wir die Jahrzehnte währende ehrenamtliche Tätigkeit der ornithologischen Beobachter auf diese Weise würdigen. Ohne sie hätten diese Auswertungen überhaupt nicht erfolgen können.

Über die Verfrühung der Erstankunftszeiten häufiger Zugvogelarten im Vogtland wurde unter Einbeziehung analoger aber kürzerer Datenreihen bereits mehrfach berichtet (ERNST 2013, FRIEDEL & ERNST 2014, FRIEDEL 2016b). Der in diesen Arbeiten festgestellte Trend zur Verfrühung setzte sich bei den meisten der 25 untersuchten Vogelarten fort.

Uns kam es erneut darauf an, die Abhängigkeit tier- und pflanzenphänologischer Prozesse im jahreszeitlichen Verlauf von Klimafaktoren, insbesondere vom Temperaturniveau, auch quantitativ zu belegen und zu zeigen, dass in der Jahresperiodik ein enger Zusammenhang zwischen der Ankunft der Zugvögel im Frühjahr und dem Pflanzenwuchs besteht.

2. Material

Die nachfolgend benannten Datenreihen standen für die statistische Bearbeitung zur Verfügung:

- Daten der mittleren jährlichen Erstbeobachtung von 25 Vogelarten im Vogtland, getrennt nach 17 Langstreckenziehern (LZ) und 8 Kurz- und Mittelstreckenziehern (KMZ) im Zeitraum 1967 – 2016 (Abb. 1 – 3),
- Pflanzenphänologische Reihe des Blühbeginns der Forsythie im Deutschlandmittel von 1967 – 2016 (Abb. 4),
- mittlere Frühjahrstemperaturanomalie Deutschlands (März bis Mai) im genannten Zeitraum (Abweichung zur Referenzreihe 1961 – 1990) (Abb. 5).

3. Methodik der Auswertung

Zur Ermittlung der erforderlichen Parameter der Verlaufskurven, des Grades der Beziehungen zwischen den Merkmalen sowie weiterer statistischer Maßzahlen wurden die Datenreihen üblichen Regressions- und Korrelationsuntersuchungen unterzogen. Damit erhielten wir Angaben:

- zum mittleren Erstankunftstermin (EAK) in Tage ab Neujahr,
- zum Regressionskoeffizienten b, der die Neigung der Geraden als Verfrühung (VF) pro Jahr (oder in 50 Jahren) angibt,
- zum Korrelationskoeffizienten r, der den Grad der Abhängigkeit von der Zeitachse (1967 – 2016) oder zwischen zwei Merkmalen vermittelt,
- zur frühesten und spätesten Ankunft zwischen 1967 und 2016 (FA und SA) in Tage ab Neujahr sowie
- zur Varianz als Maß der Streubreite im Gesamtbestand der 25 Zugvogelarten und getrennt nach Langstreckenziehern (LZ) sowie Kurz- und Mittelstreckenziehern (KMZ) in Tage.

4. Ergebnisse

Die Untersuchung der vorliegenden Datenreihen mittels der genannten mathematisch statistischen Methoden erbrachte die in den Tab. 1 und 2 zusammengefassten Ergebnisse.

Zugvögel Gesamtbestand LZ und KMZ	EAK Erstankunft (Tage ab Neujahr)	VF Verfrühung (Tage in 50 Jahren)	ρ Korrelationskoeffizient	FA Früheste Ankunft (Tage ab Neujahr)	SA Späteste Ankunft (Tage ab Neujahr)	V Varianz (Tage)
25 VA	99,2	-13,4	-0,86	90,3	108,6	20,6
17 LZ	112,3	-12,6	-0,89	103,8	119,7	16,9
8 KMZ	71,3	-15,6	-0,66	59,0	88,8	47,4

Tab. 1: Angaben zu charakteristischen Merkmalen der Ankunft von Zugvögeln im sächsischen Vogtland. Die mittleren statistischen Maßzahlen der Zugvogelgruppen wurden durch Trendanalysen im Zeitraum zwischen 1967 und 2016 ermittelt. (Abkürzungen: VA – Zugvogelarten, LZ – Langstreckenzugvögel, KMZ – Kurz- und Mittelstreckenzugvögel).

Zugvogelart	Typ	EAK	VF	r	FA	SA
Kuckuck	LZ	115,4	-12,2	-0,57	95	129
Mauersegler	LZ	113,5	-15,6	-0,76	101	125
Neuntöter	LZ	124,9	-11,2	-0,55	103	138
Rauchschwalbe	LZ	91,5	-14,1	-0,67	77	105
Mehlschwalbe	LZ	108,9	-27,4	-0,84	88	131
Waldlaubsänger	LZ	113,5	-14,1	-0,63	101	128
Fitis	LZ	94,2	-8,7	-0,41	83	111
Zilpzalp	KMZ	75,2	-15,1	-0,53	55	96
Sumpfrohrsänger	LZ	129,6	-11,3	-0,54	120	143
Gelbspötter	LZ	126,4	-0,3	-0,03	121	135
Mönchsgrasmücke	KMZ	96,1	-33,2	-0,87	75	126
Gartengrasmücke	LZ	120	-15,1	-0,81	106	129
Klappergrasmücke	LZ	105,8	-11	-0,53	93	117
Dorngrasmücke	LZ	118,2	-14,7	-0,66	106	130
Sommergoldhähnchen	KMZ	80,2	-12,9	-0,35	66	112
Singdrossel	KMZ	57	-12,6	-0,36	34	75
Grauschnäpper	LZ	124,4	-12,8	-0,53	107	136
Trauerschnäpper	LZ	109,4	-10,6	-0,6	95	126
Braunkehlchen	LZ	112,2	-18,2	-0,67	100	133
Hausrotschwanz	KMZ	73,2	-16,2	-0,67	59	88
Gartenrotschwanz	LZ	101,4	-11,8	-0,55	87	117
Heckenbraunelle	KMZ	66,8	-10,1	-0,39	53	86
Baumpieper	LZ	100,1	-7,5	-0,41	89	113
Bachstelze	KMZ	59,1	-10,6	-0,39	42	75
Rohrammer	KMZ	62,7	-13,3	-0,53	50	83

Tab. 2: Angaben zu charakteristischen Merkmalen der Ankunft von Zugvögeln im sächsischen Vogtland. Die statistischen Maßzahlen der einzelnen Zugvogelarten wurden durch Trendanalysen im Zeitraum zwischen 1967 und 2016 ermittelt. Angegeben sind von jeder Vogelart folgende mittlere Werte:

- EAK Erstankunft in Tagen ab Neujahr (Mittelwert)
- VF Verfrühung innerhalb von 50 Jahren in Tage entsprechend der Trendformel
- r Korrelationskoeffizient der Verlaufskurve
- FA Frühester Ankunftstermin entspr. Trendanalyse von 1967-2016
- SA Spätester Ankunftstermin entspr. Trendanalyse von 1967-2016

Bedeutung der Abkürzungen: LZ Langstrecken-Zugvögel, KMZ Kurz- und Mittelstrecken-Zugvögel, VA Zugvogelart.

Mathematisch-statistische Untersuchung der verwendeten Datenreihen und der Beziehungen ihrer Merkmale untereinander

Die statistische Überprüfung erfolgte allgemein mit der vorgegebenen geringen Irrtumswahrscheinlichkeit von <1 % (in Ausnahmefällen bis <5 %) entsprechend den theoretischen Grundlagen der mathematischen Statistik nach Weber (1967).

Die einbezogenen 50-jährigen tier- und pflanzenphänologischen sowie Klimareihen stellen Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten dar. Ihre Trends mit den berechneten Regressions- und Korrelationskoeffizienten bestätigen in fast allen Fällen die statistisch gesicherte lineare Abhängigkeit der Merkmale von der Zeitachse 1967 – 2016 und der Zufallsgrößen untereinander.

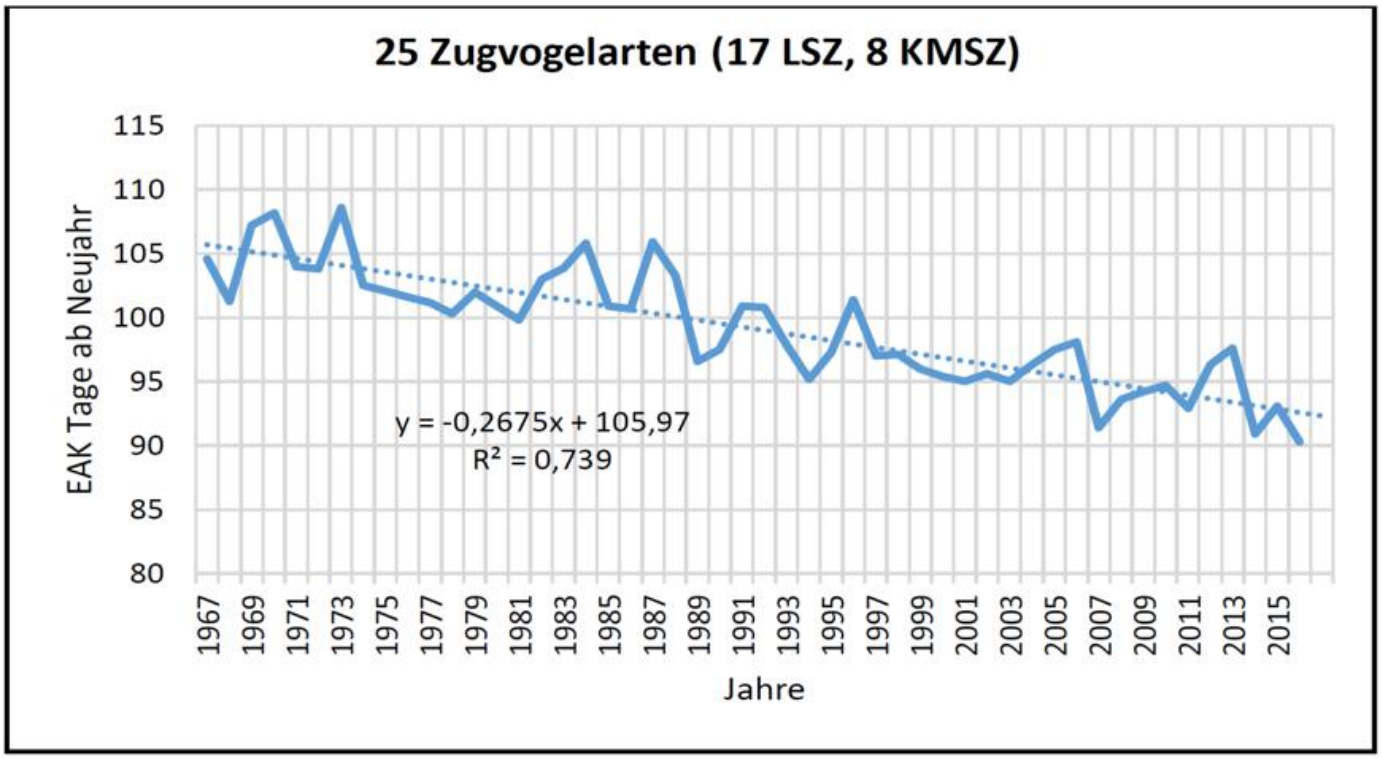


Abb.1: Linearer Trend der mittleren Erstankunftstermine von 25 Vogelarten im Vogtland zwischen 1967 und 2016. Entsprechend der Trendberechnung betrug die Verfrühung -13,4 Tage innerhalb der 50 Jahre.

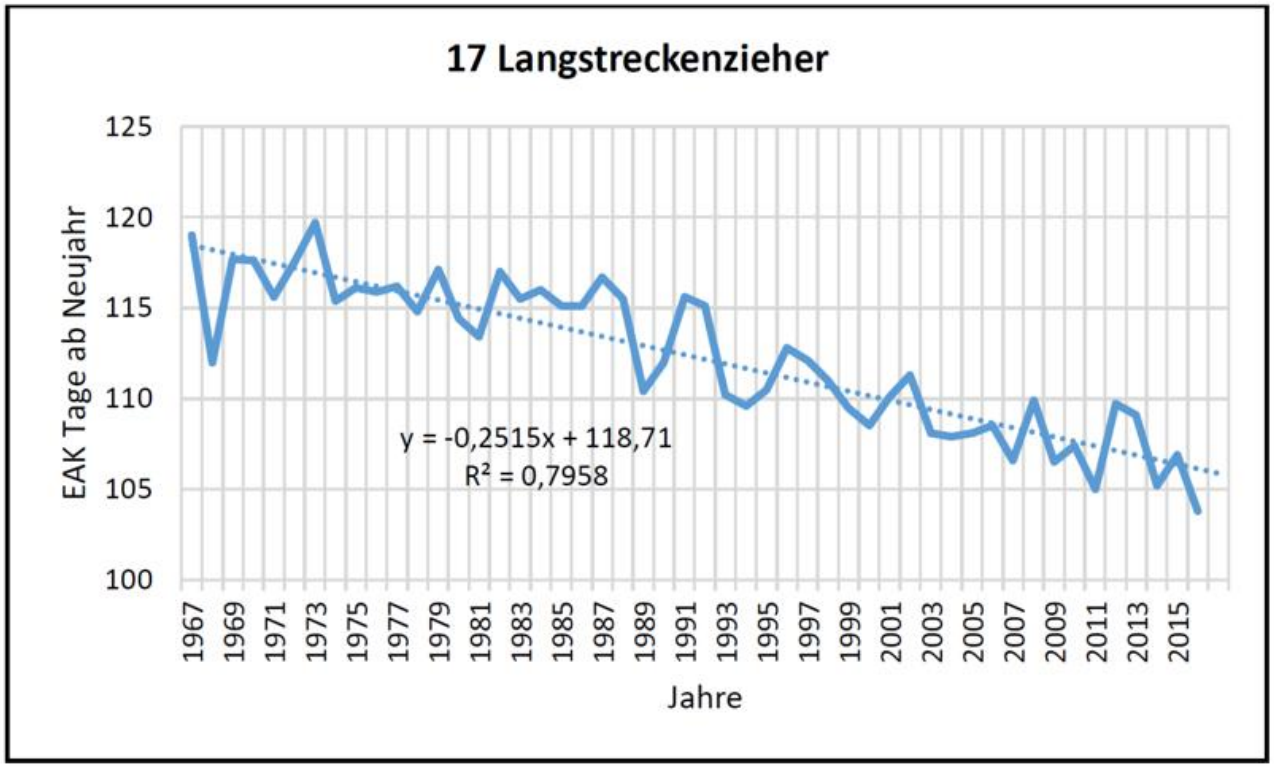


Abb.2: Linearer Trend der mittleren jährlichen Erstbeobachtungstermine von 17 Langstrecken-Zugvogelarten zwischen 1967 und 2016 im Vogtland. Entsprechend der Trendberechnung betrug die Verfrühung -12,6 Tage innerhalb der 50 Jahre.

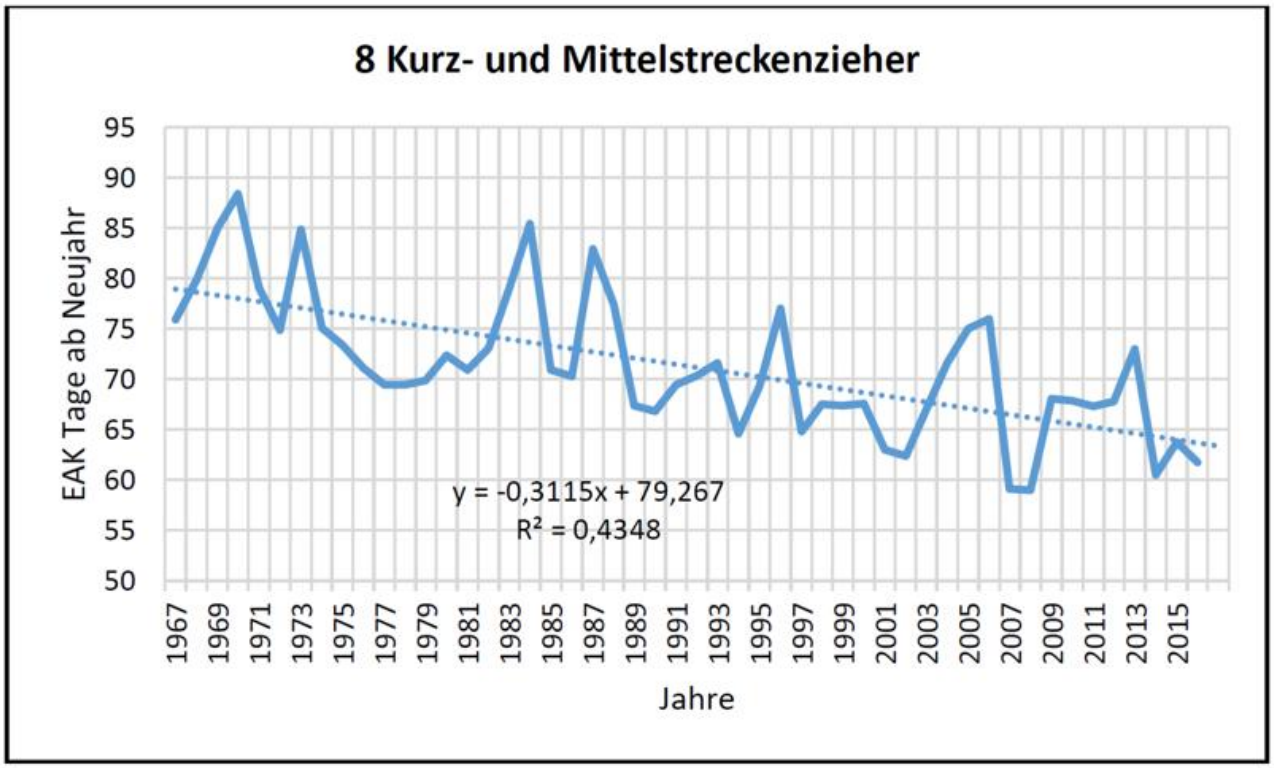


Abb.3: Linearer Trend der mittleren jährlichen Erstbeobachtungstermine von 8 Kurz- und Mittelstrecken-Zugvogelarten zwischen 1967 und 2016 im Vogtland. Entsprechend der Trendberechnung betrug die Verfrühung -15,6 Tage innerhalb der 50 Jahre.

4. Diskussion

Die Auswertung der untersuchten Daten von 25 Vogelarten zusammen ergab entsprechend Abb. 1 und der Tab. 1 einen hochgesicherten Trend zur Verfrühung zwischen 1967 und 2016.
Betrachtet man die Langstreckenzieher (LZ) getrennt von den Kurz- und Mittelstreckenziehern (KMZ), so zeigt sich wie erwartet, dass die Verfrühung beider Zugvogeltypen innerhalb der 50 Jahre ebenfalls mit der geringen Irrtumswahrscheinlichkeit < 1 % statistisch gesichert ist, wobei die KMZ sich stärker verfrühen, also eher auf den steigenden Temperaturtrend im Beobachtungszeitraum reagieren. Veränderte Umwelteinflüsse haben einen geringeren Einfluss auf das überwiegend endogen geprägte Zugverhalten der Langstreckenzieher, die ihrem Namen „Kalendervögel" auch mit der auffallend geringen Streubreite (Varianz) gerecht werden (siehe dazu auch Abb. 2 und 3 sowie Tab. 1).

Der festgestellte Trend zu divergierenden Ankunftszeiten zwischen den beiden Zugvogelgruppen LZ und KMZ wird sicherlich Auswirkungen auf die Verhaltensweisen der einzelnen Vogelarten im Brutgebiet haben. Diesbezügliche Untersuchungen werden sich wohl zukünftig verstärkt erforderlich machen.

Die 25 Vogelarten neigen natürlich auch einzeln mehr oder weniger zur Verfrühung (siehe Tab. 2). Mit Ausnahme des Gelbspötters sind alle weiteren 24 Verlaufskurven statistisch gesichert. Der Verfrühungstrend der Sommergoldhähnchen- sowie der Singdrosselpopulation ist mit <5 % Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant. Von den anderen 22 Zugvogelarten kann mit der sehr geringen Irrtumswahrscheinlichkeit von <1 % die in Tab. 2 angegebene Verfrühung der Ankunft bestätigt werden.

Analysen über 50 Jahre spiegeln natürlich stets den Zustand des Untersuchungszeitraumes 1967-2016 wider, sind also nicht geeignet, prognostisch nach vorne zu schauen. Sich vollziehende Klimaveränderungen, auch abrupte, können zu angepassten Verhaltensnormen der Zugvogelarten und so durchaus zur Umkehr bisheriger Trendverläufe führen.

Mit den angefügten Anlagen werden der Zusammenhang zwischen tier- und pflanzenphänologischen Erscheinungen im jahreszeitlichen Verlauf und der Einfluss der Frühjahrstemperaturanomalie auf den Ankunftstermin der Zugvogelarten ergänzend dargestellt.

Anlage 1: Demonstration des Zusammenhanges zwischen tier- und pflanzenphänologischen Prozessen im jahreszeitlichen Verlauf

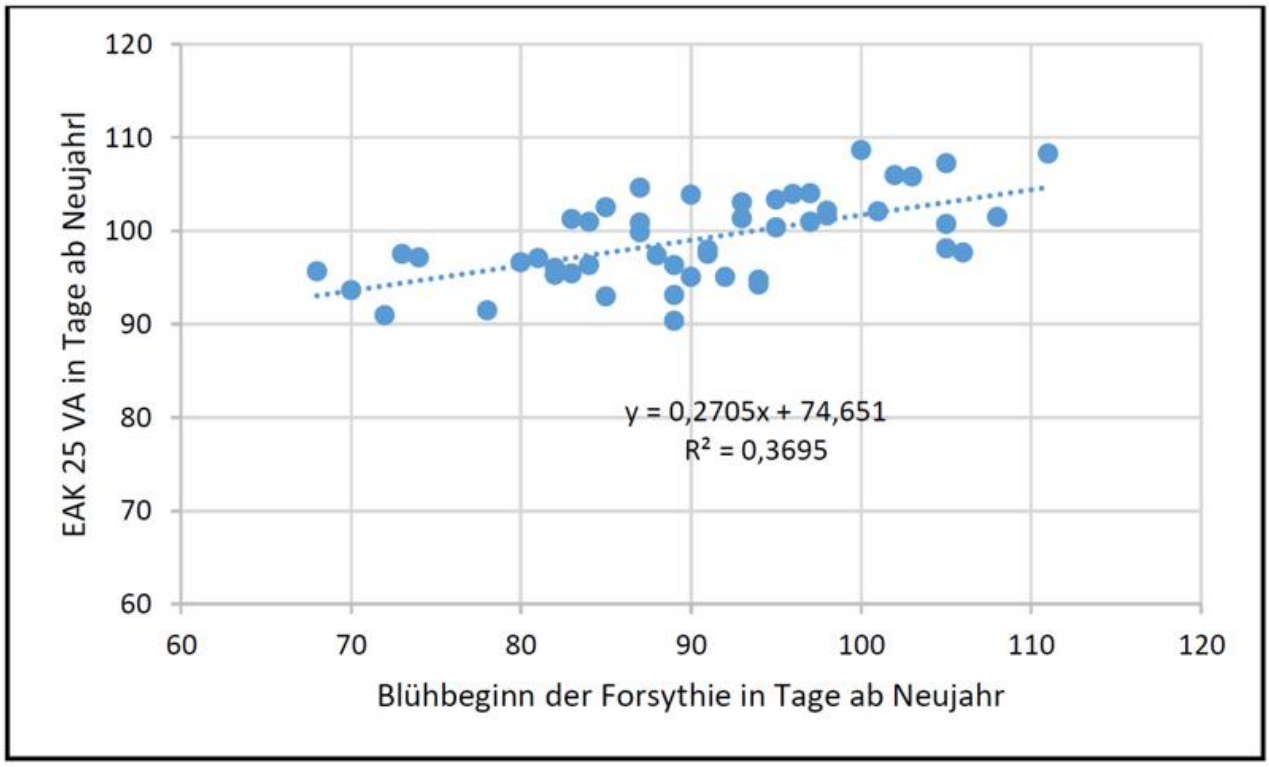


Abb.4: Zusammenhang zwischen dem Blühbeginn der Forsythie im Deutschlandmittel (Erstfrühling) und der beobachteten mittleren Erstankunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland zwischen 1967 und 2016.

Alle Vorgänge in der Natur verlaufen koordiniert unter dem direkten Einfluss der großräumigen Luftmassenzufuhr. So wird das Wachstum der Pflanzen unter anderem von der Advektion kalter oder warmer, feuchter oder trockener Luftmassen beeinflusst. Gleiches gilt für das Verhalten von Tieren, auch für den Vogelzug im Frühjahr, denn die Prozesse der globalen Zirkulation der Atmosphäre stehen untereinander in Verbindung, beeinflussen einander. Keine Region befindet sich abgeschirmt im Glashaus. So ist entsprechend Abb. 4 beispielsweise ein enger Zusammenhang zwischen dem Blühbeginn der Forsythie im Deutschlandmittel und den Daten der mittleren Erstbeobachtung von 25 Zugvogelarten im Vogtland zu erkennen. Blüht die Forsythie am 90. Tag nach Neujahr, so fällt die mittlere Ankunft der 25 Zugvogelarten im Durchschnitt auf den 99. Tag. Der statistisch gesicherte Zusammenhang (Irrtumswahrscheinlichkeit $< 1\ \%$) lässt sich auch anders formulieren: Blüht die Forsythie spät, dann treffen die Zugvögel spät ein und umgekehrt.

Anlage 2: Zusammenhang zwischen der Frühjahrstemperaturanomalie und der Ankunft von Zugvögeln im Vogtland

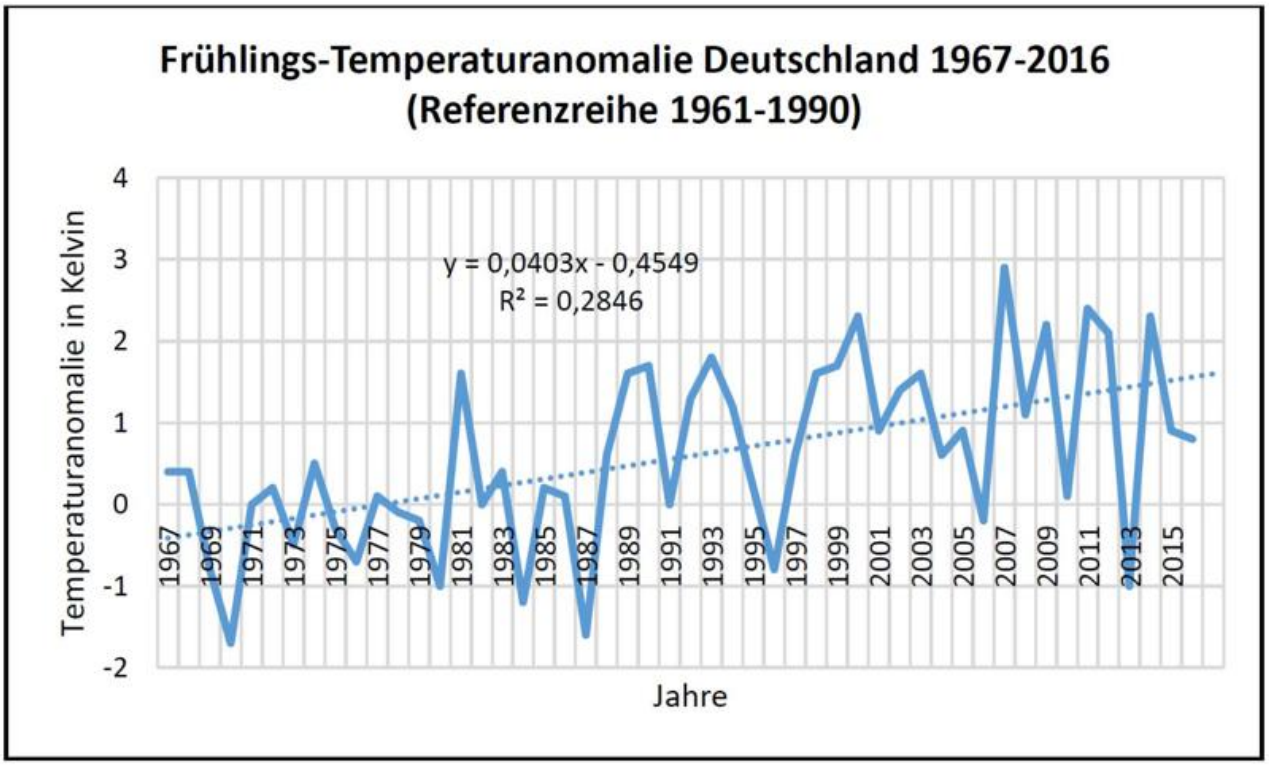


Abb.5: Linearer Trend der Frühjahrstemperaturanomalie Deutschlands zwischen 1967 und 2016. Entsprechend der Trendberechnung erhöhte sich die Temperaturanomalie um 2,0 Grad innerhalb der 50 Jahre.

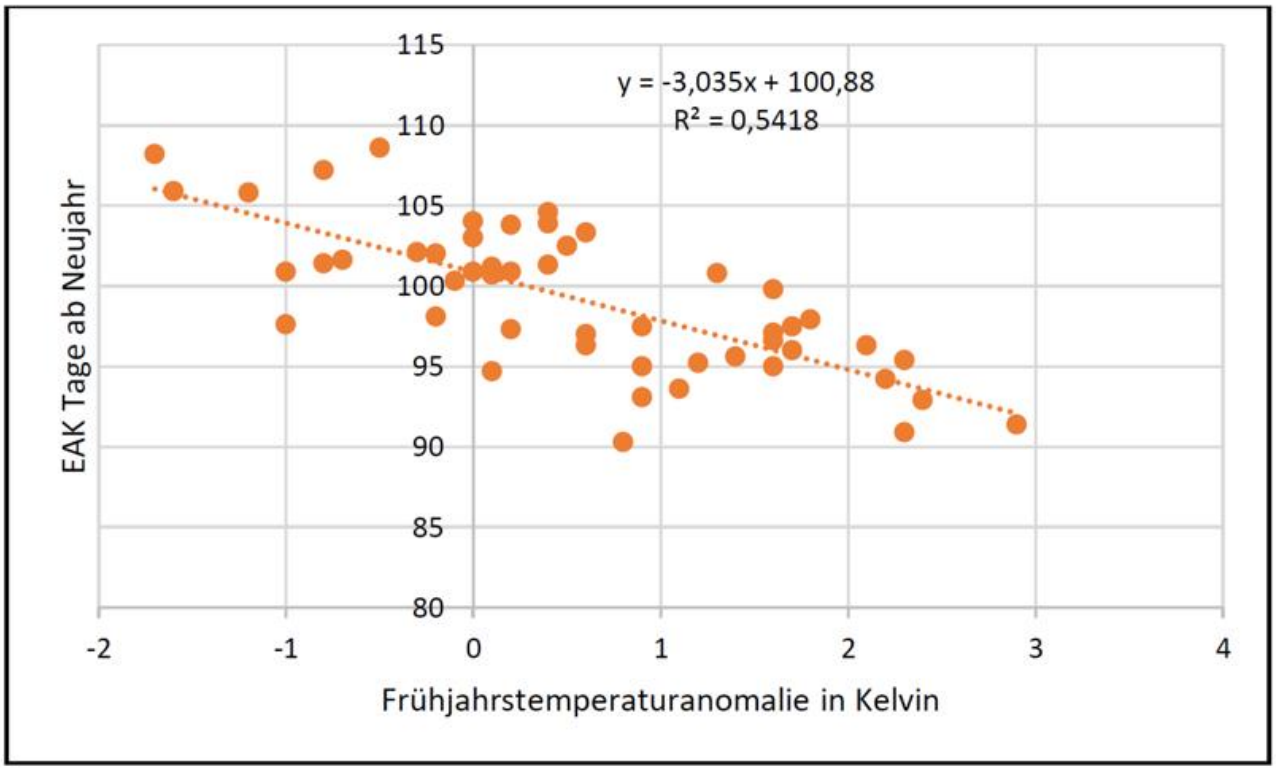


Abb.6: Zusammenhang zwischen der Frühjahrstemperaturanomalie (März bis Mai) im Deutschlandmittel und der beobachteten mittleren Erstankunft (EAK) von 25 Zugvogelarten im Vogtland zwischen 1967 und 2016.

Zwischen dem Temperaturniveau im Frühjahr, dargestellt als mittlere Temperaturanomalie Deutschlands von März bis Mai und der beobachteten mittleren Erstankunft (EAK) von 25 Zugvogelarten im Vogtland besteht eine gesicherte Abhängigkeit (Irrtumswahrscheinlichkeit < 1 %). Erhöht sich die Temperaturanomalie um 1 Grad, so verfrüht sich die Erstankunft der 25 Zugvogelarten im Durchschnitt um 3 Tage. Das heißt, je höher das Temperaturniveau Mitteleuropas im Frühjahr ausfällt, umso früher treffen die Zugvögel ein. Ursächlich bestimmt aber die großräumige Zirkulation der Atmosphäre sowohl die Temperaturverhältnisse unserer Region wie auch den Ablauf des Vogelzuges.

Zusammenfassung:

Mit Hilfe der 50-jährigen vogtländischen Beobachtungsreihe der Erstankunft von heimkehrenden Zugvögeln war es möglich, verlässliche Angaben zu einem erheblich veränderten Zugverhalten (auch jeder einzelnen Vogelart) zwischen 1967 und 2016 zu gewinnen. Sowohl die Langstreckenzieher (LZ) als auch die Kurz- und Mittelstreckenzieher (KMZ) kehren signifikant früher aus den Überwinterungsgebieten zurück. Dieser Trend stimmt bei hoher statistischer Sicherheit mit pflanzenphänologischen Verlaufskurven, beispielsweise mit dem Termin des Blühbeginns der Forsythie (Erstfrühling), überein. Die Einbeziehung des Umweltparameters Temperaturanomalie ermöglichte es, den Einfluss des ansteigenden Temperaturniveaus im Frühjahr auf die Verfrühung der Zugvögel als auch des Blühbeginns von Pflanzen quantitativ zu belegen.

Literatur:

Datenbank sklima: Datenbankauswertungen für ausgewählte Phänologie-Stationen Deutschlands von 1951-2016

ERNST, S. (2013): Veränderung der Ankunftszeiten von 25 häufigen Zugvogelarten im sächsischen Vogtland in den Jahren 1967-2011. - Mitt. Ver. Sächs. Ornithol. 11: 1-14.

FRIEDEL, W. (2014a): Untersuchungen zu den klimatischen Ursachen der veränderten Erstankunftszeiten von Zugvögeln im Frühjahr im Vogtland. – Phänologie-Journal Nr. 42.

FRIEDEL, W. (2014b): Ist ein gesicherter Zusammenhang zwischen der Erstankunft von Zugvögeln im Vogtland und Klimaparametern (regionales Temperaturmittel, Kältesumme sowie NAO-Index) mittels statistischer Methoden feststellbar? - Beitragsreihe zur Witterung und zum Klima im mittleren Vogtland, Heft 12: 22-34.

FRIEDEL, W. (2015): Zusammenhang zwischen den Spätwinter- und Frühjahrstemperaturen im Vogtland und phänologischen Datenreihen. – Beitragsreihe zur Witterung und zum Klima im mittleren Vogtland, Heft 13: 39-42.

FRIEDEL, W. (2016a): Neue Untersuchung zum Einfluss der mittleren Spätwinter- und Frühjahrstemperatur auf das Datum der Erstankunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland mit Hilfe der Trendanalyse. - Beitragsreihe zur Witterung und zum Klima im mittleren Vogtland, Heft 14: 39-42.

FRIEDEL, W (2016b): Untersuchung tier- und pflanzenphänologischer Zusammenhänge in Abhängigkeit von Klimafaktoren anhand vieljähriger Beobachtungs- und Messreihen. - Mitt. Ver. Sächs. Ornithol. 11: 413-423.

FRIEDEL, W. & S. ERNST (2014): Besteht ein Zusammenhang zwischen den veränderten Erstankunftszeiten von Zugvögeln und dem Temperaturtrend im Vogtland? - Mitt. Ver. Sächs. Ornithol. 11: 195-200.

Wetterzentrale Forum: Abweichung des Deutschen Temperatur-Flächenmittels zwischen 1881-2016 von den Werten der Referenzperiode 1961-1990 (Datenquelle: DWD – Deutscher Wetterdienst)

Weber, Erna (1967): Grundriss der biologischen Statistik, 6. Auflage, Gustav Fischer Verlag Stuttgart

Das Deutsche Klimabeobachtungssystem

Um sicherzustellen, dass die zur Untersuchung klimarelevanter Fragestellungen erforderlichen Beobachtungen und Informationen allen potentiellen Nutzern zur Verfügung stehen, wurde 1992 von der Weltorganisation für Meteorologie (World Meteorological Organization, WMO) und anderen UN-Organisationen das globale Klimabeobachtungssystem (Global Climate Observing System, GCOS) eingerichtet. Derzeit sind 55 relevante Klimavariablen (ECVs – Essential Climate Variables) für den atmosphärischen, ozeanischen und terrestrischen Teil des Klimasystems definiert. GCOS überwacht die Verfügbarkeit von Beobachtungen nationaler Institutionen zu diesen ECVs durch nationale GCOS Koordinatoren.

Auf nationaler Ebene wurde im Herbst 1992 beim Deutschen Wetterdienst (DWD) das deutsche GCOS-Sekretariat mit einem deutschen GCOS Koordinator eingerichtet.

Zu den Aufgaben gehören heute:

- Erstellung des Nationalberichtes über Klimabeobachtungssysteme für die Vertragsstaatenkonferenz zur Klimarahmenkonvention;
- Kontakt zu operationellen Diensten, Universitäten und Großforschungseinrichtungen in Deutschland, die einen nationalen Beitrag zur Klimaüberwachung und Klimaforschung leisten;
- Unterstützung der deutschen Mitglieder in GCOS Gremien;
- Kontakt zum internationalen GCOS-Sekretariat bei der WMO;
- Mitarbeit in internationalen GCOS-Gremien;
- Kontakte zu GCOS-Koordinierungsstellen in anderen Ländern.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben findet jedes Jahr ein nationales GCOS-Treffen mit Teilnehmern aus verschiedenen Behörden und Forschungseinichtungen statt. Daher ist das deutsche GCOS-Sekretariat direkt der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie (IMAA) zugeordnet.

Die Publikation „Die deutschen Klimabeobachtungssysteme - Inventarbericht zum Global Climate Observing System (GCOS)“ gibt einen guten Überblick.

Weitere Informationen sind unter: www.gcos.de, der Inventarbericht unter „GCOS-Publikationen“ oder gcos.wmo.int zu finden.

Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 21. Jahrhundert

R. Fleckenstein, K. Friedrich, S. Kósa-Rieß

Deutschland liegt in der gemäßigten Klimazone, wobei der Westen eher maritim, der Osten Deutschlands hingegen mehr kontinental geprägt ist. Die Jahresmitteltemperatur für Deutschland beträgt 8,2°C (vieljähriges Mittel 1961-1990). Der kälteste Monat ist der Januar mit einer Mitteltemperatur von -0,5°C und der wärmste Monat ist der Juli mit einer Mitteltemperatur von 16,9°C. Der meiste Niederschlag wird im Monat Juli mit ca. 85 mm beobachtet. Im Februar werden durchschnittlich 50 mm Niederschlag registriert. Trotz der recht ausgewogenen Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse kann es, je nach vorherrschender Witterungssituation, zu Extremereignissen kommen. In den Wintermonaten kann polare Kaltluft nach Deutschland fließen und die Temperaturen über mehrere Tage im zweistelligen Minusbereich verharren lassen. In den Sommermonaten kann Warmluftadvektion aus dem Mittelmeerraum und intensive Sonneneinstrahlung über Deutschland zu Hitzeperioden führen. Oft sorgen dabei stabile Hochdruckgebiete dafür, dass der Einfluss der Westwindzirkulation auf Mitteleuropa ausgesetzt bzw. umgelenkt wird. Langanhaltende Niederschlagsereignisse haben oft ihren Ursprung in Tiefdruckgebieten, die vom Mittelmeer ausgehend unser Witterungsgeschehen beeinflussen. Aber auch Witterungsabschnitte, in denen über längere Zeiträume nur sehr wenig Niederschlag beobachtet wird, sind möglich. Eine Kombination von verschiedenen Ereignissen mit geringer Relevanz kann auch zu einem Extremereignis führen, wenn z.B. eine Kälteperiode durch feuchte Verhältnisse abgelöst wird und dabei erhebliche Straßenglätte entsteht. An Luftmassengrenzen kann es zur Entwicklung von extremen Gewittern oder Starkniederschlagsereignissen kommen. Starke Tiefdruckgebiete in der Westwindzone können Orkane auslösen. Auch Tornados werden immer wieder in Deutschland beobachtet. Somit ist fast das gesamte Spektrum von extremen Wetter- und Witterungsereignissen über Deutschland möglich. Dabei können die Ereignisse eine sehr unterschiedliche geografische Ausbreitung aufweisen. Starkniederschläge haben oft nur eine sehr kleine räumliche Ausdehnung, können aber auch verheerende Folgen haben, so wie langanhaltende großräumige Niederschlagsereignisse. Auch die zeitliche Ausdehnung von Extremereignissen ist sehr unterschiedlich. Extreme Sturmereignisse haben eine recht kurze Andauer von meist nur wenigen Stunden. Hitzeperioden können über mehrere Tage oder sogar Wochen anhalten. Das Schadenspotential von Extremereignissen ist ein weiterer Aspekt. Langanhaltende Hitzeperioden können sich besonders auf die Gesundheit von älteren Menschen negativ auswirken und damit hohe Mortalitätsraten verursachen. Vorsorgemaßnahmen können den Einfluss solcher Ereignisse wesentlich mindern. Bei kurzfristigen Ereignissen wie Stürmen oder Starkniederschlägen müssen ganz andere Vorsorgemaßnahmen getroffen werden. Über die Analyse von Extremereignissen ist es möglich, die Auswirkungen und Folgen der Ereignisse zu beziffern, um das Gefahrenpotential von künftigen Wetterkapriolen einschätzen zu können.

Die in der Beschreibung der Extremereignisse genannten Messwerte stammen aus dem Messnetz des Deutschen Wetterdienstes oder sind abgeleitete Werte aus diesen Messungen. Die Stationen, an denen die Messwerte erhoben werden, sind nach international gültigen Kriterien eingerichtet, so dass die Messwerte repräsentativ für die Region sind, in der die Messung erfolgt. Nach der Messung sorgen Prüfroutinen für eine hohe Datenqualität. Die Informationen über Personenschäden und materielle Schäden sind Angaben, die meist der Presse oder den Veröffentlichungen von Versicherungsunternehmen (z.B. Munich RE) entnommen wurden. Diese Angaben können durchaus fehlerbehaftet sein. Um aber die Schwere von Extremereignissen einschätzen zu können, ist die Angabe der Schäden wichtig, auch wenn diese Informationen nicht immer vollständig bzw. fehlerfrei sind.

Durch die immer weiter verbesserte Vorhersagequalität lassen sich viele Extremereignisse rechtzeitig vorhersagen. Stellt man sich auf die Extremsituationen ein, kann viel Schaden vermieden werden. Der Deutsche Wetterdienst gibt z.B. über die Internetseite (https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_gemeinden/warnWetter_node.html) oder über die Warnwetter-App (https://www.dwd.de/DE/leistungen/warnwetterapp/warnwetterapp.html) amtliche Warnungen über bevorstehende Wetterereignisse heraus. Einige sehr schwere Unwettersituationen werden in Berichten des Deutschen Wetterdienstes ausführlich erörtert. Diese Berichte sind unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/besondereereignisse.html zu finden.

Mit der zunehmenden Klimaerwärmung wird auch mit einer Zunahme von Extremereignissen gerechnet. Ein aktuelles Forschungsthema ist die Attributierung von Extremereignissen. Dabei versucht man, die Ursachen für meteorologische Extremereignisse herauszufinden und den Anteil des Klimawandels an der Entstehung der Ereignisse herauszuarbeiten. Dieser Fragestellung kann in dieser Zusammenschau leider nicht nachgegangen werden.

Neben den in der Tabelle aufgeführten Ereignissen gibt es eine Vielzahl weiterer Ereignisse, die aber nicht alle aufgezählt werden können. Deshalb haben wir bei der Auswahl eine starke Priorisierung vorgenommen und hier die Ereignisse aufgeführt, die eine hohe Relevanz für

Deutschland haben, da sie von der räumlichen oder zeitlichen Ausdehnung oder von dem entstandenen Schaden als außerordentlich einzustufen sind.

Bissolli et al. 2002 haben einen Überblick über die Extremereignisse im 20. Jahrhundert gegeben. Unsere Aufzählung kann als Weiterführung dieser Veröffentlichung gesehen werden.

Literatur

Bissolli, P. , Göring, L., Lefebvre, Ch. (2002): Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 20. Jahrhundert. Klimastatusbericht 2001, DWD Offenbach

Zeitraum	**Ereignisbeschreibung**
Okt 2001	wärmster Oktober seit Aufzeichnungsbeginn 1881, am 2.10. im Süden hochsommerlich warm 12,5°C Monatsmitteltemperatur +3,5 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) Temperaturmaximum (2.10.): 28,8°C Stuttgart (Neckartal) 27,9°C Stuttgart (Schnarrenberg) 27,9°C Karlsruhe 27,1°C Mannheim
18. Jun 2002	Rekordtemperaturen in Süd- und Westdeutschland mit neuen Monatsrekorden Temperaturmaximum: 37,5°C Frankfurt/Main 37,2°C Karlsruhe 36,8°C Köln-Bonn 36,6°C Mannheim
10. Jul 2002	schwere Unwetter im Raum Berlin mit Sturmböen 120 km/h Berlin-Dahlem (FU) 120 km/h Berlin-Tegel 7 Tote, Störungen im Bahn- und Flugverkehr, Ausnahmezustand durch Feuerwehren ausgerufen, zahllose Bäume umgestürzt
Aug 2002	katastrophale Elbeflut, auch an den Nebenflüssen, in den Städten schwere Schäden durch Überflutungen, wochenlange Hilfseinsätze während die Hochwasserwelle durch Deutschland zieht, Vb-Wetterlage im Südosten und Osten Deutschlands durch Tief Ilse 312 mm Zinnwald-Georgenfeld (12.8., bisher höchste Niederschlagsmenge in 24 h) 158 mm Dresden-Klotzsche (12.8.) 21 Tote, 11,6 Milliarden € Sachschaden durch Überflutungen (Munich RE)
25.-28. Okt 2002	Orkane in Deutschland durch Tief Irma (26.10.) und Tief Jeanett (27.10.) 183 km/h Fichtelberg (Erzgebirge) (27.10.) 177 km/h Brocken (27.10.) 11 Tote, 50 Verletzte, enorme Sachschäden durch Windbruch, Zugverkehr und öffentlicher Nahverkehr in den Städten kam zum Erliegen, 2000 Mio. € Gesamtschäden (Munich RE)
10. Jun 2003	Tornado in der Eifel, Gemeinde Acht F3 Tornado und schwere Gewitter Sachschäden an Häusern und Autos

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Aug 2003	extreme Hitzewelle über West- und Süddeutschland, im Südwesten Deutschlands herrschte eine 14-tägige Jahrhunderthitze durch Hoch Michaela 40,2°C Karlsruhe (9.8. und 13.8.) 40,2°C Freiburg (13.8.) 9000 Tote, 1500 Mio. Gesamtschaden (Munich RE)
Sommer 2003	wärmster Sommer in Deutschland seit Aufzeichnungsbeginn (1881), hohe Anzahl an Sommertagen im Oberrheingraben 19,7°C Durchschnittstemperatur im Sommer +3,4 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) über +4 K Temperaturanomalie in Süddeutschland 54 aufeinanderfolgende Sommertage in Karlsruhe (7.7.-29.8.)
23./24. Jun 2004	Tornados in Sachsen-Anhalt (Micheln) und Schleswig-Holstein (Marne) durch Tief Yasna F3 Tornado in Micheln F2 Tornado in Marne 2 Tote, mehrere Verletzte, 275 Häuser beschädigt in Micheln, 14 Häuser in Marne
23. Jul 2004	Unwetter in Bonn und im Rhein-Main-Gebiet mit großen Überschwemmungen, Städte wie Bonn, Mainz, Offenbach und Würzburg stehen nach sintflutartigen Regenfällen teilweise unter Wasser Niederschlagssummen: 52 mm Offenbach/Main (Zentrallabor) 43 mm Bonn-Roleber 38 mm Frankfurt-Main 43 mm Mainz-Lerchenberg (ZDF) (bis 2008 Station in der Mainzer Innenstadt) entwurzelte Bäume, abgedeckte Dächer und Straßenüberflutungen
12. Aug 2004	Unwetter im Ruhrgebiet und in Bayern Niederschlagssummen: 74 mm Werne-Wessel 55 mm Essen-Bredeney 14 Verletzte
8. Jan 2005	Orkan über Norddeutschland durch Tief Erwin 166 km/h Brocken 154 km/h Leuchtturm Kiel 148 km/h List auf Sylt 1 Verletzter, der Fährverkehr zu den Nordseeinseln wurde eingestellt, Bahnverkehr in Schleswig-Holstein durch umgestürzte Bäume gestört
29. Jun 2005	schwere Unwetter in der Mitte und im Süden Deutschlands 116 mm Hersbruck (bei Nürnberg) 100 mm Hachenburg (im Westerwald) 71 mm Lissendorf (in der Eifel) 13000 Blitze in einer Stunde auf dem Bundesgebiet registriert 1 Verletzter, überflutete Keller und Unterführungen in Darmstadt, Groß-Gerau, Nürnberger Raum und bei Köln, Blitzschläge lösten Dachstuhlbrände aus, im Bodenseegebiet stürzten Bäume auf Bahnoberleitungen, Blitzschlag im Stellwerk Niedernhausen führt zu Störungen im Bahnverkehr zwischen Limburg und Frankfurt, Flughafen Frankfurt vorübergehend gesperrt

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Ende Aug 2005	heftiger Dauerregen im Alpenvorland und am Alpenrand Niederschlagssummen (19.-28.8.): 266 mm Balderschwang 255 mm Kochel-Einsiedl (Kraftwerk) 238 mm Wertach-Bichel 5,36 m Isarpegel in München 1 Toter, Katastrophenalarm in einigen südbayerischen Landkreisen, Garmisch-Partenkirchen vorübergehend von der Außenwelt abgeschnitten, Bad Tölz und Wasserburg teilweise überflutet, der Ort Eschenlohe bei Garmisch stand teilweise 1,50 m unter Wasser
3. Jan 2006	zu Jahresbeginn heftige Schneefälle im süddeutschen Raum, vor allem Bayern hohe Schneemengen im Berchtesgadener Land: 91 cm Berchtesgaden (davon 47 cm Neuschnee) 106 cm Bischofswiesen-Winkl 53 cm Bad Tölz 15 Tote, in Bad Reichenhall stürzte das Dach einer Eissporthalle durch enorme Schneelast ein, in Aying bei München das Dach einer Lagerhalle
3. Dekade Jan - Mitte Feb 2006	extrem kalte Witterungsperiode mit Eisregen und Schnee -23,6°C Ueckermünde (23.1.) -17,1°C Saldenburg-Entschenreuth (30.1.) -15,2°C Buchen, Kr. Neckar-Odenwald (3.2.) -23,5°C Sohland/Spree (5.2.) -21,2°C Oberstdorf (13.2.) mehrere Todesopfer durch Erfrieren, eisglatte Straßen und Autobahnen führten in Ballungsgebieten zu Verkehrschaos
3.-5. Mrz	heftige Schneefälle im Hunsrück, Rheinhessen, Südhessen und Unterfranken (3.3.), in den Folgetagen in Süddeutschland über 15 cm (örtlich 23 cm) Neuschnee im Frankfurter Raum, Schneehöhen am 4.3.: 17 cm Frankfurt/Main 17 cm Würzburg 28 cm Hahn (im Hunsrück) 50 cm München-Stadt (5.3.) 38 cm Freiburg im Breisgau-Sankt Georgen (5.3.) Verkehrschaos zur rush-hour am Nachmittag (3.3.) im Rhein-Main-Gebiet, 570 Flüge fielen in Frankfurt aus
29. Jun 2006	schwere Unwetter im Hunsrück, Baden, Süd- und Ostbayern, Hagelunwetter in Trossingen Hagelkörner in Trossingen 10 cm Niederschlag: 41 mm Hahn (im Hunsrück) 55 mm Hohenpeißenberg mehr als 100 Verletzte, massive Schäden an Hausdächern, Fensterscheiben und Autos nach Hagelschlag
Jul 2006	ungewöhnlich heißer und sonnenscheinreicher Juli, wärmster Juli seit Aufzeichnungsbeginn, siebenwöchige Hitzeperiode zwischen 9.6. und 30.7. 22°C Durchschnittstemperatur +5 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) 334 h Sonnenscheindauer +59 % Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) (bisher wärmster Juli 1994 um 0,7 K übertroffen) 38,9°C Bernburg/Saale (Nord) (Tmax 20.7.)

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Herbst 2006	nach heißem Früh- und Hochsommer geriet auch der Herbst deutlich zu warm, bisher wärmster Herbst seit Beginn der Messreihe 12°C Durchschnittstemperatur +3,2 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990)
18. Jan 2007	schwerer Orkan in Deutschland durch Tief Kyrill Orkanböen 203 km/h Wendelstein 199 km/h Brocken 177 km/h Zugspitze 145 km/h Düsseldorf 13 Todesopfer in Deutschland, enorme Schäden in ganz Deutschland, Bahnverkehr wurde abends fast gänzlich eingestellt, der S-Bahnverkehr lief in Ballungszentren auf Notbetrieb, Schulunterricht fiel am Nachmittag weitestgehend aus, das Stromnetz brach regional zusammen, 37 Millionen Kubikmeter Holz fielen dem Sturm in den Deutschen Forsten zum Opfer, am schwersten betroffen waren die Waldfluren in Nordrhein-Westfalen, in Frankfurt fielen 207 Flüge aus, 4200 Mio. € Gesamtschäden (Munich RE)
Winter 2006/2007	außergewöhnlich warmer Winter, alle drei Wintermonate waren wärmer als das vieljährige Mittel 1961-1990 4,4°C Durchschnittstemperatur +4,1 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990)
Apr 2007	außergewöhnlicher warmer, sonniger und trockener April, einige Regionen (vor allem in Hessen und Rheinland-Pfalz) verzeichneten keinen Niederschlag 11,5°C Durchschnittstemperatur +4,1 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) 289 h Sonnenscheindauer +88 % Abweichung
1. Mrz 2008	Orkan wütet in Deutschland und den Nachbarländern durch Tief Emma über 100 km/h in den Niederungen Orkanböen: 223 km/h Wendelstein 191 km/h Zugspitze 6 Todesopfer und zahlreiche Verletzte in Deutschland (europaweit 14 Tote), Sturmflut in Hamburg überschwemmte den Fischmarkt, Sperrungen von Bahnstrecken da Bäume in Oberleitungen fielen bzw. die Gleise blockierten, viele Bäume stürzten auf Straßen- und Gehwege, mehrere Personen wurden durch umstürzende Bäume erschlagen
23./24. Mrz 2008	ungewöhnlich kalte Witterung zwischen 10 und 40 cm Schnee in den Hochlagen auch in den Niederungen temporäre Schneedecke Tageshöchstwerte nur wenig über dem Gefrierpunkt 10 Tote, sehr viele Schwerverletzte, viele Sachschäden an Fahrzeugen durch witterungsbedingte Unfälle und Massenkarambolagen

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
29.-31. Mai 2008	schwere Unwetter vor allem im Westen und Süden Deutschlands, örtlich über 50 mm Niederschlag 62 mm Heimbach-Düttling (29.5.) 61 mm Beuren (Hochwald) (29.5.) 71 mm Ranstadt-Ober-Mockstadt (in der Wetterau, 30.5) 68 mm Gilserberg-Moischeid (nordöstlich von Marburg, 30.5.) 66 mm Hirschhorn (Neckar) (30.5.) 4 Verletzte, Bäume stürzten um, Keller wurden überflutet, Brände von Wohnhäuser durch Blitzschlag in Baden-Württemberg, Schlamm, Geröll und Wassermassen blockierten viele Straßen rund um Freiburg/Breisgau, Hagelkörner richteten Schäden an Autos in Krefeld an
2./3. Jun 2008	sehr schweres Unwetter im Killertal (Hechingen/Zollernalbkreis), das Unwetter hatte im Raum Hechingen katastrophale Ausmaße 79 mm Hechingen (2.6.) 3 Tote, 11 Verletzte, Stromausfall, Autos und kleine Brücken wurden durch die Wassermassen mitgerissen, Überflutung der Kläranlage Hechingen
1. Dekade Jan 2009	Wintereinbruch in Deutschland, teilweise herrscht mäßiger bis starker Dauerfrost mit ungewöhnlich tiefen Temperaturminima verbreitet -15 und -20°C in der Nacht 6./7.1. in der Mitte Deutschlands -28°C Dippoldiswalde-Reinberg (6.1.) -26°C Lippstadt-Bökenförde (in Westfalen, 7.1) -25°C Garsebach bei Meißen (7.1.) meist nur dünne Schneedecke lediglich 20 cm Schnee in Ostthüringen und Sachsen 3 Tote, viele Verletzte (darunter Schwerverletzte), durch Schneefälle und dadurch bedingter Glätte kam es auf Straßen und Autobahnen, sowie im innerstädtischen Verkehr zu zahlreichen Unfällen mit teilweise kilometerlangen Staus, Beeinträchtigungen im Flugbetrieb, auch der Bahnverkehr war betroffen (zugefrorene Signal- und Weichenanlagen)
3.-7. Jul 2009	sintflutartige Regenfälle und taubeneiergroße Hagelkörner gebietsweise in Deutschland (in Wesel (Niederrhein) und Wassertrüdingen (Franken) Niederschlagssummen (3.7.): 56 mm Kleve 54 mm Arnstein-Müdesheim 51 mm Gaildorf 3 Tote, Sachschäden durch Blitzeinschläge, Straßen und Tunnels durch heftige Regen- und Hagelniederschläge unpassierbar, Bahnstrecke München-Garmisch-Partenkirchen vorübergehend gesperrt, Feuerwehreinsätze im Ruhrgebiet (780 in Essen und 450 in Düsseldorf)
18./19. Dez 2009	markanter Kaltlufteinbruch aus Nordost, Schneefälle im Norden, später auch in der Mitte und im Süden Temperaturmaximum vielerorts < -10°C Temperaturminimum: -24°C Dippoldiswalde-Reinberg (19.12.) Temperatursturz um 10 - 15 K gegenüber 17.12. nur im Saarland, Rheinland und Südbaden nicht so kalt mehrere Tote und viele Verletzte, zahlreiche Unfälle auf schneeglatten Straßen, Flugverkehr an einigen Flughäfen beeinträchtigt

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
8.-11. Jan 2010	Kälteeinbruch in Deutschland, Schneefall und Schneeverwehungen verbunden mit starkem Wind durch Sturmtief Daisy bis 3 m hohe Schneeverwehungen an der Ostsee Temperaturminimum: -21°C Olbersleben (5.1.) -22°C Querfurt-Mühle Lodersleben (6.1.) 5 Tote, der Verkehr auf der Straße, der Schiene und teilweise in der Luft wurde vor allem in Norddeutschland lahmgelegt
29./30. Jan 2010	starke Schneefälle an der Ostsee, in Mecklenburg-Vorpommern und in den Mittelgebirgen durch Sturmtief Keziban Schneehöhen (30.1.): 59 cm Groß Lüsewitz 55 cm Steinhagen-Negast Schneefälle lähmen das öffentliche Leben in Mecklenburg-Vorpommern und in den Mittelgebirgen
28. Feb 2010	schwerer Orkan durch Orkantief Xynthia Orkanböen: 181 km/h Brocken 113 km/h Frankfurt/Main 164 km/h Weinbiet (in der Pfalz) 7 Tote, Einstellung des Bahnverkehrs in einigen Bundesländern, 50 Flugausfälle in Frankfurt/Main
6.-16. Aug 2010	Tief über Oberitalien sorgte vom 6. bis 8. August für teils heftigen Dauerregen vor allem über Böhmen und Überschwemmung in der Oberlausitz 101 mm Bertsdorf-Hörnitz (7.8.) 163 mm Bertsdorf-Hörnitz (6.-8.8.) 155 mm Jonsdorf, Kurort (6.-8.8.) 4 Tote , Gesamtschäden 870 Mio. Euro (Munich RE)
Dez 2010	sehr schneereicher und sehr kalter Wintermonat, besonders das Schneetief Petra (16.12. abends), sowie Schneefallereignisse am 4. Advent (19.12.) und an Weihnachten -3,7°C Durchschnittstemperatur -4,3 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) vor allem im Norden erheblich zu kalt ungewöhnlich viel Schnee, stellenweise lag den gesamten Monat eine Schneedecke 41 cm Potsdam (28.12.) zahllose Verkehrsunfälle durch winterliche Witterung, Bahnverkehr und Betrieb an den deutschen Flughäfen teilweise durch starke Schneefälle erheblich beeinträchtigt, während Schneefallereignissen Verkehrskollaps auf Straße und Schiene
24. Aug 2011	schweres Unwetter mit heftigen Windböen im Rhein-Main-Gebiet und in Osthessen 113 km/h Wasserkuppe schwerer Gewittersturm richtete Schäden in Millionenhöhe an
26. Aug 2011	Hagelunwetter an der Mittelmosel mit hühnereigroßen Hagelkörnern Schäden in Millionenhöhe an Autos, Dächern und Hausfassaden
Nov 2011	trockenster Monat seit Aufzeichnungsbeginn 2,4 mm Niederschlagssumme im Gebietsmittel -96 % Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) nicht mal 1 mm Niederschlag an vielen Stationen im Südosten und Süden Deutschlands sonnenscheinreicher und sehr trockener Monat

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Ende Jan - Mitte Feb 2012	ungewöhnliche Kältewelle, viele Flüsse und Kanäle in Deutschland froren zu, Mosel führte große Eisschollen ungewöhnliche tiefe Temperaturminima (6.2.): zwischen -15 und -20°C -29°C Oberstdorf -28°C Ueckermünde -28°C Deutschneudorf-Brüderwiese
20. Aug 2012	Hitzerekord, neuer Allzeitrekord für Dresden (Messreihe geht bis ins 19. Jhdt. zurück) 39,8°C Dresden-Hosterwitz 39,7°C Dresden-Strehlen
27. Okt 2012	Kaltlufteinbruch über Mitteleuropa, polare Meeresluft stößt bis zu den Alpen vor und führt zu Schneefällen bis in die tiefsten Lagen der Niederungen Schneedecke vor allem an den Nordrändern der Mittelgebirge und der Alpen 20 cm Geringswalde-Altgeringswalde (28.10.) 20 cm Kaufbeuren (29.10.)
20. Jan 2013	Eisregen und anschließend starke Schneefälle anhaltender, intensiver Eisregen führt zu einem Verkehrschaos im Süden und der Mitte Deutschlands 22 cm Fritzlar (Flugplatz) (21.1.) 17 cm Münster/Osnabrück (22.1.) 1 Toter, Sperrung der Flughäfen Frankfurt und Stuttgart, Chaos am Münchener Flughafen, Streckenabschnitte der Bahn wegen Vereisung gesperrt, öffentlicher Nahverkehr kam vielerorts zum Erliegen, Schulen blieben am 21.1. in einigen ländlichen Regionen geschlossen, über 1000 witterungsbedingte Unfälle in Baden-Württemberg
10.-12. Mrz 2013	Luftmassengrenze trennt sehr kalte Festlandsluft im Norden von milder Meeresluft im Süden, es kommt zu massiven Niederschlägen Eistag nördlich von Main und Mosel am 12.3. -1,5°C Düsseldorf (Temperaturmaximum, 12.3.) (noch am 6.3. Temperaturmaximum von 20,2°C) 18 cm Schneedecke Frankfurt (13.3.) davon 14 cm Neuschnee (12.3.-13.3.) 36 cm Lübeck-Blankensee (12.3.) 23 cm Laage (Flugplatz) (12.3.) mehrere Verletzte, Sperrung des Flughafens Frankfurt wegen heftiger Schneefälle (12.3.), enorm viele Flugausfälle (1250 am 12.3.), öffentlicher Nahverkehr in Mainz und Wiesbaden eingestellt, Massenkarambolage auf der A 45 in der Wetterau
2. Märzhälfte 2013	Kälte und vor allem im Osten und Norden Schnee nächtliche Tiefstwerte im Osten und Norden teilweise unter -10°C tagelang Dauerfrost nordöstlich der Elbe -18,9°C Coschen (in Brandenburg, Temperaturminimum, 24.3.) neuer Dekadenrekord für Temperaturminimum bis zu 20 cm Schneedecke 25 cm Groß Lüsewitz (21.3.) 22 cm Berge (in Brandenburg, 21.3.) viele Verletzte, witterungsbedingte Störungen im Bahn- und Flugverkehr, zahlreiche Verkehrsunfälle

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Ende Mai - Anfang Jun 2013	nach heftigen Regenfällen Hochwasser an vielen Flüssen in Süd- und Ostdeutschland höchster Wasserstand der Donau seit 1501 in Passau 1501: 12,70 m; 2013: 12,90 m Niederschlag in 4 Tagen (30.5.-2.6.) 405 mm Aschau-Stein (in Oberbayern) 374 mm Kreuth-Glashütte 25 Tote (Munich RE), Evakuierung von 30000 Menschen, Hochwasser führt zu Flutungen von Straßen, Kellern und Wohnanlagen, ungeheure Schäden an Wohnhäusern, Autos und gewerblichen Anlagen Gesamtschaden europaweit 15.200 Mio. $ (Munich RE)
27./28. Jul 2013	kurze, intensive Hitzewelle, 2. Spanish Plume (Advektion subtropischer Heißluft von Nordwestafrika und Spanien) des Sommers 2013 Temperaturmaxima (27.7.): 38,6°C Rheinfelden 38,4°C Kitzingen 38,3°C Freiburg (im Breisgau)
2./3. Aug 2013	kurze Hitzewelle (erneute Spanish Plume) 38,0°C Bad Kreuznach 37,8°C Tönisvorst Risse durch starke Hitzeeinwirkung auf den Autobahnen, u.a. auf der A3 bei Montabaur
4. Aug 2013	schweres Unwetter vom württembergischen Oberschwaben bis zur bayerischen Oberpfalz 97 km/h Ulm 96 km/h Waldmünchen (in der Oberpfalz) mehr als 50 Verletzte, Zugstrecken gesperrt (Ulm-Augsburg/Ulm-Donauwörth)
6. Aug 2013	Unwetter mit Orkanböen 140 km/h Windspitze auf der Wasserkuppe 127 km/h Querfurt-Mühle Lodersleben bis 5 cm Hagelkorngröße im Altenburger Land mehrere Verletzte, zahlreiche Zugstrecken durch umgestürzte Bäume blockiert (Rhein-Main-Gebiet, Franken) Flughafenbetrieb in Frankfurt ruhte 30 min, Dachstuhlbrände durch Blitzschlag
28. Okt 2013	Herbstorkan durch Tief Christian 172 km/h Sankt Peter-Ording 169 km/h Leuchtturm Kiel 162 km/h Brocken mehrere Tote, zahlreiche Verletzte, Ausnahmezustand bei der Feuerwehr in Schleswig-Holstein und in der Küsteregion, in Schleswig-Holstein ruhte der Bahnverkehr
5. Dez 2013	Frühwinterorkan mit drei Sturmfluten, rückseitig maritime Kaltluft mit Schneefällen durch Tief Xaver 153 km/h Brocken 148 km/h List auf Sylt 1 Toter, mehrere Verletzte, Fährbetrieb an der Nordsee eingestellt, Flugbetrieb in Hamburg, Bremen und Hannover eingeschränkt, durch Schneefälle witterungsbedingte Unfälle

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Winter 2013/2014	Deutlich zu milder Winter, Schneearmut im Westen und Süden Deutschlands 3,6°C Durchschnittstemperatur +3,3 K Temperaturabweichung (Referenzperiode 1961-1990) keinen Eis- und Schneedeckentag z.B. in Frankfurt/Main, Stuttgart und Saarbrücken (Dez-Feb)
8.-10. Jun 2014	Unwetter aufgrund sehr heißer Luft aus dem Maghreb (Algerien/Marokko) über Spanien und Frankreich nach Mitteleuropa, in der feucht labilen Luft entwickelt sich eines der schlimmsten Unwetter der letzten Jahre (Abend des 9.6.14 im Rhein-Ruhr-Raum) durch Tief Ela 142 km/h Düsseldorf (9.6.) 130 km/h Aachen-Orsbach (10.6.) 77 mm Weilmünster (in Limburg-Weilburg, 10.6.) 6 Tote, 30 Verletzte, über 1000 Einsätze der Feuerwehr am 9.6.
5.-11. Jul 2014	schwere Unwetter mit heftigem Starkregen, Überflutungen und schweren Sturmböen durch Tief Lucia und Tief Michaela Gewitter mit Hagelschlag und schweren Sturmböen im Westen am 6.7. 126 km/h Weinbiet (6.7.) 85 mm Elzach-Fisnacht (7.7.) Heftiger Dauerregen in der Mitte am 8.7. 103 mm Lindberg-Buchenau (8.7.) 83 mm Stützengrün-Hundshübel (8.7.) mehrere Tornados u.a. in Tarp (SH am 5.7.) und Hermeskeil (RP am 10.7.) mehrere Verletzte, Schäden durch Überflutungen, Sturmschäden, kurzzeitige Einstellung des Flugbetriebes auf dem Frankfurter Flughafen, schwere Überflutungsschäden in der Wiesbadener Innenstadt
10. Aug 2014	Unwetter an der Bergstraße und in der Pfalz (Ex-Hurrikan) durch Tief ex-Bertha F2 Tornado über Bad Schwalbach 121 km/h Orkanböe auf dem Weinbiet (Pfalz) ungeheure Sachschäden durch Tornado zahlreiche umgestürzte Bäume, 50 Hausdächer wurden erheblich beschädigt, teils gänzlich abgedeckt
1. Nov 2014	Transport warmer Mittelmeerluft führte zu ungewöhnlicher Wärme und größtenteils sehr sonnigem Wetter durch Hoch Quinn zahlreiche neue Dekadenrekorde für erste Novemberdekade: 20,1°C Bremen 20,4°C Düsseldorf 20,2°C Köln-Bonn
29.-31. Mrz 2015	Sturm- und Orkan durch Tief Lucien (29.3.), Tief Mike (30.3.) und Tief Niklas (31.3.) 150 km/h Brocken (29.3.) 137 km/h Zugspitze (29.3.) 192 km/h Zugspitze (31.3.) 162 km/h Brocken (31.3.) 156 km/h Fichtelberg (31.3.) 122 km/h Bremerhaven (31.3.) 11 Tote, mehrere Verletzte, Sperrung von Zugstrecken wegen herabgestürzter Oberleitungen (vor allem im Ruhrgebiet), Sperrung des HBF in München
5. Mai 2015	Unwetter mit mehreren Tornados durch Tief Zoran F3 Tornado in Bützow (Mecklenburg-Vorpommern) und mehrere F1 Tornados ebenfalls in MVP 1 Toter, 30 Verletzte, 230 Einsätze der Bremer Feuerwehr, zahlreiche Bäume umgerissen, Dächer und Autos beschädigt, Zugverkehr im Raum Bremen und Hamburg unterbrochen

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
13. Mai 2015	Schwere Unwetter mit mehreren Tornados F3 Tornado in Affing F3 Tornado in Bonndorf massiver Hagelschlag in Freiburg (Korngröße 5 cm) 7 Verletzte, 100 Personen evakuiert, extreme Sachschäden durch Tornados im südlichen Schwarzwald und im bayerischen Schwaben 178 Gebäude im Landkreis Aichach-Friedberg (Affing) beschädigt, 33 einsturzgefährdet, 12 nicht mehr bewohnbar, Schäden in Freiburg und im Schwarzwald durch massiven Hagelschlag
4.-7. Jul 2015	Extreme Hitze durch Hoch Annelie (4.7.) und Hoch Bigi (5.-7.7.) Reihenweise fallen Stationsrekorde, Monatsrekorde für Juli bei den Höchsttemperaturen der neue Deutschlandrekord wird am 5.7. mit 40,3°C im fränkischen Kitzingen aufgestellt
25. Jul 2015	Sturm durch Tief Zeljko Orkanböen im Oberharz 159 km/h Brocken Schwere Sturmböen in den Mittelgebirgen und an der Küste 106 km/h Schmücke 98 km/h Bremerhaven 12 Verletzte, heruntergerissene Oberleitungen, massive Behinderungen im Bahnverkehr, vor allem in Norden Deutschlands, Zahlreiche umgestürzte Bäume
7. Aug 2015	Hitzewelle durch Hoch Finchen 35 - 40°C im Süden und Osten, sowie der Mitte Deutschlands 40,3°C Kitzingen nach einem Monat erneute Einstellung des Deutschlandrekordes vom 5.7. zahlreiche Monatsrekorde, Dekadenrekorde (an 80 Stationen), einzelne Allzeitrekorde, 95 Stationen mit einer Tropennacht
13.-15. Okt 2015	ungewöhnlich tiefe Temperaturmaxima für die 2. Oktoberdekade Schneefall regional bis in die Niederungen durch Hoch Oldenburgia (über Nordosteuropa) und Tief Steffan (über Italien) sehr tiefe Temperaturmaxima (14.10.): 5,3°C Frankfurt/Main-Westend 3,7°C Essen-Bredeney 5,2°C Köln-Bonn 4,3°C Gießen/Wettenberg 1,3°C Gera-Leumnitz 1,4°C Hof Schneefälle bis in die Niederungen von Thüringen und Sachsen 12 cm Lichtentanne Verkehrsbehinderungen durch ungewöhnlich hohe Neuschneemengen für Mitte Oktober, winterliche Witterungsverhältnissen dadurch Straßen gesperrt, wegen Astbruchs, da Bäume noch belaubt waren und der Schneelast nicht standhielten, zahlreiche Verkehrsunfälle auf schneeglatten Fahrbahnen
Dez 2015	wärmster Dezember seit Aufzeichungsbeginn 1881 6,5°C Durchschnittstemperatur +5,7 K Abweichung vom vieljährigen Mittel 1961-1990 sehr sonnenscheinreich im Süden gebietsweise deutlich zu trocken

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
27.-31. Mai 2016	Unwetterserie in Deutschland, teils 40 cm hohe Hagelschichten, Überflutungen, Sturzfluten, Blitzschäden, teils über 100 mm Niederschlag in 24 Stunden in einigen Gemeinden im Norden von Baden-Württemberg durch Tief Elvira Niederschlagshöhe (29.5.): 122 mm Gundelsheim 105 mm Langenburg-Atzenrod 101 mm Wilhelmsfeld 84 mm Bullay (Kläranlage) 40 cm Hagelschicht in Wiesbaden-Kloppenheim 4 Tote, mehrere Verletzte, ganze Ortschaften wurden geflutet, wie z. B. Braunsbach bei Heilbronn, Hagel vernichtete teils Wein- und Obstkulturen, hohe materielle Schäden an Häusern und Fahrzeugen
1.-8. Jun 2016	Fortsetzung der Unwetterserie in Deutschland, bis 4 cm große Hagelkörner, Überflutung von Simbach/Inn (1.6.), Blitzschlag in Adenau (3.6.), Tornado am 5.6. bei Jübek in Schleswig-Holstein, am 7.6. in Hamburg Niederschlagshöhe (1.6.): 120 mm Hamminkeln-Mühlenrott 111 mm Xanten 98 mm Wesel-Flüren 7 Tote in Simbach/Inn, rund 80 Verletzte durch Blitzschlag bei Rock am Ring (Adenau), hohe materielle Schäden in der Infrastruktur, ganze Ortschaften wurden überflutet, am stärksten Betroffen Simbach/Inn (Bayern)
3. Dekade Aug 2016	extreme Hitze im Spätsommer durch Hoch Gerd, Hoch Harald und Tief Kitty etliche Dekadenrekorde wurden gebrochen 70 neue Dekadenrekorde (27.8.): 37,9°C Saarbrücken-Burbach 36,4°C Trier-Petrisberg 36,0°C Bad Mergentheim-Neunkirchen 35,3°C Mannheim 35,3°C Frankfurt/Flughafen
12./13. Sep 2016	wärmster September zusammen mit Sep 2006, enorme Hitze, 146 DWD-Stationen meldeten einen neuen Temperaturrekord für Monat September durch Hoch Lukas und Hoch Karl 16,9°C Durchschnittstemperatur +3,6 K Temperaturabweichung Temperaturmaximum (13.9.): 34,4°C Bernburg/Saale (Nord) 34,2°C Trier-Petrisberg 33,9°C Heinsberg-Schleiden

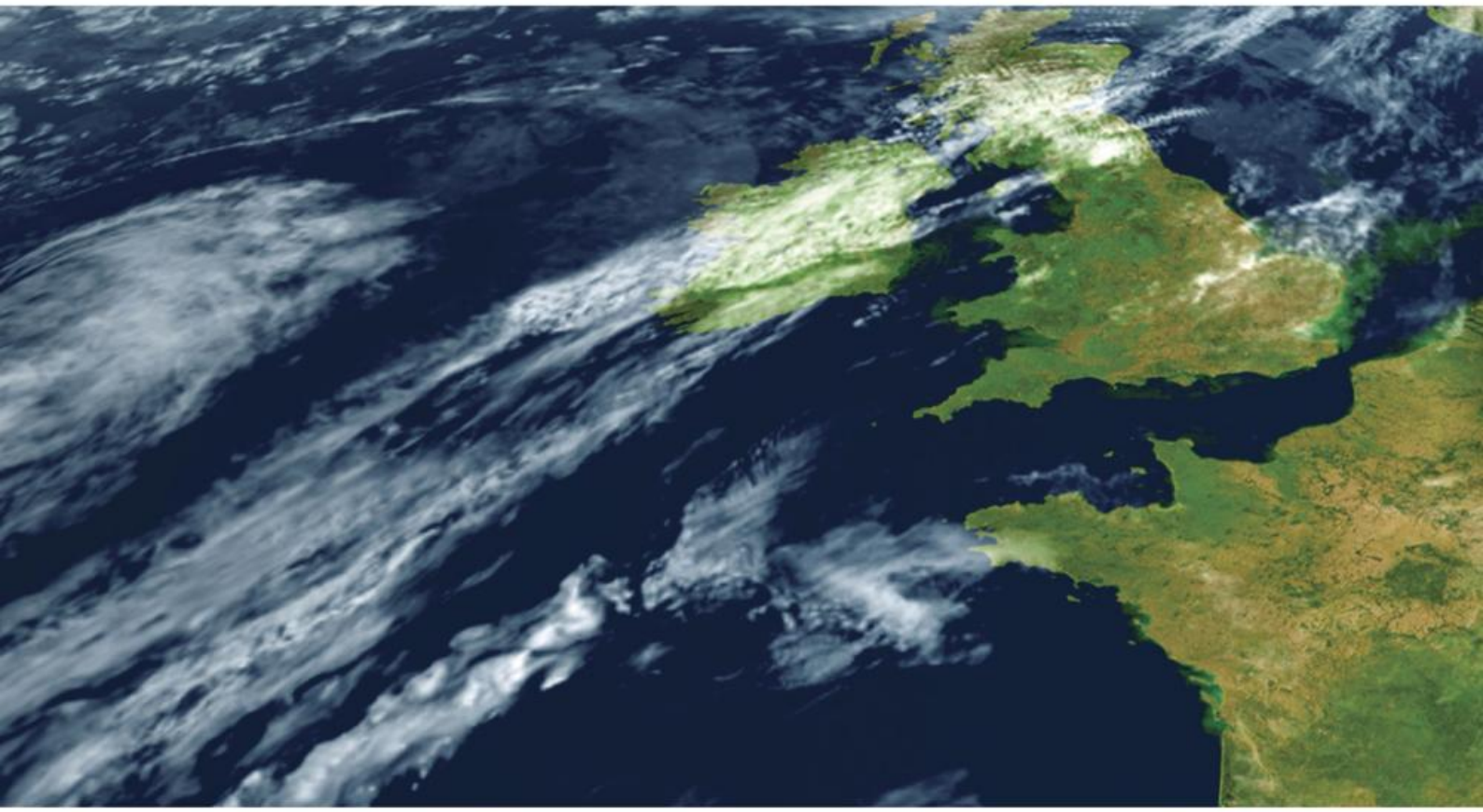
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AO	Arctic Oscillation
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
CPC	Climate Prediction Center
DKK	Deutsches Klima-Konsortium
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECA&D	European Climate Assessment & Dataset
EM	European-Modell
ENSO	El Niño und die Southern Oscillation
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GCOS	Global Climate Observing System
GME	Globalmodell
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
ICON	ICOsahedral Nonhydrostatic model
KMZ	Kurz- und Mittelstreckenzugvögel
KSB	Klimastatusbericht
LZ	Langstreckenzugvögel
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
QBO	Quasi-Biennial-Oszillation
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
UTC	Universal Time Coordinated
VA	Zugvogelarten
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie

Autorenverzeichnis

Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dwd.de
Ernst, Stephan	Aschbergstraße 24 08248 Klingenthal	ernst-klingenthal@t-online.de
Fleckenstein, Rainer	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Rainer.Fleckenstein@dwd.de
Fildebrandt, Jens	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Jens.Fildebrandt@dwd.de
Friedel, Werner	Weischlitzer Straße 4 08606 Oelsnitz, OT Taltitz	friedel-taltitz@t-online.de
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Gerber, Marie	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Marie.Gerber@dwd.de
Haeseler, Susanne	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Susanne.Haeseler@dwd.de
Imbery, Florian	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Florian.Imbery@dwd.de
Kósa-Rieß, Simone	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Simone.Kosa-Riess@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Mächel, Hermann	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hermann.Maechel@dwd.de
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de

Polte-Rudolf, Christine	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Christine.Polte-Rudolf@dwd.de
Radtke, Jule (DWD-Praktikantin)		
Schmitt, Hans Helmut	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Wegener, Mareen	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Mareen.Wegener@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Klimastatusbericht 2017

- **Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitorings**
- **Limitierende Wettersituationen für die Landwirtschaft im Jahr 2017**

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

Karsten Friedrich
e-mail: karsten.friedrich@dwd.de

Juliane Breyer
e-mail: juliane.breyer@dwd.de

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Titelbild: Landwirtschaft (Quelle: DWD)

Urheberrecht

Alle Rechte an den hier präsentierten Informationen liegen, soweit nicht anders vermerkt, beim DWD.
Die Nutzung der nachfolgenden Informationen bzw. Teilen davon ist nur unter Nennung des Quellenhinweises „Deutscher Wetterdienst“ gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ohne ausdrücklich Genehmigung ist untersagt.

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

nach dem neuen globalen Temperaturrekord im Jahr 2016 wurden im Jahr 2017 erneut sehr hohe Temperaturen beobachtet. Aufgrund der etwas unterschiedlichen Datengrundlage und der verschiedenen Berechnungsverfahren erreichte die globale Mitteltemperatur für das Jahr 2017 je nach Datenzentrum den 2. oder 3. Platz. Für Deutschland ergab sich ein Gebietsmittel von 9,6 °C. Damit erreichte das Jahr 2017 den 6. Platz in der Rangfolge der wärmsten Jahre seit 1881, den es sich aber mit den Jahren 2002 und 2011 teilen muss. Während der überdurchschnittlichen Temperaturen im März konnte sich die Vegetation früh entwickeln. Ein Kälteeinbruch in der dritten Aprildekade führte jedoch zu erheblichen Schäden im Obst- und Weinbau. Die zweite Jahreshälfte war sehr regenreich. Dauerniederschläge Ende Juli hatten Überschwemmungen in der Mitte Deutschlands zur Folge. Trotz der positiven Temperaturanomalie im November und Dezember gab es kurze Phasen mit Schnee bis ins Flachland.

Weitere Ergebnisse des Klimamonitoring, der Agrarmeteorologie, der Ozonbeobachtungen sowie ein Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten".

In einem Sonderbericht werden die Spätfröste, die besondere Verteilung der Niederschläge und die Folgen in der Landwirtschaft im Jahr 2017 näher untersucht.

Freuen Sie sich also auf eine interessante Ausgabe des Klimastatusberichtes.

Ihr

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Die Witterung in Deutschland 2017 5
Extremwertkarte 18
Das Strahlungsjahr 2017 19
Das Klima der deutschen Küstengebiete 2017 20
Objektive Wetterlagenklassen 2017 26
Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2017 33
Wetterrückblick Weinjahr 2017 44
Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre 46
Ozon in der Stratosphäre 52

Limitierende Wettersituationen für die Landwirtschaft im Jahr 2017 55

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 67
Autorenverzeichnis 68

Die Witterung in Deutschland 2017

K. Friedrich, F. Imbery

Mit einer Mitteltemperatur von 9,6 °C war das Jahr 2017 wieder ein sehr warmes Jahr. Die Jahre 2002 und 2011 erreichten die gleiche Mitteltemperatur und belegen gemeinsam mit 2017 die Plätze 6 bis 8. Zum aktuellen Vergleichszeitraum 1981-2010 ergibt sich eine Abweichung von +0,7 K und gegenüber der international gültigen Klimareferenzperiode 1961-1990 eine Abweichung von +1,4 K (Abb. 1). Das Jahr begann recht kühl. Der Januar war 1,7 K zu kalt (Bezugszeitraum Klimareferenzperiode 1961-1990). Der Februar (+2,5 K) und der März (+3,7 K) waren deutlich wärmer als normal. Der April erreichte das vieljährige Mittel. Mit Ausnahme des Septembers waren alle weiteren Monate wärmer als normal mit Abweichungen von +1,1 K bis +2,4 K. Alle Jahreszeiten waren wärmer als normal. In dem sehr warmen März konnte sich die Vegetation gut entwickeln. Ein Kälteeinbruch in der dritten Aprildekade führte zu erheblichen Schäden im Obst- und Weinbau. Im Juni wurden einige neue Hitzerekorde für den Monat registriert. Sonst wird der Sommer nicht als außergewöhnlich in Erinnerung bleiben. Auch ging er 2017 nicht in die Verlängerung. Trotz der positiven Temperaturanomalie im November und Dezember gab es kurze Phasen mit Schnee bis ins Flachland.

Im Vergleich zu 1961-1990 waren insgesamt 9 Monate des Jahres zu warm und nur 2 zu kalt (Januar und September). Der April erreichte das vieljährige Mittel der Vergleichsperiode. Gegenüber dem Vergleichszeitraum 1981-2010 waren dagegen 3 Monate zu kalt (Januar, April und September) und 9 zu warm.

Für die gesamte Zeitreihe (1881-2017) ergibt sich ein Temperaturanstieg von 1,4 K.

Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr als Ganzes gesehen zu feucht (Abb. 2). Mit 858,7 mm erreichte es 104,9 % (1981-2010) bzw. 108,8 % (1961-1990) der vieljährigen mittleren Jahressummen und war damit im Vergleich zu beiden Bezugsperioden um 39,9 mm bzw. 69,8 mm zu nass. Als 26.-nassestes oder 112.-trockenstes Jahr seit 1881 und als 25.-nassestes oder 93.-trockenstes seit 1901 ordnet es sich zu den nasseren Jahren der Klimazeitreihen ein. Nach 6 Jahren die zu trocken ausfielen (2011-2016) war 2017 wieder ein etwas nasseres Jahr.

Bei der Betrachtung der Einzelmonate sind erhebliche Unterschiede erkennbar. Im Vergleich zum vieljährigen Zeitraum 1961-1990 waren 4 Monate trockener und entsprechend 8 Monate nasser als normal. Gegenüber dem Referenzzeitraum 1981-2010 waren 6 Monate trockener bzw. nasser als normal. Die erste Jahreshälfte fiel deutlich trockener aus als die zweite. Im Juli wurden die meisten Niederschläge beobachtet. Mit 132,4 mm wurde im Juli das Niederschlagssoll um 70,6 % übertroffen (Bezugszeitraum Klimareferenzperiode 1961-1990). Der trockenste Monat war der April mit lediglich 41,4 mm und einem Niederschlagsdefizit von 28,9 %.

Insgesamt brachte das Jahr 2017 im Deutschlandmittel 1596,1 Sonnenstunden und lag damit geringfügig über der vieljährigen mittleren Jahressumme 1961-1990 (Abb. 3). Der Überschuss betrug +52,1 Stunden oder +3,4 %. Gegenüber dem aktuellen Vergleichszeitraum 1981-2010 ergibt sich ein geringes Defizit von 4,5 Stunden oder 0,3 %. Damit ordnet sich das Jahr als 33.-sonnenscheinreichstes Jahr seit 1951 in die vorliegende Klimazeitreihe ein.

Der höchste Sonnenscheinüberschuss wurde mit +67,4 % im Januar beobachtet (Bezugszeitraum Klimareferenzperiode 1961-1990), eine Abweichung von +29,4 Stunden. Im Dezember schien die Sonne nur an 27,8 Stunden, dies entspricht einem Defizit von 26,8 %. Nach den Monaten Juni (241,2 Stunden) und Mai (223,9 Stunden) war der August (206,5 Stunden) der 3.-sonnenscheinreichste Monat des Jahres 2017.

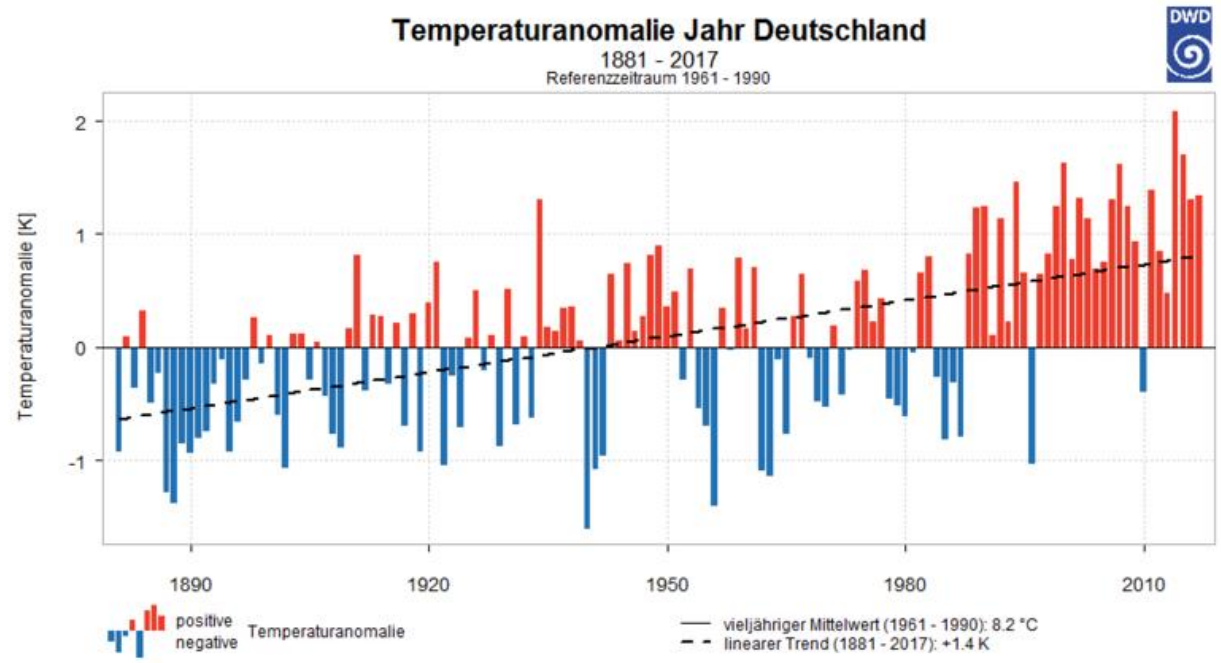


Abb. 1: Temperaturanomalie der Gebietsmittel für Deutschland seit 1881

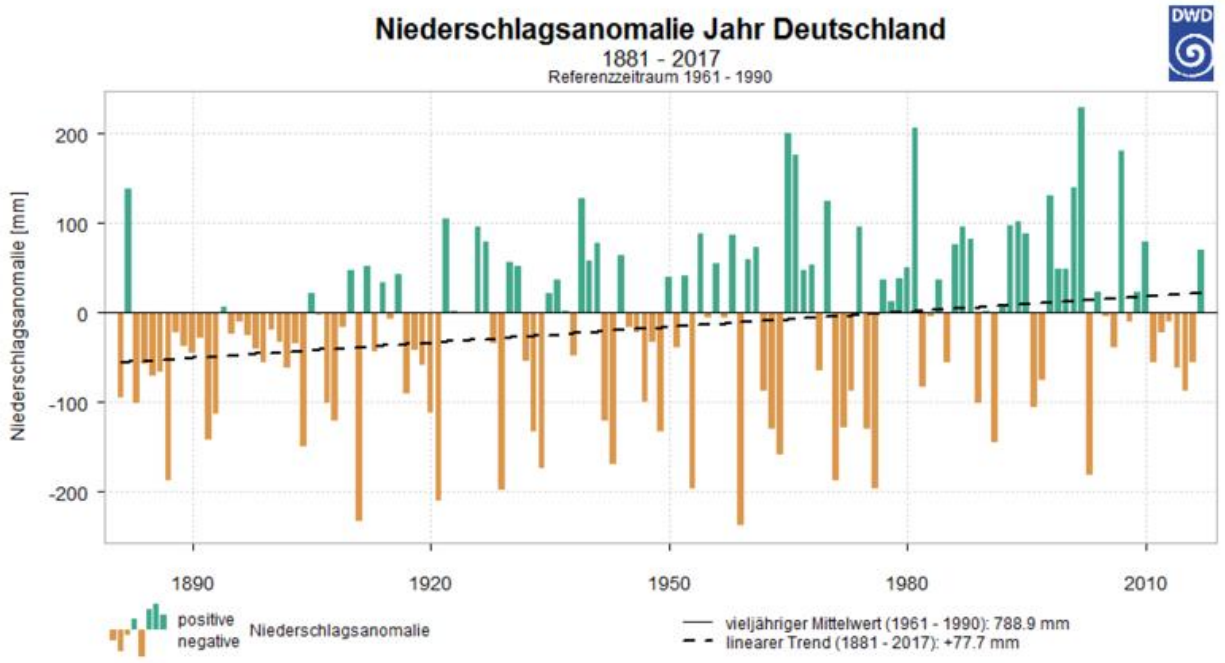


Abb. 2: Niederschlagsabweichung der Gebietsmittel für Deutschland seit 1881

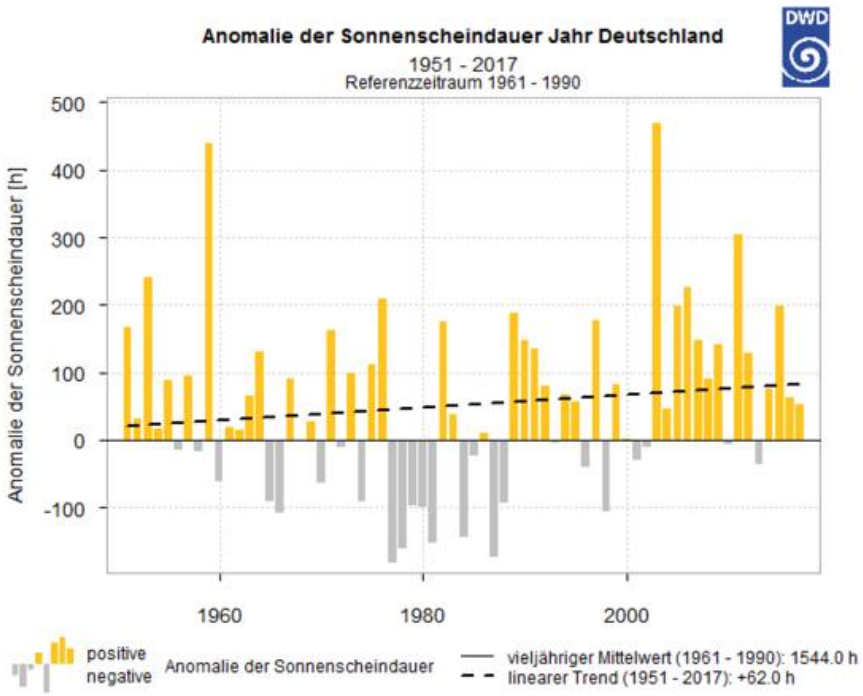


Abb. 3: Abweichung der Sonnenscheindauer vom Gebietsmittel für Deutschland seit 1951

Das Thermopluviogramm (Abb. 4) zeigt Abweichungen der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2017 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Flächenmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Flächenmittel vom klimatologischen Flächenwert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen Flächenmitteles der Niederschlagshöhe im Verhältnis zum vieljährigen Flächenmittel in Prozent [%].

Für den Winter werden der Dezember des zurückliegenden Jahres und die Monate Januar und Februar des gezeigten Jahres betrachtet. In der Abb. 4 wird deutlich, wie warm mit Ausnahme vom Januar und September alle Monate, die Jahreszeiten und das Jahr 2017 ausfielen.

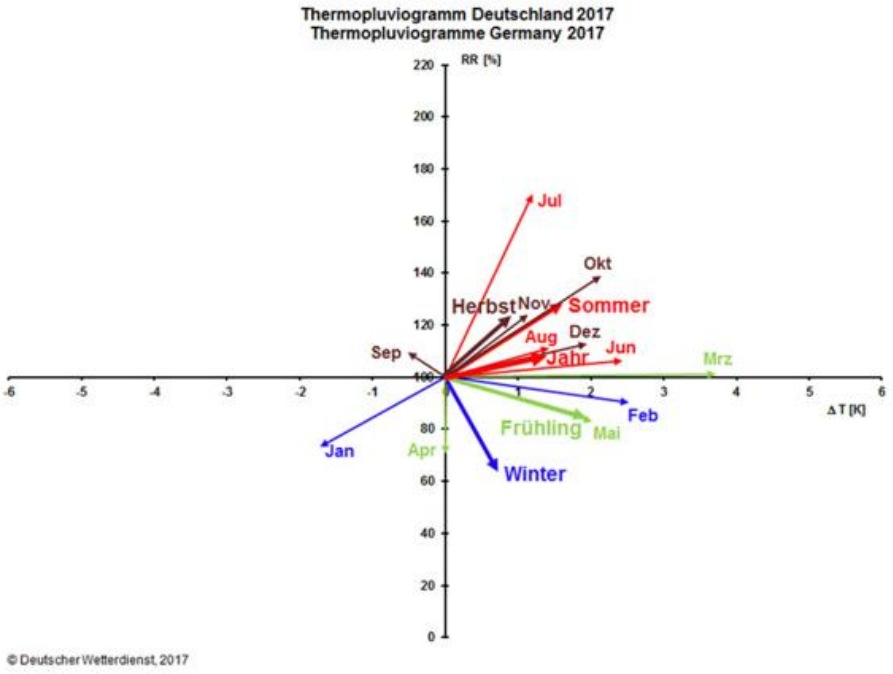


Abb. 4: Thermopluviogramm für Deutschland 2017 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Der **Januar 2017** war ein recht kalter, relativ trockener und sonnenscheinreicher Wintermonat. Meist war Deutschland unter dem Einfluss von Hochdruckgebieten über Nordosteuropa, die kalte Polarluft bis nach Deutschland heranströmen ließen. Am Monatsanfang, am Anfang der zweiten Monatsdekade und am Monatsende wurde diese Situation durch Tiefdruckgebiete unterbrochen. Nach dem fast schneefreien Dezember schneite es am Monatsbeginn vor allem in den östlichen Mittelgebirgen und in Süddeutschland. Mit Beginn der zweiten Monatsdekade zog auch in den westlichen Mittelgebirgen der Winter ein. In den Höhenlagen Süddeutschlands konnte die Schneedecke weiter anwachsen. Der Tiefdruckeinfluss zum Monatsende brachte Regen und Tauwetter auch in höhere Lagen. In den vom Hochdruck geprägten Witterungsphasen lagen die Temperaturen vielerorts unter dem Gefrierpunkt. In diesen Zeitabschnitten wurde aber auch viel Sonnenschein registriert. Die Summe des Niederschlags lag deutlich unter dem Monatssoll.

Der **Februar 2017** war ein deutlich zu warmer und etwas zu trockener Monat. Während in der ersten Monatshälfte Deutschland noch unter Hochdruckeinfluss lag, brachte ab der zweiten Monatshälfte eine westliche Strömung zum Teil ergiebige Niederschläge. Insbesondere in den südlichen und westlichen Landesteilen gab es hohe positive Abweichungen von den vieljährigen Temperaturmitteln mit teilweise nur 80 % der mittleren Niederschlagsmengen des Februars. In den nördlichen Bundesländern gab es einen leichten Niederschlagsüberschuss. Baden-Württemberg und Bayern hatten überdurchschnittlich viele Sonnenscheinstunden, während in allen anderen Bundesländern die Sonne durchschnittlich oder zu wenig schien.

Der **Winter 2016/2017** (meteorologischer Winter: Dezember bis Februar) war leicht zu mild, deutlich zu trocken und sehr sonnenscheinreich. Lediglich der Januar 2017 war kälter als die vieljährigen Mittelwerte. Die höchsten Anomalien wurden im Norden beobachtet (> +1 K, Referenzzeitraum 1961-1990). Im Süden, besonders in Teilen Baden-Württembergs, lagen die Anomalien unter dem vieljährigen Mittel. In allen drei Monaten reichten die Niederschlagssummen nicht an die vieljährigen Monatssummen heran. Nur im Nordosten wurde das Niederschlagssoll erreicht. Im Südwesten (Rheinland-Pfalz, Hessen, Baden-Württemberg, Bayern) wurden großflächig weniger als 50 % des vieljährigen Mittels registriert. Der Dezember 2016 und der Januar 2017 hatten überdurchschnittlich viele Sonnenstunden, während der Februar etwas unter dem vieljährigen Mittel lag. Der Grund lag in dominierenden Hochdruckwetterlagen; lediglich in der zweiten Januardekade und der zweiten Monatshälfte des Februars geriet Deutschland in westliche Strömungen, die feuchtere Luft heranführten.

Der **März 2017** war ein ausgesprochen milder Monat. Mit einem Monatsmittel von 7,2 °C und fast sommerlichen Temperaturen in der letzten Märzwoche besonders im Süden und Westen des Landes, war dies der wärmste März seit 1881. Besonders warm fiel der März 2017 in dem Gebiet von Stuttgart bis zum Bodensee und Allgäu sowie in einem Streifen von der Mosel und Ahr bis zur Saale aus. Hier wurden gebietsweise Monatsmittel erreicht, die mehr als 4 K über dem vieljährigen Mittel 1961-1990 lagen. Bei durchschnittlichen Niederschlagssummen wurden die vieljährigen Mittelwerte der Sonnenscheinstunden in ganz Deutschland übertroffen.

Der **April 2017** präsentierte sich in zwei unterschiedlichen Phasen. Am Monatsanfang setzte sich die trockene und warme Witterung des Vormonats mit überdurchschnittlichen Temperaturen und geringen Niederschlägen fort. Ab der Monatsmitte stellte sich die Witterung um und die Temperaturen fielen auf Werte unter das vieljährige Mittel. Besonders in den Nächten kam es teils zu erheblichem Frost, der verbreitet die schon sehr weit fortgeschrittene Obstblüte traf. Insgesamt entsprach das beobachtete Temperaturmittel dem vieljährigen Mittelwert des Zeitraums 1961-1990, wobei es regional nur geringe Unterschiede in der Temperaturanomalie gab. Anders war es beim Niederschlag. Der Monat April war insgesamt zu trocken. Die höchsten Niederschlagsmengen wurden im Nordosten und im Südwesten beobachtet. Dabei wurden die vieljährigen Summen teils deutlich übertroffen. Besonders wenig Niederschlag wurde im Saarland und in Rheinland-Pfalz beobachtet. Dort war es der zweit- bzw. dritttrockenste Aprilmonat seit 1881. Aber auch in Nordrhein-Westfalen und in Hessen sind weniger als die Hälfte des normalen Niederschlags gefallen. Die Sonnenscheindauer blieb etwas unter dem vieljährigen Mittel. Der Südwesten konnte besonders viele Sonnenstunden verzeichnen.

Der **Mai 2017** wies einen wechselhaften Witterungsverlauf mit einer zu warmen Bilanz auf. Während der Monatsanfang teilweise noch frostige Temperaturen aufwies, gab es insbesondere in den letzten Maitagen großräumig eine mehrere Tage andauernde Periode mit hochsommerlichen Temperaturen bis zu 34 °C. So wurden am 29.5. an 135 Stationen des Deutschen Wetterdienstes neue Monatsrekorde für den Mai gemessen und in der darauffolgenden Nacht sank an 5 Stationen die Temperatur nicht unter 20 °C. Unter Hochdruckeinfluss gelangte warme, teils feuchte, teils trockene Luft aus Südwesteuropa nach Deutschland. So gab es im Laufe des Monats gebietsweise starke Gewitter und teilweise Starkregenereignisse. Trotzdem wies der Mai 2017 ein leichtes Niederschlagsdefizit mit überdurchschnittlich vielen Sonnenscheinstunden auf.

Während März und Mai 2017 ausgesprochen warme Monate waren, erreichte der April eher durchschnittliche Mitteltemperaturen, mit erheblichen Nachtfrösten in der zweiten Monatshälfte. Die aufgrund der milden Märztemperaturen schon sehr weit fortgeschrittene Obstblüte wurde von diesen großräumig stark getroffen. Der Mai 2017 schloss mit hochsommerlichen Temperaturen bis zu 34 °C ab. Im März fielen durchschnittliche Niederschlagsummen, während der April und der Mai zu trocken waren. Insgesamt wies das **Frühjahr 2017** einen deutlichen Sonnenscheinüberschuss auf.

Der **Juni 2017** war ein sehr warmer Sommermonat. Die Temperaturen fielen nur selten unter die vieljährigen Mittelwerte. Oft wurden Anomalien von +3 K und mehr beobachtet. In der zweiten Monatshälfte ereignete sich vor allem in der Südhälfte die erste große Hitzewelle mit Maximumtemperaturen über 30 °C (Heißer Tag) und Minimumtemperaturen von mehr als 20 °C (Tropennacht). Bis kurz vor Monatsende war der Niederschlag meist konvektiv geprägt und ereignete sich vorwiegend in lokalen Gewittern. Eine Unwetterfront zog zum Anfang der dritten Monatsdekade über den Norden Deutschlands. Am Ende des Monats gelangte Deutschland unter Tiefdruckeinfluss. Ergiebige Niederschläge erreichten Bayern, Berlin/Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. Aufgrund der hohen Niederschlagsmengen in kurzer Zeit kam es zu Überschwemmungen vor allem in und nördlich von Berlin. Während im Nordosten Deutschlands das Niederschlagssoll deutlich überschritten wurde, war es im Westen und Süden vielerorts zu trocken. Teilweise erreichte dort die Niederschlagssumme des Monats nur 50 % des vieljährigen Mittels. Geringe Bodenfeuchte und eine erhöhte Waldbrandgefahr wurden gemeldet. Viele Sonnenstunden wurden besonders im Süden registriert. Der Norden erreichte nicht ganz das Monatssoll.

Der **Juli 2017** war mit großen regionalen Unterschieden nur leicht wärmer als die vieljährigen Julimittel. In der ersten Julihälfte lag Mitteleuropa großräumig unter Hochdruckeinfluss, mit sehr sommerlichen Temperaturen insbesondere im Süden Deutschlands. Im letzten Monatsdrittel dominierte kühlere Luft, die sich durch Tief „Alfred" in Verbindung mit intensivem Dauerregen vorübergehend in ganz Deutschland durchsetzen konnte. Insgesamt war der Juli ein sehr nasser Monat mit etwas zu wenig Sonnenschein.

Insgesamt war der **August 2017** in Deutschland recht warm, allerdings mit einem kühleren Norden und zum Teil heißen Süden. Hier gab es auch zum Teil heftige Gewitter, die von schweren Stürmen begleitet wurden. In ganz Deutschland gab es ca. 10 % mehr Niederschläge als die vieljährigen Mittelwerte bei einem leichten Überschuss an Sonnenstunden.

Der **Sommer 2017** war geprägt von großen Unterschieden zwischen dem mäßig warmen Norden Deutschlands und dem teilweise sehr heißen Süden. Nach einem sehr warmen Juni und bei den Mittelwerten unauffälligen Julitemperaturen war der August zumindest in der Südhälfte sehr warm bis heiß. Nach trockenem Beginn gab es Ende Juni intensive Niederschläge im Norden und Osten. Dabei ragten besonders die extremen Niederschläge des Tiefdruckgebiets „Rasmund" am 29. Juni hauptsächlich in Brandenburg und Berlin heraus. Berlin/Tegel meldete am 29. Juni eine Rekordniederschlagsmenge von 197 l/m². Ende Juli dominierte wiederum großräumig kühlere Luft, die vielerorts mit intensivem Dauerregen verbunden war. Tief „Alfred" suchte vom 24. bis zum 26. Juli vor allem das südliche Niedersachsen und Thüringen heim mit gebietsweisen Überschwemmungen. Der August lag nur leicht über dem vieljährigen Niederschlagssoll. Insgesamt schien im Sommer 2017 die Sonne häufiger als im vieljährigen Mittel, daraus resultiert ein insgesamt warmer Sommer, mit reichlichen Niederschlägen bei ausreichend Sonnenschein.

Der **September 2017** startete recht kühl. Im Monatsverlauf wurde besonders im Süden Deutschlands nur an einzelnen Tagen der vieljährige Mittelwert überschritten. Im Norden lag das Temperaturniveau etwas höher. In der letzten Monatsdekade stiegen die Temperaturen an und es konnten zum Monatsausgang noch einige Sommertage beobachtet werden. Insgesamt war der September 2017 in Deutschland kälter als das vieljährige Mittel, nur im Norden wurden positive Temperaturanomalien beobachtet. Im Süden z.B. in Bayern und Teilen Baden-Württembergs lagen die Temperaturen um etwa 1 K unter dem vieljährigen Mittel 1961-1990. Der September begann am Alpenrand sehr regenreich. In der Mitte des Monats kam es in der Mitte Deutschlands zu ergiebigen Niederschlägen. Auch in anderen Regionen wurde immer wieder Niederschlag registriert. Die Niederschlagsverteilung war recht unterschiedlich. Im Westen und am Alpenrand wurde mehr Niederschlag als normal registriert, im Osten und Süden Baden-Württembergs weniger. Die Summe der Sonnenscheindauer blieb fast überall unter dem vieljährigen Mittelwert.

Der **Oktober 2017** war ein deutlich zu warmer Herbstmonat. Besonders in der Monatsmitte stiegen die Temperaturen und es wurden noch einige Sommertage (Temperaturmaximum ≥ 25 °C) beobachtet. Bei relativ trüben Bedingungen lag die Niederschlagssumme über den vieljährigen Mittelwerten, allerdings mit zum Teil deutlichen regionalen Über- und Unterschreitungen. Im Süden Deutschlands dominierte meist Hochdruckeinfluss. Den Norden dagegen überquerten häufig die Ausläufer atlantischer Tiefdruckgebiete. Sturmtief „Xavier" und „Herwart" sorgten am Anfang und zum Ende Oktober 2017 besonders über Nord- und Mitteldeutschland gebietsweise für Böen bis zu Orkanstärke.

Der **November 2017** verlief mild, niederschlagsreich und sonnenscheinarm. In der ersten Monatshälfte war

insbesondere der Süden Deutschlands von starken Niederschlägen geprägt. Ab der Monatsmitte wurden deutschlandweit mildere Temperaturen registriert. Das Novemberende war deutlich kühler als normal, mit Schneefall in den Mittelgebirgen und den Alpen. Fast über ganz Deutschland war es wärmer als normal (1961-1990), nur ganz im Süden Deutschlands lagen die Temperaturen unter dem vieljährigen Mittel. Der meiste Niederschlag wurde im Schwarzwald und am Alpenrand beobachtet. Bei relativ wenigen Sonnenscheinstunden lag die Niederschlagssumme deutlich über den vieljährigen mittleren Monatssummen.

Während der September 2017 etwas kühler als die vieljährigen Mittelwerte war, lagen der Oktober deutlich und der November etwas über den vieljährigen Mittelwerten. Längere Phasen, die deutlich kühler waren als normal, gab es deutschlandweit nur in der zweiten Septemberhälfte und im auslaufenden November. Daraus resultiert deutschlandweit für den gesamten **Herbst 2017** eine leichte positive Abweichung von den vieljährigen Mitteln. Die Niederschlagssumme für Deutschland lag über den üblichen Werten, die Sonnenscheindauer deutlich unter den langjährigen Strahlungswerten.

Der **Dezember 2017** war insgesamt mild, niederschlagsreich und sonnenscheinarm. In den ersten beiden Monatsdekaden schwankte die Temperatur um das vieljährige Mittel, danach lagen die Temperaturen meist über dem vieljährigen Mittel. Nördlich der Mittelgebirge und östlich der Weser lag die Monatsmitteltemperatur bei mehr als 2 K über dem vieljährigen Mittel 1961-1990. Nur im Bereich der Alpen und in Teilen des Bayrischen Waldes wurden Temperaturen unter dem vieljährigen Mittel beobachtet. Im Westen und im Gebiet der Donau zwischen Donauwörth und Passau wurden die höchsten Niederschlagsanomalien beobachtet. In Rheinland-Pfalz wurden etwa 40 % mehr Niederschlag registriert. Im Nordosten war es trockener als normal. In den Hochlagen, besonders im Bayrischen Wald und im Alpenraum, wurde viel Schnee beobachtet, der aber zum Jahresende in den niedrigeren Lagen wieder taute. In Nordrhein-Westfalen wurden teilweise nur 25 % der sonst üblichen Sonnenscheindauer beobachtet. In Teilen von Ostdeutschland und im Südosten wurde das Monatssoll erreicht oder überschritten.

In den Tab. 1-4 sind die Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niederschlagshöhe, der Sonnenscheindauer für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten, sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung vom Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich Charakteristika des Jahres wieder. Die Anzahl der Eistage (Temperaturmaximum unter 0 °C) ist deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Die Anzahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0 °C) liegt etwas unter dem vieljährigen Mittel. Die Wintermonate Dezember 2016 und Februar 2017 waren vergleichsweise mild. Zwar fiel die Minimumtemperatur in diesen Monaten oft unter die Null-Grad-Marke, aber die Maximumtemperatur blieb meist darüber. Im Januar, der im Vergleich zum vieljährigen Mittel zu kalt ausfiel, konnten einige Eistage beobachtet werden. In Bayern und Thüringen wurden die meisten Eistage registriert. Über ganz Deutschland wurden aber nur etwa 63 % der sonst üblichen Eistage beobachtet. Die Anzahl der registrierten Frosttage lag bei etwa 84 % des vieljährigen Mittels. Der milde Winter ist auch an der geringen Anzahl von Schneedeckentagen zu erkennen. Hier wurden etwa 70 % der sonst üblichen Anzahl von Schneedeckentagen registriert. Eine sehr hohe Abweichung zum vieljährigen Mittel wurde bei der Anzahl der Heißen Tage im Süden Deutschlands festgestellt (2 – 2,8-fache). Bei den Sommertagen lag die Anzahl bei etwa dem 1,4-fachen. Die Anzahl der Heißen Tage lag deutschlandweit 1,6-mal höher als normal.

Die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 10 mm erreichte in den meisten Bundesländern das vieljährige Mittel. Deutschlandweit summierte sich die Anzahl der Tage auf etwa 115 %. Auch bei der Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 20 mm und mindestens 30 mm wurden die vieljährigen Mittel teils deutlich überschritten. Nur in Sachsen, Bayern und Rheinland-Pfalz wurden die vieljährigen Mittel der Tage mit 20 bzw. 30 mm nicht erreicht.

Land	Eistage (Maximum unter 0°C)		Frosttage (Minimum unter 0°C)		Sommertage (Maximum mind. 25°C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30°C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit einer Schneedecke	
	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90	2017 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	7,8	37,9	46,7	66,2	19,1	90,2	0,0	0,0	26,1	142,8	5,7	183,1	1,2	185,7	9,1	29,4
Bremen	6,8	37,8	42,3	61,3	17,6	86,2	0,8	27,3	20,9	125,7	3,8	130,5	1,0	149,6	13,0	48,4
Berlin	13,6	55,9	66,2	81,8	41,3	115,0	6,4	91,5	18,0	152,2	4,6	191,7	2,3	351,5	18,0	48,1
Schleswig-Holstein	6,7	31,9	49,1	64,5	10,5	70,0	0,0	0,7	28,7	139,4	6,9	188,1	2,3	307,5	7,4	22,0
Niedersachsen	9,9	48,4	52,9	70,4	24,6	110,2	2,3	70,3	23,7	131,4	4,7	141,5	1,7	215,7	16,3	50,9
Nordrhein-Westfalen	8,5	49,3	56,1	79,6	34,2	136,6	5,8	144,0	23,6	98,9	4,8	94,0	1,3	104,5	19,2	62,0
Rheinland-Pfalz	13,5	62,2	69,3	82,1	43,8	151,3	10,7	213,5	22,8	102,4	4,4	91,7	1,1	79,5	28,9	77,3
Saarland	11,8	62,1	69,2	86,2	47,4	158,9	11,1	231,7	28,8	100,1	7,4	106,7	1,8	90,6	23,1	77,0
Baden-Württemberg	22,0	81,9	95,7	94,3	54,2	174,5	13,3	279,7	29,9	99,6	7,9	97,1	2,9	106,3	45,7	78,0
Hessen	15,7	61,4	78,4	87,3	41,5	149,7	7,5	170,2	24,6	115,0	6,0	130,4	2,1	165,9	32,1	73,0
Bayern	26,7	77,4	100,4	88,2	51,6	175,2	10,0	256,5	30,4	107,6	7,6	99,4	2,4	94,2	54,5	76,8
Mecklenburg-Vorpommern	10,9	41,4	64,2	78,2	19,2	97,2	0,7	26,7	18,8	147,4	5,1	222,5	2,6	458,9	19,4	48,2
Brandenburg	15,4	59,2	75,5	86,8	40,1	115,9	5,6	86,8	17,0	144,9	4,1	178,3	1,9	305,1	26,6	68,1
Sachsen-Anhalt	13,7	55,1	72,8	86,2	41,5	130,4	6,2	107,8	14,7	123,4	4,0	157,6	1,8	247,9	21,4	56,6
Sachsen	21,4	67,6	83,9	88,7	43,7	139,8	7,2	131,2	19,5	113,1	3,6	92,3	1,0	85,0	49,9	90,4
Thüringen	22,6	66,4	85,9	84,2	38,2	149,4	5,5	144,1	21,7	120,4	5,3	139,9	1,8	170,7	45,6	78,9
Deutschland	16,6	63,4	76,2	84,0	39,0	142,7	6,8	160,9	24,2	114,2	5,7	116,5	2,0	137,8	32,8	69,5

Tab. 1: Gebietsmittel der Anzahl der Tage mit klimatologischen Besonderheiten und Abweichung von der internationalen klimatologischen Referenzperiode in %

Mitteltemperatur

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90	2017	Abw. von 1961-90
Hamburg	0,5	0,0	2,8	1,6	7,2	3,3	7,5	0,0	14,0	1,6	16,7	1,0	17,1	0,1	17,1	0,3	13,8	0,1	12,0	2,2	6,2	1,0	4,1	2,1	9,6	1,6	17,0	0,5	10,7	1,1	2,5	1,3	9,9	1,1
Bremen	0,4	-0,5	3,3	1,9	7,5	3,6	7,7	0,1	14,3	1,9	17,1	1,6	17,5	0,7	17,2	0,5	13,8	0,1	12,3	2,5	6,4	1,2	4,2	2,0	9,8	1,8	17,2	0,8	10,8	1,2	2,6	1,1	10,1	1,2
Berlin	-1,0	-0,6	2,2	1,6	7,5	3,5	8,3	-0,1	15,2	1,6	18,3	1,2	18,8	0,5	19,0	1,2	13,9	-0,2	11,6	2,0	5,9	1,2	3,6	2,4	10,3	1,6	18,7	0,9	10,5	1,0	1,4	0,9	10,3	1,2
Schleswig-Holstein	0,9	0,6	2,5	1,8	6,3	3,2	7,0	0,4	13,2	1,7	16,1	1,1	16,5	0,2	16,7	0,5	13,6	0,4	11,9	2,4	6,2	1,2	4,0	2,2	8,8	1,7	16,4	0,6	10,6	1,4	2,6	1,7	9,6	1,3
Niedersachsen	-0,2	-0,8	3,2	2,1	7,5	3,6	7,5	0,0	14,3	2,0	17,1	1,7	17,5	0,8	17,1	0,6	13,4	-0,1	12,0	2,4	6,2	1,3	3,9	2,0	9,8	1,9	17,2	1,0	10,5	1,2	2,3	1,1	10,0	1,4
Nordrhein-Westfalen	-0,4	-1,5	4,5	2,7	8,3	3,8	7,6	-0,3	14,8	2,4	18,1	2,7	18,2	1,3	17,4	0,8	13,3	-0,3	12,1	2,3	6,0	0,9	3,8	1,5	10,3	2,0	17,9	1,6	10,4	0,9	2,6	0,9	10,3	1,3
Rheinland-Pfalz	-2,0	-2,2	4,1	3,0	8,1	3,9	8,0	0,2	14,7	2,5	18,6	3,3	18,8	1,7	17,9	1,3	12,7	-0,8	11,1	1,9	5,1	1,0	2,9	1,6	10,3	2,2	18,4	2,1	9,7	0,8	1,3	0,4	10,0	1,4
Saarland	-1,7	-2,2	4,3	2,7	8,4	3,8	8,4	0,2	15,1	2,6	18,8	3,2	19,1	1,6	18,1	1,2	12,7	-1,0	11,0	1,6	5,2	0,8	3,0	1,5	10,6	2,2	18,7	2,0	9,6	0,4	1,4	0,2	10,2	1,3
Baden-Württemberg	-3,6	-2,9	3,4	2,9	7,4	3,8	7,5	0,1	13,9	2,0	18,6	3,5	18,6	1,5	18,4	2,0	12,3	-1,0	10,4	1,7	4,2	0,7	1,7	1,4	9,6	2,0	18,5	2,3	9,0	0,5	0,2	0,2	9,4	1,3
Hessen	-2,5	-2,1	3,4	2,8	7,5	3,7	7,5	0,0	14,2	2,1	17,8	2,6	18,2	1,3	17,6	1,2	12,6	-0,6	10,9	2,0	4,9	1,1	2,7	1,9	9,7	1,9	17,9	1,7	9,5	0,9	0,8	0,5	9,6	1,4
Bayern	-4,9	-3,0	2,4	3,0	6,7	3,8	7,0	0,0	13,7	2,0	18,2	3,3	18,2	1,6	18,2	2,2	11,6	-1,2	10,0	1,9	3,8	1,0	0,9	1,5	9,2	2,0	18,2	2,4	8,5	0,6	-0,8	0,2	8,8	1,3
Mecklenburg-Vorpommern	-0,3	0,3	1,7	1,7	6,2	3,4	7,1	0,4	13,4	1,5	16,5	1,1	16,9	0,1	17,6	1,0	13,6	0,3	11,5	2,2	5,8	1,3	3,6	2,5	8,9	1,8	17,0	0,7	10,3	1,3	1,7	1,5	9,5	1,3
Brandenburg	-1,4	-0,6	2,0	1,9	7,0	3,5	7,8	0,0	14,6	1,5	17,9	1,4	18,4	0,5	18,5	1,1	13,6	-0,2	11,5	2,2	5,7	1,3	3,4	2,5	9,8	1,7	18,3	1,0	10,2	1,0	1,1	1,0	9,9	1,2
Sachsen-Anhalt	-1,4	-1,1	2,6	2,2	7,4	3,7	7,8	0,0	14,7	1,9	17,8	1,7	18,5	0,9	18,3	1,1	13,6	-0,1	11,8	2,4	5,8	1,3	3,5	2,3	10,0	1,9	18,2	1,3	10,4	1,2	1,4	1,0	10,0	1,3
Sachsen	-3,2	-2,0	2,2	2,5	6,8	3,6	7,1	-0,2	14,1	1,8	17,8	2,2	18,4	1,2	18,3	1,5	12,7	-0,7	11,1	2,1	5,0	1,2	2,4	2,1	9,3	1,7	18,2	1,7	9,6	0,9	0,3	0,7	9,4	1,3
Thüringen	-3,1	-1,8	2,3	2,7	6,7	3,9	6,9	0,1	13,8	2,1	17,2	2,3	17,9	1,5	17,6	1,6	12,2	-0,6	10,7	2,3	4,6	1,3	2,2	2,2	9,2	2,1	17,6	1,8	9,2	1,0	0,2	0,8	9,1	1,5
Deutschland	-2,1	-1,6	2,9	2,5	7,2	3,7	7,4	0,0	14,1	2,0	17,8	2,4	18,1	1,2	17,9	1,4	12,8	-0,5	11,1	2,1	5,1	1,1	2,7	1,9	9,6	1,9	17,9	1,6	9,7	0,9	1,0	0,8	9,6	1,4

Tab. 2: Gebietsmittel der Temperatur in °C und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in K

Niederschlagshöhe

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90
Hamburg	62,9	102,5	57,5	137,9	69,3	125,9	49,3	99,3	70,4	120,7	127,5	181,6	107,7	139,6	61,8	87,5	70,0	102,8	117,5	196,1	81,2	120,7	79,8	113,4	189,0	115,9	297,0	136,3	268,6	137,5	176,5	101,2	954,9	127,4
Bremen	68,2	114,9	50,7	126,3	64,4	126,6	31,6	66,0	34,6	57,8	114,1	156,0	106,8	142,2	72,2	102,1	79,9	130,2	88,2	151,1	72,2	109,9	84,5	132,2	130,6	82,3	293,1	133,8	240,3	129,6	154,5	93,9	867,5	119,4
Berlin	37,8	89,3	30,1	85,6	49,0	133,2	26,1	64,8	27,2	50,0	185,7	265,7	157,4	295,4	60,5	102,5	33,0	72,4	81,9	234,4	67,9	141,9	40,3	75,6	102,3	77,8	403,5	221,5	182,8	142,4	115,7	88,6	796,9	139,1
Schleswig-Holstein	49,8	77,5	57,0	137,1	56,6	107,6	50,6	103,2	54,5	102,0	128,3	186,0	100,9	126,0	81,8	111,8	96,3	127,8	142,0	193,9	91,0	109,5	89,7	122,5	161,7	104,3	311,1	140,0	329,4	142,2	156,8	87,2	998,6	126,7
Niedersachsen	60,5	97,6	51,4	116,2	56,3	102,8	33,7	64,8	48,2	78,7	101,6	133,0	138,0	189,8	72,4	102,9	82,7	137,8	83,2	149,6	78,2	117,7	83,8	119,7	138,3	82,3	312,0	142,2	244,1	134,1	147,3	83,1	890,0	119,4
Nordrhein-Westfalen	51,1	66,5	65,9	114,6	59,6	83,8	22,8	36,9	49,8	69,2	54,0	64,1	134,1	162,8	85,3	117,1	91,3	136,1	67,0	107,5	84,2	107,0	110,1	124,8	132,2	64,5	273,4	114,2	242,5	116,5	143,7	64,5	875,3	100,0
Rheinland-Pfalz	35,8	53,7	46,0	80,4	46,3	72,9	9,1	15,9	57,9	82,5	54,9	72,0	124,1	172,5	76,8	110,0	75,3	125,7	42,5	67,0	88,0	117,1	111,3	146,3	113,3	59,4	255,8	117,4	205,8	103,7	92,6	46,4	768,0	95,1
Saarland	41,9	48,8	67,3	93,9	69,4	87,7	5,2	8,2	57,7	73,1	65,6	81,6	128,4	178,0	63,7	87,1	89,6	129,0	44,9	58,6	132,5	139,4	144,2	146,5	132,3	59,7	257,8	114,3	267,0	110,7	120,0	47,0	910,5	96,4
Baden-Württemberg	43,5	58,1	46,8	69,0	67,7	96,4	57,7	74,3	83,0	86,8	81,1	75,8	134,1	147,9	97,7	103,6	67,1	96,1	65,2	96,3	119,2	145,6	94,0	114,3	208,5	85,6	312,9	107,2	251,5	114,6	96,3	43,0	957,1	97,7
Hessen	35,2	55,7	41,1	79,0	51,4	83,5	20,0	34,0	72,9	103,4	64,0	80,1	159,2	218,9	97,0	139,4	62,7	109,2	53,1	90,0	85,9	120,4	93,5	121,1	144,3	75,6	320,3	144,1	201,7	107,5	91,1	47,2	836,0	105,4
Bayern	46,5	70,0	41,0	70,8	68,1	109,1	72,3	103,3	78,2	86,6	85,4	76,4	138,0	136,3	113,2	111,8	75,3	104,2	77,7	126,4	86,5	123,5	85,8	113,7	218,6	98,1	336,6	107,1	239,6	117,6	101,6	50,8	968,1	102,9
Mecklenburg-Vorpommern	43,9	97,0	36,0	114,6	47,2	115,0	49,0	117,1	57,1	111,3	128,7	205,5	125,2	190,9	51,6	87,9	44,5	87,5	112,1	266,7	61,2	117,6	45,2	86,8	153,2	114,1	305,4	163,4	217,8	150,3	132,4	101,7	801,5	134,8
Brandenburg	36,8	91,2	34,9	107,2	46,8	128,7	29,3	71,6	38,2	71,1	126,9	197,0	127,8	237,8	64,6	110,1	33,9	75,9	79,1	215,1	60,5	133,8	40,2	80,6	114,3	87,2	319,3	180,6	173,5	136,9	116,6	94,8	719,1	129,0
Sachsen-Anhalt	36,2	93,6	32,0	96,3	41,0	103,2	23,6	54,5	49,5	95,4	90,7	144,4	114,9	220,2	63,1	107,0	35,1	84,4	53,7	150,8	55,7	129,9	39,8	85,3	114,1	84,6	268,6	154,4	144,5	120,4	93,3	78,3	635,2	116,0
Sachsen	44,3	90,7	35,0	82,2	56,7	121,4	43,7	76,2	32,4	48,5	83,7	109,6	109,6	159,1	93,6	121,4	41,4	75,1	89,7	190,2	64,1	122,5	53,1	88,2	132,8	77,7	286,9	129,1	195,1	126,2	125,9	82,8	747,3	106,8
Thüringen	35,7	70,0	36,0	81,3	53,2	102,5	26,7	45,8	57,7	87,7	75,2	95,9	159,7	255,2	89,3	128,9	47,1	92,4	71,2	149,2	70,8	125,9	60,6	95,5	137,6	78,2	324,1	154,2	189,0	122,0	92,0	57,7	783,0	111,9
Deutschland	45,2	74,3	44,6	90,3	57,0	100,8	41,4	71,1	59,6	83,8	89,3	105,5	132,4	170,7	85,6	110,9	66,3	108,4	76,7	137,4	81,5	122,8	79,1	112,7	157,9	84,9	307,3	128,4	224,6	122,5	116,3	64,4	858,7	108,8

Tab. 3: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe in mm und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Sonnenscheindauer

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90	2017	Proz. von 1961-90
Hamburg	58,1	149,9	49,6	77,5	134,6	133,7	157,1	100,4	214,1	100,4	221,2	102,5	181,9	90,3	190,4	94,8	124,3	89,6	85,6	88,7	34,4	70,0	23,3	74,3	505,8	107,5	593,5	96,0	244,3	85,9	148,0	110,7	1474,5	97,8
Bremen	61,2	156,2	50,9	75,3	141,4	139,3	157,8	102,0	205,8	100,2	210,1	103,1	186,6	97,1	180,6	93,5	115,6	85,3	85,8	88,0	38,0	75,0	19,7	58,9	505,0	109,4	577,3	98,0	239,4	84,4	158,9	113,7	1453,6	98,6
Berlin	58,2	137,0	64,5	91,5	129,1	107,2	146,6	91,0	224,4	99,5	232,3	102,6	210,2	94,0	222,0	103,6	147,0	94,2	79,0	72,3	47,0	93,8	34,6	99,2	500,0	98,6	664,5	100,0	273,0	86,6	175,0	118,8	1594,8	97,6
Schleswig-Holstein	57,6	146,5	43,8	67,6	131,3	125,6	163,0	99,1	229,3	102,9	215,5	95,8	188,6	89,9	190,2	90,4	124,9	87,2	85,3	87,1	43,6	86,5	25,9	74,9	523,6	106,5	594,3	92,1	253,8	87,1	134,0	97,0	1499,0	95,7
Niedersachsen	59,7	155,9	51,9	78,7	141,3	138,3	153,1	101,1	204,4	101,4	204,9	102,5	179,4	93,7	182,5	95,2	113,4	84,1	82,9	84,1	32,5	66,7	19,1	60,7	498,9	109,6	566,7	97,2	228,8	81,1	162,9	120,4	1425,0	97,9
Nordrhein-Westfalen	78,8	189,3	61,5	85,0	149,3	144,6	148,0	100,1	213,5	112,5	204,8	111,5	181,6	96,9	170,1	93,1	116,8	86,5	86,5	81,0	36,1	68,7	11,5	31,1	510,9	115,9	556,5	100,5	239,4	81,3	212,5	140,9	1458,6	101,3
Rheinland-Pfalz	78,5	194,0	63,2	86,5	159,4	144,4	188,6	124,7	226,5	118,4	252,0	131,4	203,6	97,2	187,1	96,8	126,8	84,1	101,1	96,5	41,1	78,1	15,9	41,8	574,5	126,9	642,7	108,1	269,0	87,3	205,0	135,1	1643,9	109,1
Saarland	74,4	188,5	57,3	75,5	160,6	141,2	204,2	131,8	240,8	121,1	271,6	133,4	213,1	94,3	184,9	91,7	129,2	81,8	99,2	93,4	38,8	72,8	14,5	36,6	605,6	129,6	669,6	106,1	267,3	84,2	200,2	129,3	1688,6	107,5
Baden-Württemberg	82,9	170,0	87,1	114,3	177,4	151,6	178,2	118,2	228,1	120,6	277,1	137,5	214,5	93,8	219,2	106,4	134,6	81,0	132,3	113,3	44,7	72,7	38,7	87,0	583,6	127,7	710,8	111,7	311,6	90,5	265,1	156,5	1814,6	112,9
Hessen	80,2	224,2	67,7	98,0	148,0	138,7	160,9	106,1	211,1	109,0	226,3	118,0	188,3	92,2	193,6	102,0	108,2	76,1	87,0	87,5	30,0	69,4	14,0	44,1	520,0	115,0	608,2	103,8	225,2	79,0	201,5	147,7	1515,4	103,8
Bayern	87,8	177,0	89,8	115,5	158,6	133,3	144,3	94,0	237,5	122,7	273,8	137,1	213,8	96,7	232,7	115,1	115,5	72,0	114,4	97,0	41,3	72,6	39,8	91,1	540,4	116,0	720,2	115,6	271,1	80,9	245,8	143,8	1749,2	109,6
Mecklenburg-Vorpommern	53,7	131,3	54,6	81,1	127,6	112,4	150,0	89,7	233,9	99,3	231,4	98,0	188,1	84,5	212,9	98,1	135,3	87,6	78,0	74,4	40,1	76,6	26,1	71,4	511,4	99,1	632,4	93,6	253,4	81,3	150,5	104,5	1531,7	92,9
Brandenburg	59,1	135,2	65,2	92,8	132,5	110,5	146,6	90,2	230,4	102,7	237,4	105,4	201,9	90,4	221,7	104,1	137,8	88,5	85,1	77,7	43,0	85,2	32,9	90,7	509,4	100,5	661,0	99,9	265,9	84,3	180,2	120,3	1593,4	97,5
Sachsen-Anhalt	63,1	148,6	61,8	91,3	142,3	130,1	145,5	95,7	220,6	107,0	232,9	113,7	185,9	89,8	206,6	104,2	123,1	85,6	90,8	87,1	39,6	78,4	29,8	83,8	508,4	108,8	625,3	102,5	253,5	84,9	190,7	131,2	1541,8	101,3
Sachsen	73,3	147,9	71,2	101,3	136,5	124,4	126,9	84,9	230,6	114,8	261,3	130,2	196,4	93,7	225,2	113,3	116,8	79,0	94,6	80,3	38,7	72,2	38,3	93,4	494,0	107,4	682,9	112,1	250,1	78,3	228,1	142,0	1609,9	103,9
Thüringen	78,5	184,0	67,0	97,1	141,7	134,3	132,9	90,2	210,7	107,9	236,3	121,8	179,2	87,4	211,7	110,1	102,0	71,3	88,7	82,9	33,3	68,5	26,5	73,4	485,3	108,3	627,2	106,0	224,0	75,0	219,5	148,5	1508,4	101,5
Deutschland	73,0	167,4	68,7	96,1	148,4	133,4	153,2	99,6	223,9	111,1	241,2	118,7	196,2	93,1	206,5	103,5	121,1	81,0	97,1	89,5	38,9	73,7	27,8	73,1	525,5	112,6	643,9	105,0	257,1	82,7	206,2	134,9	1596,1	103,4

Tab. 4: Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Stunden und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

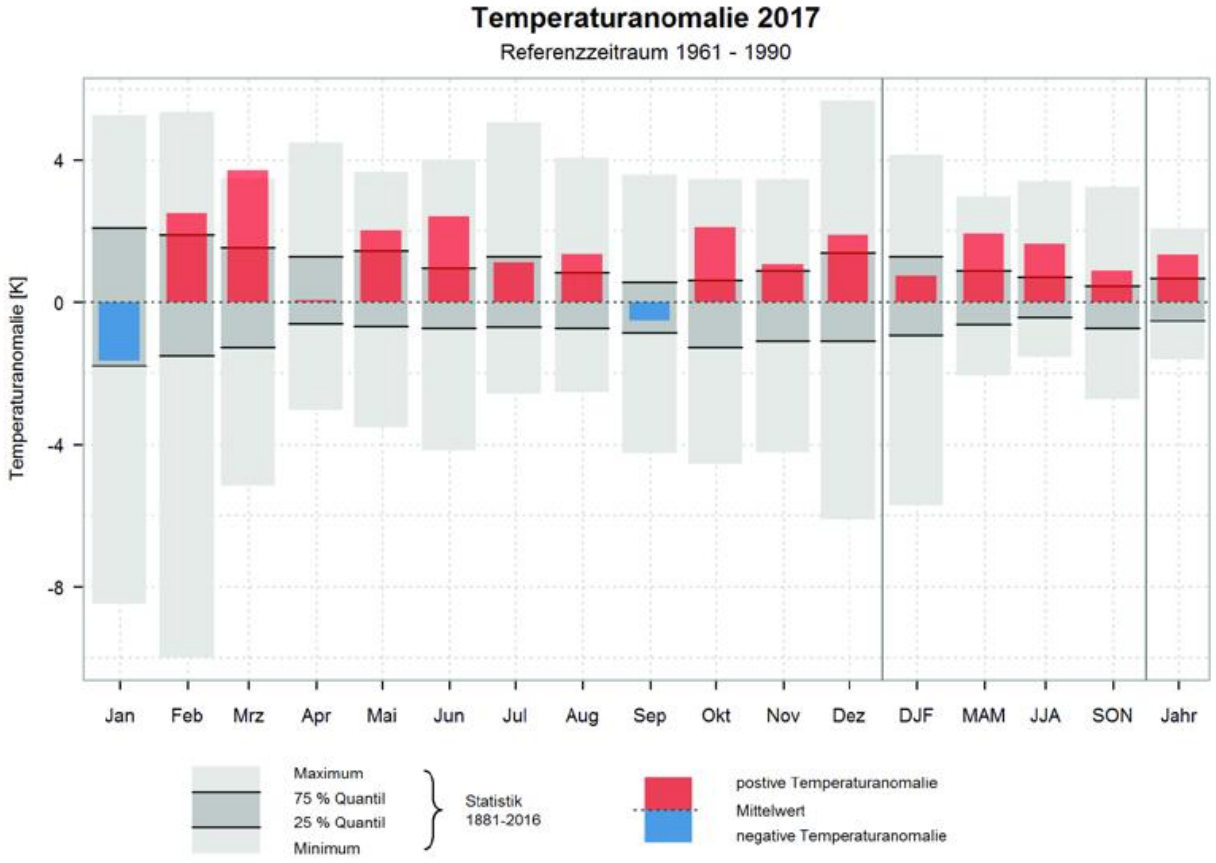


Abb. 5: Anomalien/Abweichungen von Monats- und Quartalsmitteln der Lufttemperatur des Jahres 2017 gegenüber den Mittelwerten der int. Referenzperiode 1961-1990. Der so genannte Interquartilsabstand, also der Bereich in den im Mittel 50 % der jeweiligen Werte fallen („Normalbereich"), ist dunkelgrau hinterlegt. Der größere, hellgraue Bereich gibt den Gesamtbereich aller jeweils beobachteten Mittelwerte, vom höchsten bis zum niedrigsten Wert, vom Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen bis zum Jahr 2016.

Die Abb. 5 zeigt die im Jahr 2017 beobachteten Temperaturanomalien (rot wärmer als normal, blau kälter als normal) für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr im Vergleich zu den bisher registrierten Werten des Zeitraums 1961-1990. Der hellere Grauton beschreibt die bisherige Spannbreite der beobachteten Minima und Maxima für die entsprechende Periode. Der Bereich in denen die meisten der bisher beobachteten Anomalien fällt, ist dunkelgrau eingefärbt (50 % aller Beobachtungen). In dieser Abbildung wird deutlich, dass nur der Januar und der September kälter waren als die vieljährigen Mittelwerte. Die Anomalien der anderen Monate bewegen sich im positiven Bereich und haben sogar das 75% Quantil überschritten, d.h. sie gehören zu den deutlich wärmeren Monaten. Die Anomalie im März liegt sogar über den bisher beobachteten Werten, ein neuer Temperaturrekord wurde registriert. Auch die Jahreszeiten und das Jahr zeigen ein ähnliches Verhalten.

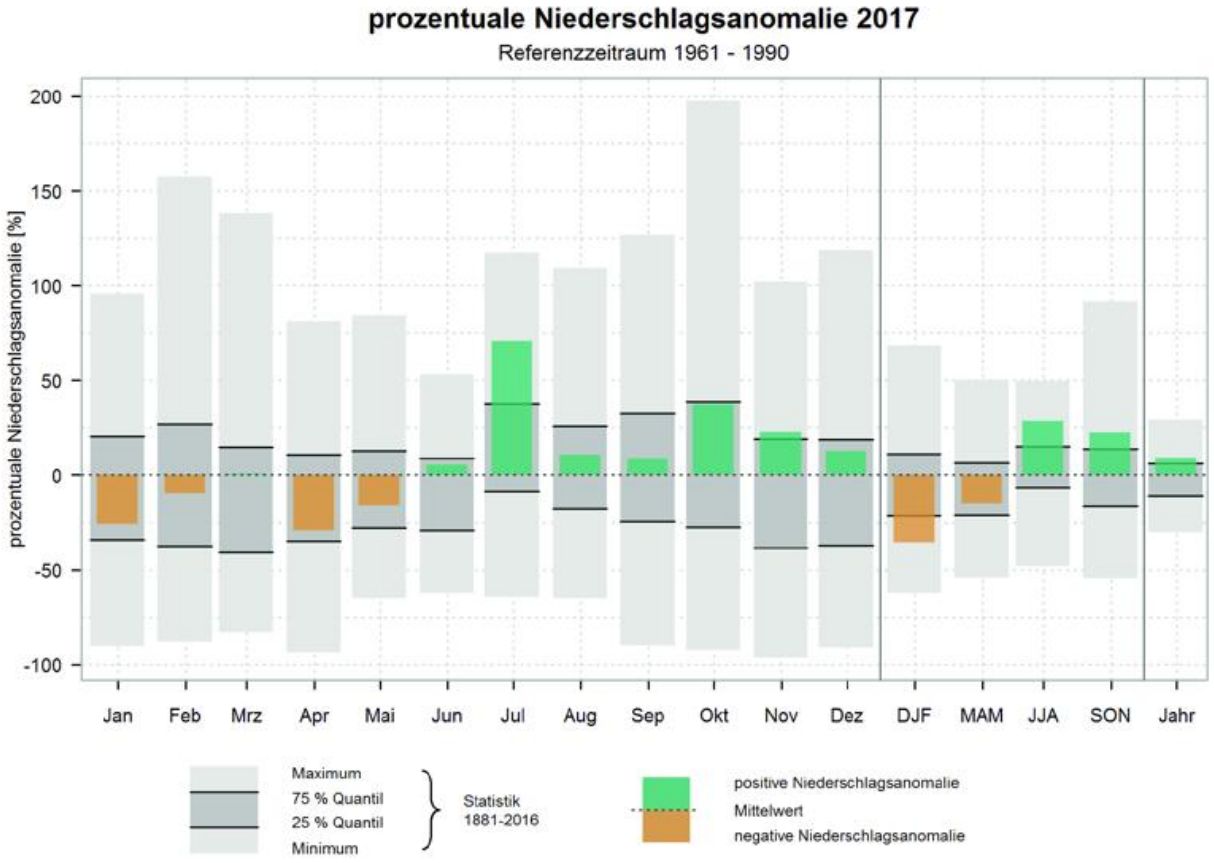


Abb. 6: Anomalien/Abweichungen von Monats- und Quartalsmitteln des Niederschlags des Jahres 2017 gegenüber den Mittelwerten der int. Referenzperiode 1961-1990. Der so genannte Interquartilsabstand, also der Bereich in den im Mittel 50 % der jeweiligen Werte fallen („Normalbereich"), ist dunkelgrau hinterlegt. Der größere, hellgraue Bereich gibt den Gesamtbereich aller jeweils beobachteten Mittelwerte an, vom höchsten bis zum niedrigsten Wert, vom Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen bis zum Jahr 2016.

Die prozentuale Abweichung der Niederschläge für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr wird in der Abb. 6 gezeigt. Die Monate Januar, Februar, April und Mai waren zu trocken. Die Monate der zweiten Jahreshälfte brachten mehr Niederschlag. Besonders viel Niederschlag wurde im Juli gemessen. In Niedersachsen wurden im Umland des Harzes Überschwemmungen registriert. Der Winter und der Frühling waren zu trocken, der Sommer und der Herbst zu nass. In Summe lag der beobachtete Niederschlag im Gesamtjahr etwas über dem vieljährigen Mittel.

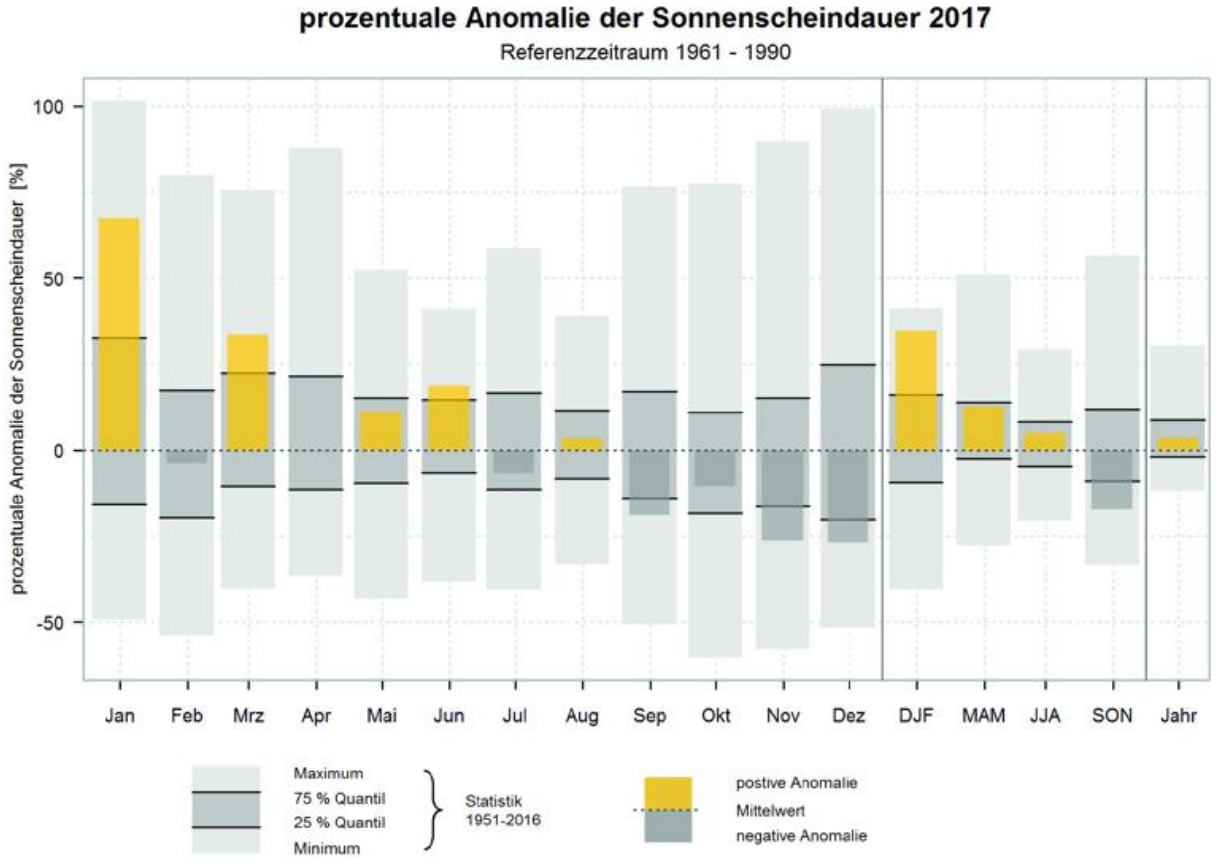
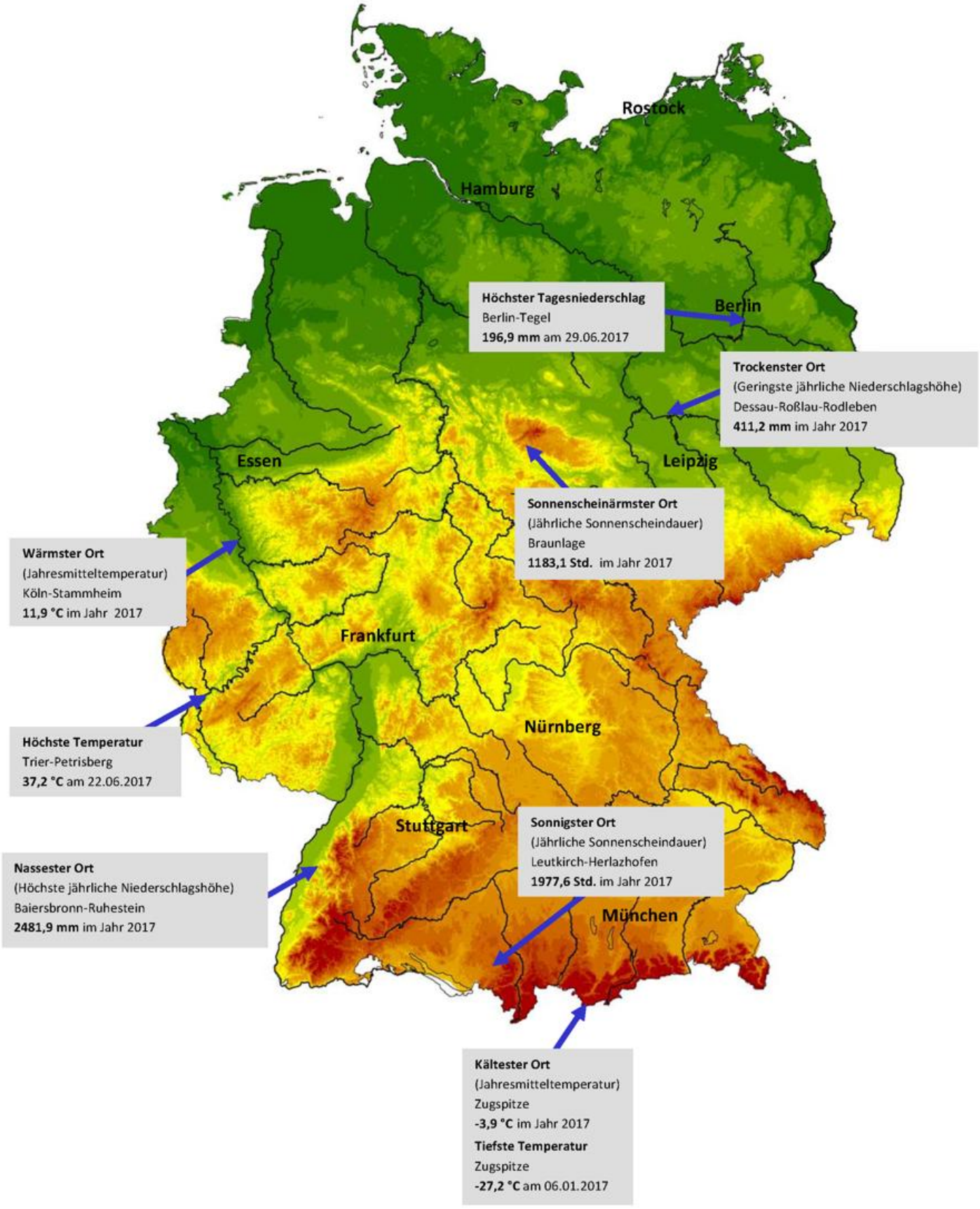


Abb. 7: Anomalien/Abweichungen von Monats- und Quartalsmitteln der Sonnenscheindauer des Jahres 2017 gegenüber den Mittelwerten der int. Referenzperiode 1961-1990. Der so genannte Interquartilsabstand, also der Bereich in den im Mittel 50 % der jeweiligen Werte fallen („Normalbereich"), ist dunkelgrau hinterlegt. Der größere, hellgraue Bereich gibt den Gesamtbereich aller jeweils beobachteten Mittelwerte an, vom höchsten bis zum niedrigsten Wert, vom Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen bis 2016.

Während in der ersten Jahreshälfte recht häufig die Sonne schien (Abb. 7), war die zweite Jahreshälfte etwas trüber. Prozentual gesehen hat der Januar die höchste Abweichung. Damit erreichte auch der Winter einen deutlichen Sonnenscheinüberschuss. September, Oktober und November waren sehr trüb. Das wird auch bei der Bilanz für den Herbst deutlich. Insgesamt ergibt sich aber ein leichter Sonnenscheinüberschuss.

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2017

M. Gerber

Das solare Strahlungsangebot lag 2017 mit 1078 kWh/m² – ähnlich wie im Vorjahr – über den langjährigen Mittelwerten. Das deutschlandweite Flächenmittel aus dem Zeitraum 1981-2010 von 1054 kWh/m² wurde um 2,3 % überschritten.

Im Norden wurden die langjährigen Mittelwerte erreicht oder knapp unterschritten. Wenig Strahlung im deutschlandweiten Vergleich erfuhr der Osten von Nordrhein-Westfalen mit Werten verbreitet unter 950 kWh/m², örtlich unter 901 kWh/m². Die Osthälfte von Norddeutschland und das Emsland erreichten Werten bis 1050 kWh/m². An den Küsten von Nord-und Ostsee, die auch im langjährigen Mittel bevorzugt sind, gab es regional höhere Werte.

Der Süden Deutschlands profitierte 2017 von Strahlungswerten zwischen 1051 und 1250 kWh/m², die über den langjährigen Mittelwerten liegen. Die Spitzenwerte der solaren Strahlung über 1250 kWh/m² wurden in Bodenseenähe und in Hochlagen der Alpen verzeichnet. Verbreitet positive Abweichungen bis zu 6 % gab es im westlichen Nordrhein-Westfalen, in der Südhälfte der Mittelgebirge, in Sachsen und südlich von Mosel und Main.

Das Jahr startete strahlungsreich im Januar mit 117 % des Monatssolls des deutschlandweiten Mittels der Globalstrahlung, wohingegen der Februar nur 93 % des langjährigen Mittels brachte. Das Frühjahr mit 106 % des Solls und der Sommer mit 103 % bewirkten ein Plus bei der Strahlung. Die Monate September und Oktober mit weniger Strahlung und die sehr strahlungsarmen Monate November und Dezember änderten die leicht positive Jahresbilanz 2017 nicht.

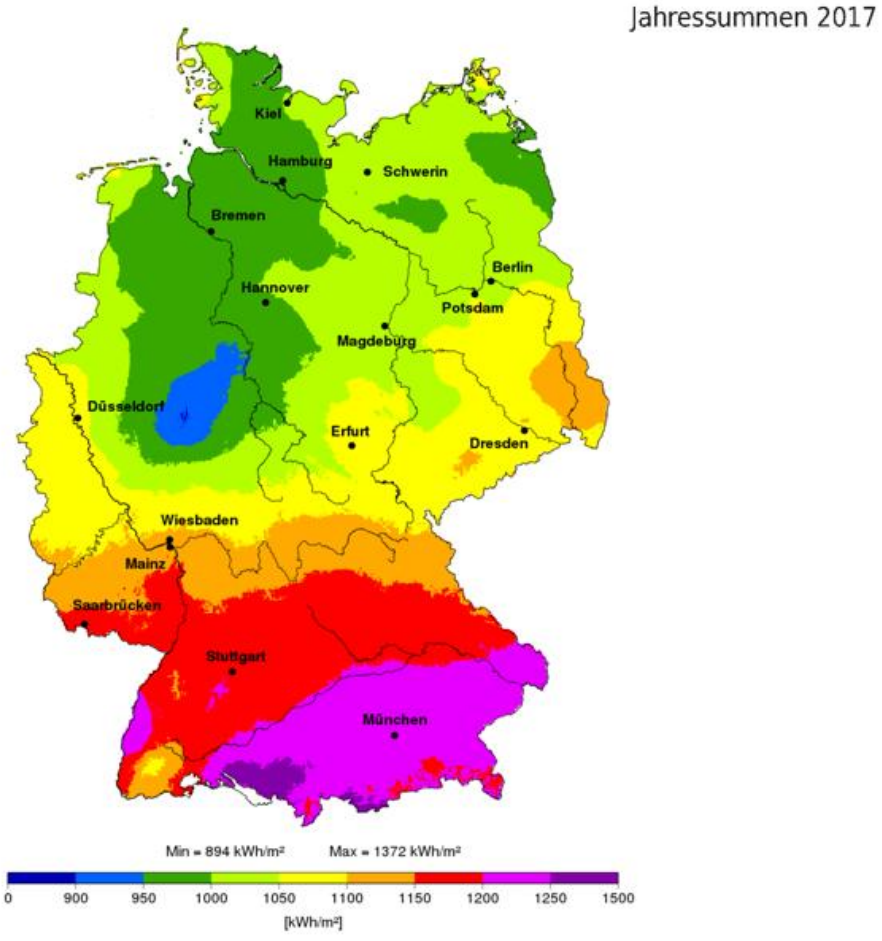


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2017

Das Klima der deutschen Küstengebiete 2017

C. Lefebvre

Mit Jahresmitteltemperaturen zwischen 9 und 11 °C und Abweichungen von 1 bis 2 K zum Mittel des Klimareferenzzeitraumes 1961-1990 war 2017 in den deutschen Küstengebieten ähnlich warm wie die beiden Vorjahre.

In allen Monaten wurde ein überdurchschnittliches Temperaturniveau verzeichnet. Im Jahresverlauf war der Januar meist der kälteste, der August der wärmste Monat. Die höchsten Abweichungen zu den Monatsmitteln traten im März auf, in dem die Temperaturen um 2,5 bis 3,5 K über den Mittelwerten lagen. Sehr mild war auch der Oktober mit Anomalien von 2 bis 3 K. Im Juli und September erreichten die Abweichungen dagegen nur bis zu 1 K, wobei sie vereinzelt sogar leicht negativ waren. Auffällig ist das überdurchschnittliche Temperaturniveau im letzten Jahresviertel (vgl. Abb. 1).

Gleich nach Jahresbeginn löste am 3./4. **Januar** das Sturmtief „Axel" eine Sturmflut an Nord- und Ostsee aus. Nach einer kurzen Kältewelle verursachten vom 11. bis 14. Januar weitere kräftige Tiefdruckgebiete, die über den Norden Europas zogen, eine Serie von drei Sturmfluten an der Nordsee und nachfolgend Schneefall, bevor sich Hochdruckeinfluss durchsetzte. An der Nordsee und an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste trat in 11 bis 20 Nächten Luftfrost auf, was in etwa den vieljährigen Vergleichswerten entspricht oder leicht darunter liegt. An der Küste Mecklenburg-Vorpommerns, wo sich verbreitet eine bis zu 14 Tage andauernde Schneedecke hielt, wurden 20 bis 26 Nächte mit Luftfrost gezählt und damit bis zu 6 mehr als üblich. Im **Februar** sorgte Hochdruckeinfluss vom 7. bis 14. für frostiges Wetter. An der Nordsee und an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste wurden meist 9 Frosttage (Minimum der Lufttemperatur unter 0 °C) verzeichnet, an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns 13 bis 15. Dabei blieb an 3 bis 6 Tagen auch tagsüber die Temperatur unter dem Gefrierpunkt. Ab Monatsmitte herrschte dann eine kräftige westliche Strömung, mit der feuchte, milde Luftmassen herangeführt wurden. Nachts gab es nun keinen Forst mehr. Mit Monatsmitteltemperaturen von 1 bis 4 °C fiel der Februar um 1 bis 2 K zu mild aus. Der **März** war im Flächenmittel von Deutschland der bisher wärmste März seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Im Küstenraum war der März mit Monatsmitteltemperaturen zwischen 5 und 8 °C zwar auch deutlich zu warm (um 2,5 bis 3,5 K), aber nicht so warm wie in den Jahren 1990 und 2007. Am 31. März wurden vielfach 20 bis 22 °C gemessen, womit an den Küsten gebietsweise neue Rekordwerte für März aufgestellt wurden. Der **April** fiel mit Monatsmittelwerten zwischen 6 und 8,5 °C um bis zu 1,5 K zu mild aus. Im **Mai** stiegen die Tagestemperaturen bei Zufuhr subtropischer Luftmassen auf Höchstwerte von 25 bis 30 °C, auf Helgoland bis 20 °C an. Insgesamt fiel der Mai zu trocken und mit Monatsmitteltemperaturen zwischen 11 und 14 °C um 1 bis 2 K zu warm aus. Die Zahl der Sommertage (Maximum der Lufttemperatur von 25 °C und darüber) lag mit bis zu 5 über dem Durchschnitt. Um 1 bis 2 K zu warm war auch der **Juni**, in dem ebenfalls bis zu 5 Sommertage gezählt wurden. Während in der zweiten Monatsdekade überwiegend trockenes und sonniges Wetter herrschte, waren die erste und dritte durch wechselhaftes und überdurchschnittlich nasses Wetter geprägt. Auch der **Juli** fiel – mit Ausnahme von Nordfriesland – zu nass aus, wobei sich die Temperaturen im Bereich der vieljährigen Mittel bewegten. Mit maximal 3 Sommertagen blieb deren Anzahl unter dem Durchschnitt. Und auch der **August** ließ trotz leicht überdurchschnittlicher Temperaturen verbreitet kein Gefühl von Sommer aufkommen. Nur an der Küste Mecklenburg Vorpommerns blieben die Niederschläge unter dem Durchschnitt und die Anzahl der Sommertage lag mit bis zu 7 (am Kleinen Haff sogar 10) meist leicht über den Mittelwerten. Insgesamt fehlte es in diesem Sommer an einem sich über eine Woche oder länger erstreckenden Abschnitt mit trockenem Wetter und Hitze. Der **September** war dann schon herbstlich geprägt. Er war bei Mitteltemperaturen zwischen 13 und 16 °C zwar geringfügig zu warm, aber Tageshöchsttemperaturen von 20 °C und mehr waren die Ausnahme. Insbesondere an der Nordsee und der westlichen Ostsee wurde mehr Niederschlag verzeichnet als üblich. Bereits am 13. September gab es mit Tief „Sebastian" ungewöhnlich früh den ersten Herbststurm. Böen bis Orkanstärke verursachten große Schäden. Im **Oktober** setzte sich das stürmische Wetter fort. Am 5. Oktober zog das Sturmtief „Xavier" über Norddeutschland hinweg. Am 28./29. folgte dann „Herwart" mit Böen bis Orkanstärke. Sowohl „Xavier" als auch „Herwart" hinterließen in Deutschland und den Nachbarländern zahlreiche Schäden und auch Todesopfer. Dabei war der Oktober mit Mitteltemperaturen zwischen 11 und 14 °C zwar um 1,5 bis 3,5 K zu warm, aber auch viel zu nass. Im **November** lag das Temperaturniveau um 1 bis 2 K über dem Durchschnitt. Es gab die ersten Nachtfröste, aber weniger als üblich. Und auch im **Dezember** blieb die Anzahl der Frosttage mit meist nur bis zu 5 sowie 9 bis 13 östlich von Rügen deutlich unter dem Durchschnitt. Die Monatsmitteltemperaturen lagen mit 3 bis 6 °C um 1,5 bis 2,5 K über dem vieljährigen Mittel. Mit Tageshöchstwerten von 8 bis 12 °C, den höchsten des Monats, klang das Jahr ungewöhnlich mild aus. Einen Hauch von Winter verbreitete eine Schneedecke von wenigen Zentimetern Dicke, die sich gebietsweise am 10./11. und am 17. bildete, aber nur jeweils 1 bis 2 Tage liegen blieb.

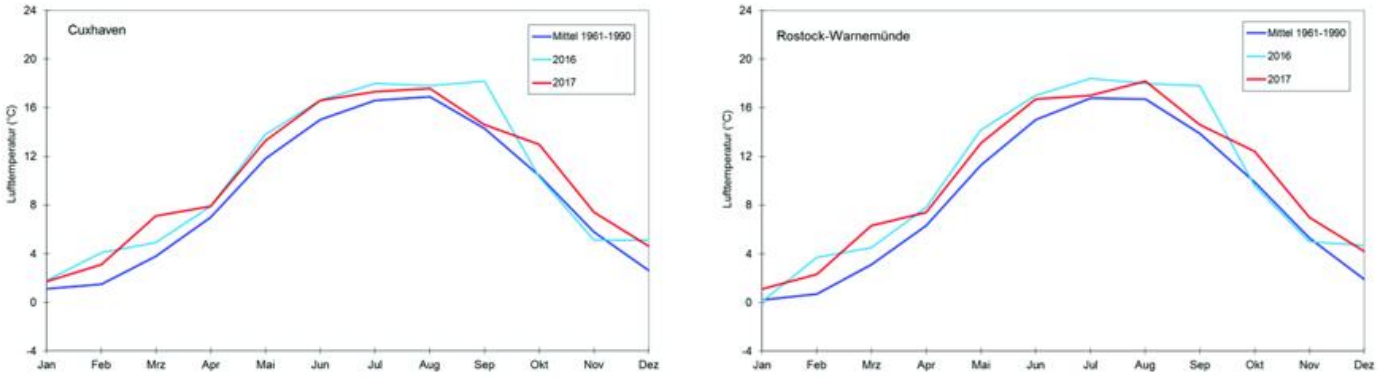


Abb. 1: Jahresgang der Lufttemperatur in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Das überdurchschnittliche Temperaturniveau des gesamten Jahres spiegelt sich – anders als im Vorjahr - nicht in der Anzahl der Sommertage (Maximum der Lufttemperatur von 25 °C und darüber), sondern nur in der geringen Anzahl an Frosttagen (Minimum der Lufttemperatur unter 0 °C) und Eistagen (Maximum der Lufttemperatur unter 0 °C) wider. An der Nordsee trat nur an 20 bis 30 Tagen, auf Helgoland an 14 Tagen Nachtfrost auf. Das ist nicht einmal halb so viel wie im Mittel. An der Ostsee trat verbreitet an 35 bis 45 Tagen Nachtfrost auf, östlich von Rügen an 60 bis 70 Tagen. Hier wurden die Durchschnittswerte vielfach um rund 20 Tage unterschritten. Dauerfrost gab es meist nur an 1 bis 10 Tagen, während im Durchschnitt zwischen 10 und 30 solcher Eistage im Jahr erwartet werden. Die Zahl der Sommertage (Maximum der Lufttemperatur von 25 °C und mehr) lag unter 20 und war allgemein geringer als im Vorjahr. Im Bereich der Mündungsgebiete von Elbe und Weser sowie an den Nord- und Ostseeküsten Schleswig-Holsteins traten bis zu 6 Sommertage weniger auf als üblich. Weiter östlich wurden an der Ostseeküste zwischen Boltenhagen und Rostock dagegen bis zu 5 Sommertage mehr verzeichnet als gewöhnlich. Heiße Tage (Maximum der Lufttemperatur von 30 °C und mehr) gab es im Insel- und Küstenbereich von Nordsee und westlicher Ostsee nicht. Ihre Anzahl nahm nach Osten hin zu, wo sie mit 1 bis 2 die Mittelwerte erreichten.

Während das Vorjahr zu trocken ausfiel, brachte 2017 durchweg überdurchschnittliche Niederschläge. An der Nordsee fielen 800 bis 1100 mm, an der Ostsee 600 bis 900 mm. Damit wurden die Mittelwerte um 10 bis 50 % überschritten. Auch die Zahl der Tage mit Niederschlagshöhen von mindestens 1 mm bzw. 10 mm lag meist über den Vergleichswerten. Tagesniederschläge von mindestens 1 mm wurden an 120 bis 160 Tagen verzeichnet. Das sind rund 10 bis 20 Tage mehr als üblich.

Zu den verbreitet sehr niederschlagsreichen Monaten zählten der Juni und Juli sowie der Oktober (vgl. Abb. 2), an der Nordsee auch der September. Insbesondere Ende Juni und in der letzten Julidekade kam es im Bereich von Tiefausläufern und Gewittern örtlich zu Tagesniederschlägen von 20 bis um 50 mm. Im Oktober sorgte Sturmtief XAVIER am 5. für Tagesniederschläge dieser Größenordnung. Im Juni lagen die Niederschlagshöhen um 40 bis 100 % über den Mittelwerten. Auch der Juli war meist ähnlich niederschlagsreich. Der meiste Niederschlag fiel im Oktober. An der Ostseeküste wurde mit 100 bis 120 mm das 2- bis 3-fache der Monatsmittel registriert. Mehr Niederschlag fiel mit rund 130 bis 160 mm an verschiedenen Küstenabschnitten der Nordsee und auf Helgoland, wo der Oktober generell feuchter und daher die prozentualen Abweichungen mit maximal 70 bis 80 % geringer waren. Im Nordseeraum fielen nahezu alle Monate der 2. Jahreshälfte zu nass aus. Das hohe Niederschlagsaufkommen beschränkte im Herbst die Bodenbefahrbarkeit der Äcker, so dass gebietsweise die Ernte nicht beendet und das Einbringen von Wintersaaten nicht erfolgen konnte.

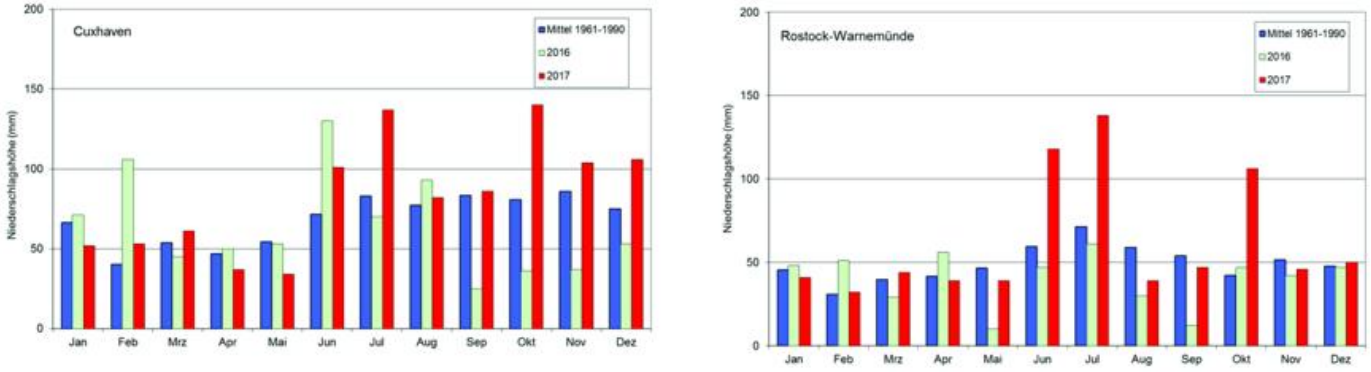


Abb. 2: Jahresgang der Niederschlagshöhe in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Eine geschlossene Schneedecke wurde gebietsweise im Januar, Februar und Dezember beobachtet. Der Schnee blieb nur im Januar und Februar in Vorpommern für längere Zeit liegen, wobei die Schneehöhen meist unterhalb von 10 cm lagen.

Während die Sonnenscheindauer für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik leicht über dem Durchschnitt lag, blieb sie an den deutschen Küsten mit 1400 und 1700 Stunden vielfach darunter. Meist wurden die vieljährigen Jahresmittel damit um bis zu 10 % unterschritten, an der Nordsee regional aber auch bis zu 10 % überschritten. Am sonnenscheinärmsten war im Jahresverlauf der ohnehin sonnenscheinarme Dezember. Meist zeigte sich die Sonne weniger als 40 Stunden (vgl. Abb. 3), an der Nordsee mit 20 bis 30 Stunden meist nur zu 50 bis 75 % der sonst üblichen Zeit.

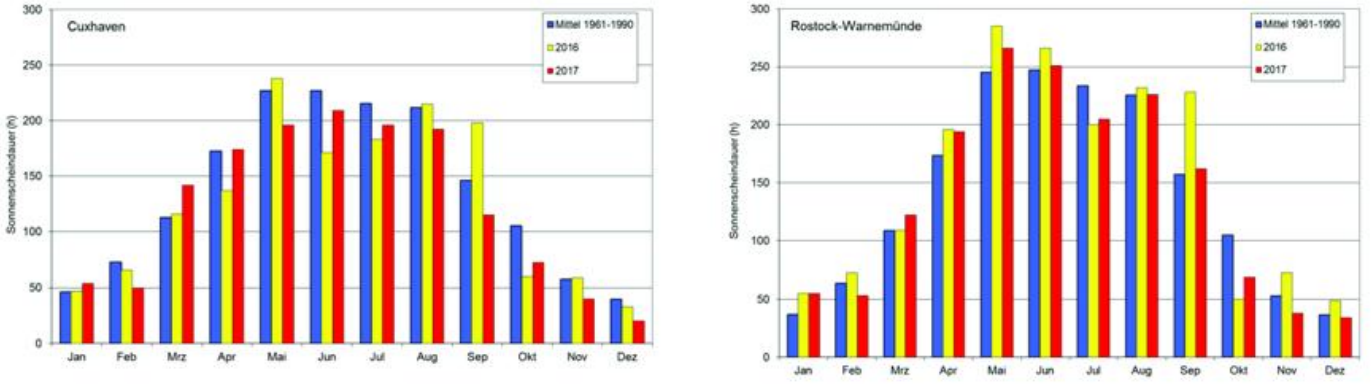


Abb. 3: Jahresgang der Sonnenscheindauer in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Nord- und Ostsee waren ähnlich warm wie im Vorjahr. Die Oberflächentemperatur der Nordsee betrug im Jahresmittel 10,8 °C und lag damit um 1 K über dem Mittelwert des Zeitraums 1971 bis 1993 (Abb. 4).

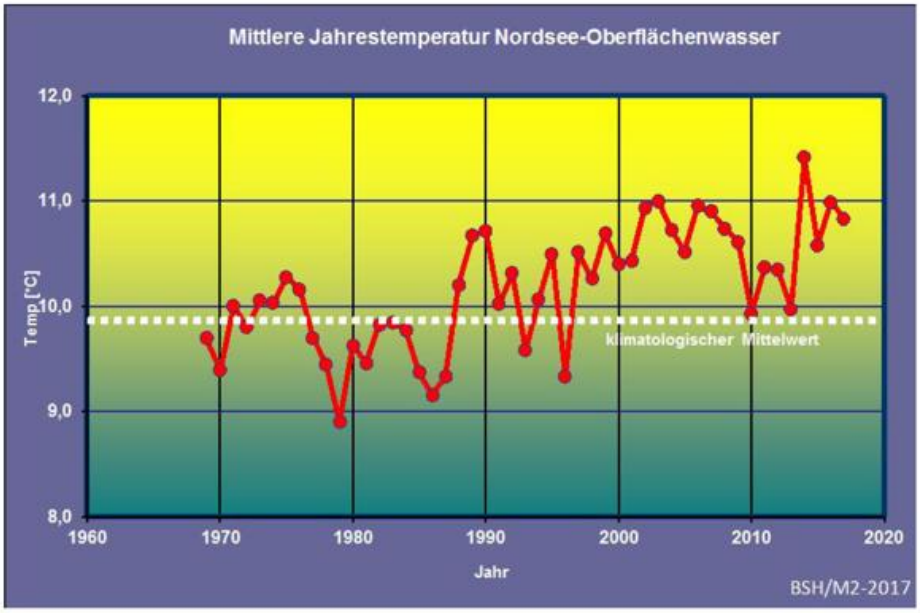


Abb. 4: Mittlere jährliche Wasseroberflächentemperatur der Nordsee, 1969-2017 (Quelle: BSH)

Für die mittlere Oberflächentemperatur der westlichen Ostsee werden die Messungen bei Boltenhagen herangezogen. Hier lag das Jahresmittel der Wasseroberflächentemperatur wie im Vorjahr mit 10,9 °C um 0,7 K über dem Mittel der Jahre 2002 bis 2005. Die monatliche Höchsttemperatur wurde mit 18,7 °C im August gemessen (Abb.5). Die milde Witterung im März bewirkte eine rasche Erwärmung der Gewässer, während die milde Herbstwitterung ab Oktober die jahreszeitliche Abkühlung verlangsamte.

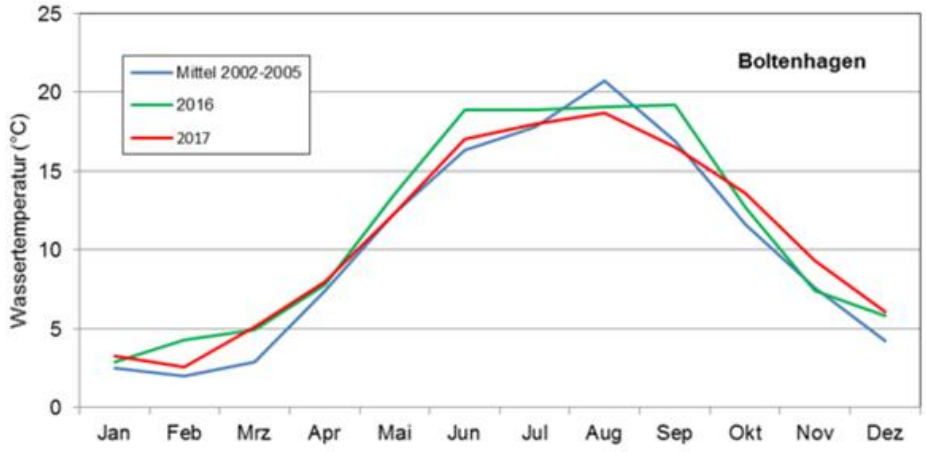


Abb. 5: Jahresgang der Wassertemperatur bei Boltenhagen

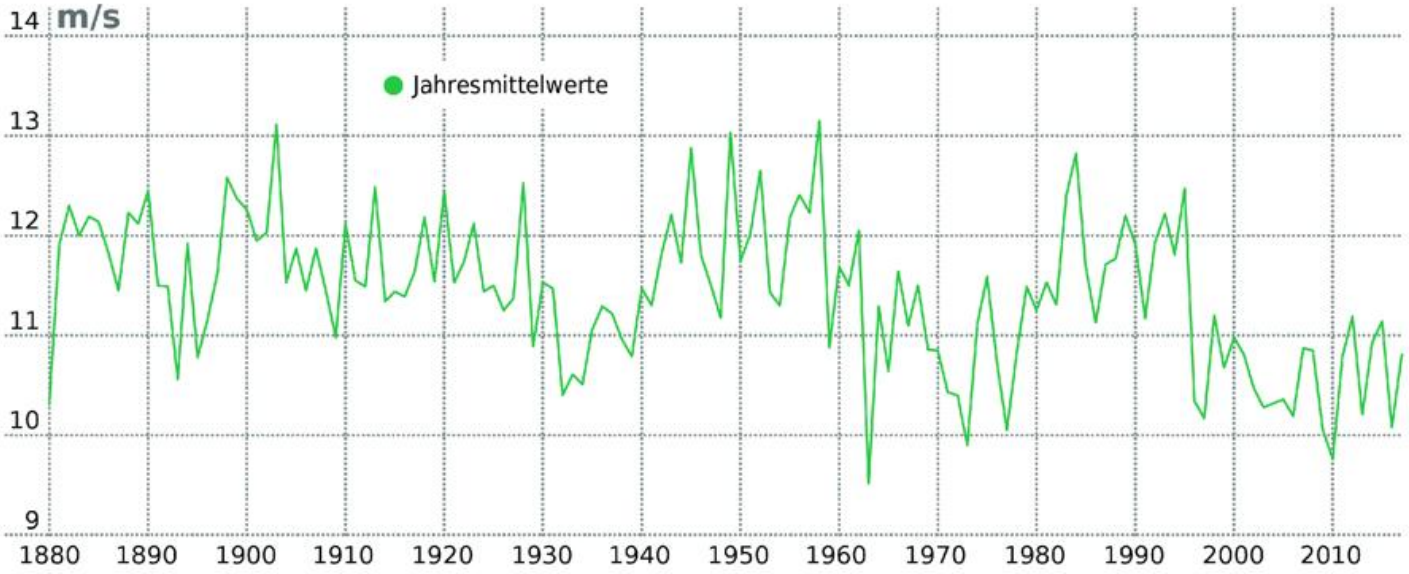


Abb. 6: Jahreswerte des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

Gleich zu Jahresbeginn, am 3./4. Januar, wurden durch Sturmtief „Axel" im deutschen Küstenraum Böen bis 12 Bft ausgelöst. Sowohl an der Nordsee als auch an der Ostsee kam es zu einer Sturmflut, die u.a. Dünenabbrüche zur Folge hatte. An der Ostsee war es mit Wasserständen von mehr als 1,50 m über dem mittleren Wasserstand sogar eine schwere Sturmflut. In der zweiten Kalenderwoche kam es dann an der Nordseeküste innerhalb von fünf Tagen zu einer Serie von drei Sturmfluten. Mit Sturmtief „Sebastian" am 13. September begann die Herbst-/Wintersaison der Stürme 2017 ungewöhnlich früh. „Sebastian" verursachte an der Nordsee ebenfalls eine Sturmflut, während es an der Ostsee am Morgen des 14. zu Niedrigwasser kam. Im Oktober folgten zwei weitere schwere Stürme: am 5. „Xavier" und am 28./29. „Herwart". Während „Xavier" vor allem an der Nordsee Böen von mehr als 10 Bft auslöste, rief „Herwart" Böen bis Orkanstärke (12 Bft) an Nord- und Ostsee hervor. An der Nordsee traten am 29. Oktober sogar verbreitet Böen der Stärke 11 und 12 Bft auf, womit „Herwart" für den Küstenbereich als stärkster Sturm des Jahres bezeichnet werden kann. Wiederum kam es zu Sturmfluten an Nord- und Ostsee, wobei im Elbe- und Wesergebiet an einzelnen Orten schwere Sturmfluten (Pegel von 2,5 bis 3,5 m über dem mittleren Hochwasser) auftraten. Ausführliche Beschreibungen und eine klimatologische Einordnung der Stürme sind im Internetauftritt des DWD unter „Besondere meteorologische Ereignisse" zu finden.

Die Kältewelle, die im Februar mit einem Hochdruckgebiet über Skandinavien und Osteuropa verbunden war, schlug sich in einem um 10 % erhöhten Aufkommen an Ostwinden nieder. Sie wehten zu knapp 30 % der Zeit. Ähnlich häufig kam in dem ungewöhnlich warmen März der Wind aus Südwest, wobei das Vorkommen an Ostwinden um 10 % geringer war. Das überdurchschnittliche Temperaturniveau im letzten Vierteljahr war mit einer erhöhten Häufigkeit an Winden aus Süd bis Nordwest und einem nur geringen Anteil an Nord- bis Südostwinden gekoppelt. Insbesondere im Oktober erreichten westliche Winde (SW bis NW), die gewöhnlich zu rund der Hälfte der Zeit wehen, einen Anteil von 75 bis 80 %.

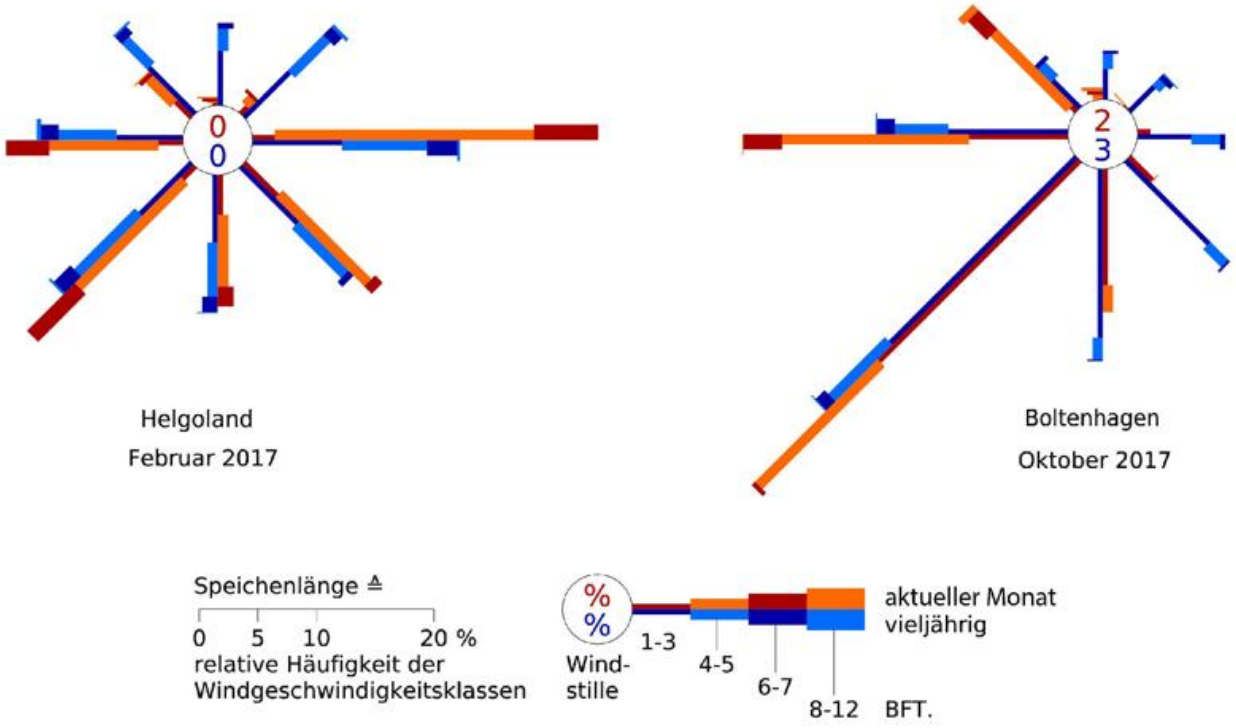


Abb. 7: Windverteilungen an den Stationen Helgoland (links) im Februar 2017 und Boltenhagen (rechts) im Oktober 2017 (orange) wie auch im vieljährigen Mittel (blau) (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen 2017 und vieljährig).

Quellen und weiterführende Informationen:

- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH): Sturmfluten https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand_und_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten_node.html
- Deutscher Wetterdienst (DWD): Besondere meteorologische Ereignisse – Stürme https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/stuerme/download_tabelle.html
- Deutscher Wetterdienst (DWD), Climate Data Center (CDC) http://www.dwd.de/cdc
- Deutscher Wetterdienst: Deutscher Klimaatlas https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html
- Deutscher Wetterdienst: Die Witterung in den deutschen Küstengebieten https://www.dwd.de/DE/leistungen/witterungkueste/witterungkueste.html

Objektive Wetterlagenklassen 2017

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt. Danach kam das operationelle erweiterte Globalmodell (GME) zum Einsatz, das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügte; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Seit dem 20.01.2015 wird die operationelle ICON- Vorhersage genutzt. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.

Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit nachvollziehbar mit dem gleichen Ergebnis. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „**Objektive Wetterlagenklassifikation**“ abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 30-jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

Jede Wetterlagenklasse wird mit einer fünfstelligen Buchstabenkennung abgekürzt, und zwar in folgender Anordnung:

aa z_{950} z_{500} f mit:

aa =: Anströmrichtung: XX = keine vorherrschende Richtung,
NO = Nordost, SO = Südost,
SW = Südwest, NW = Nordwest;

z_{950} z_{500} =: Zyklonalität in
950 bzw. 500 hPa: Z = zyklonal, A = antizyklonal;
f =: Feuchte F = feucht, T = trocken.

Beispiel:
NOAZT = Nordost, antizyklonal in 950 hPa, zyklonal in 500 hPa, trocken.

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2017

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2017 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	NWAAF	49	13,42	16	NOAZT	7	1,92
2	NWAAT	37	10,14	17	XXAZF	7	1,92
3	NWAZT	36	9,86	18	XXZZT	6	1,64
4	SWAAF	33	9,04	19	SWZZT	6	1,64
5	SWZAF	27	7,40	20	SWZAT	5	1,37
6	SWAZT	21	5,75	21	SOAAT	4	1,10
7	SWZZF	18	4,93	22	SOZAT	3	0,82
8	SWAAT	15	4,11	23	NWZAF	3	0,82
9	XXAAT	12	3,29	24	NWZZT	3	0,82
10	XXZZF	12	3,29	25	SOZZT	3	0,82
11	XXAZT	11	3,01	26	NOAAF	2	0,55
12	NOAAT	10	2,74	27	SOZZF	2	0,55
13	XXAAF	10	2,74	28	XXZAT	1	0,27
14	SWAZF	10	2,74	29	NWZAT	1	0,27
15	NWAZF	10	2,74	30	NWZZF	1	0,27

Die Wetterlagenklassen NOAZF, SOAAF, SOAZT, SOAZF, NOZAT, NOZAF, SOZAF, XXZAF, NOZZT und NOZZF sind im Jahr 2017 nicht vorgekommen.

Auch in diesem Jahr traten wieder besonders oft die hochreichend antizyklonalen Lagen NWAAF, NWAAT und SWAAF sowie die in der Höhe zyklonale Lage NWAZT auf. Die Wetterlagen NWAAF und NWAAT wurden 2017 deutlich häufiger registriert als im Referenzzeitraum 1981 – 2010. Recht zahlreich vertreten waren Südwestlagen sowohl mit antizyklonaler als auch zyklonaler Höhenströmung, gefolgt von hochreichend antizyklonalen und zyklonalen Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung, wobei die Wetterlage XXZZF 2017 häufiger beobachtet wurde als in der Referenzperiode 1981 – 2010. Die 7 Wetterlagen NWAAF, NWAAT, NWAZT, SWAAF, SWZAF, SWAZT und SWZZF stellten zusammen 61 % aller Lagen dar.

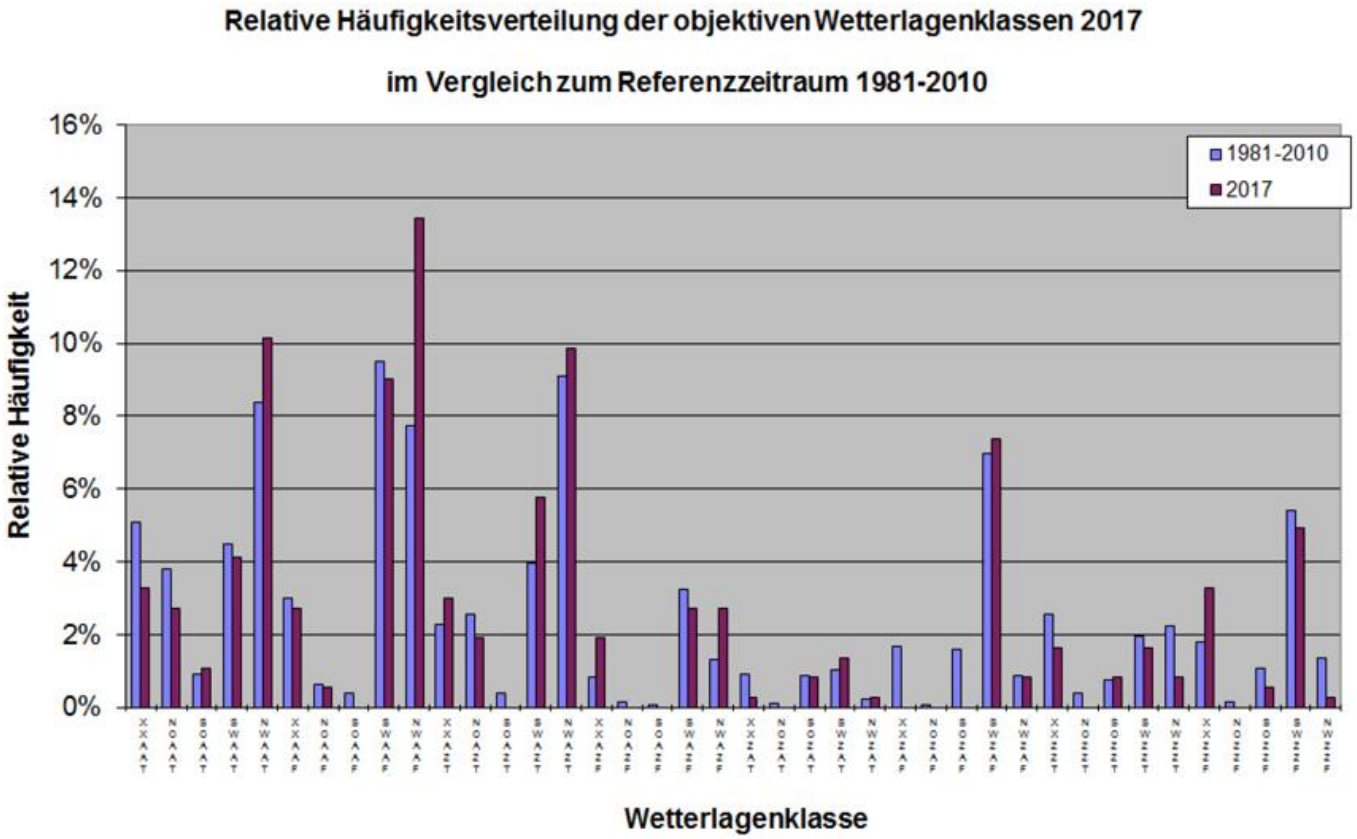


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2017 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2017

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2 und 3) ist auffällig, dass 2017 deutlich mehr Nordwestlagen auftraten als in der Referenzperiode 1981 - 2010. Südwestlagen dagegen, die nach den Nordwestlagen den zweiten Platz in der Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen belegten, waren annähernd genauso verteilt wie in der Referenzperiode. Südostlagen waren 2017 sehr selten. Die antizyklonalen und zyklonalen Lagen waren ähnlich verteilt wie in der Referenzperiode, wobei antizyklonale Lagen 2017 zahlreicher auftraten als im Zeitraum 1981 – 2010. Die Anzahl von trockenen und feuchten Lagen wich nur geringfügig von den jeweiligen Referenzwerten ab.

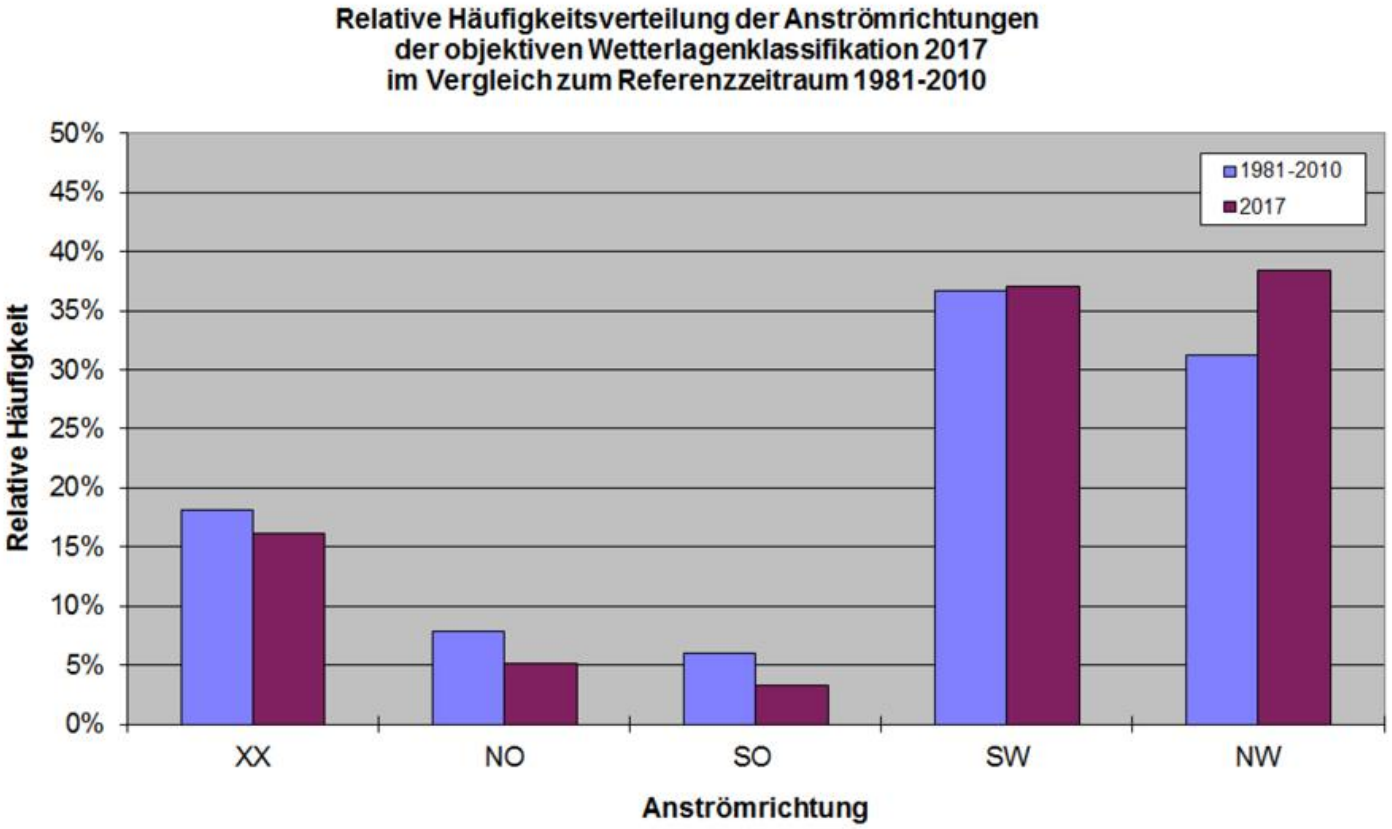


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2017 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

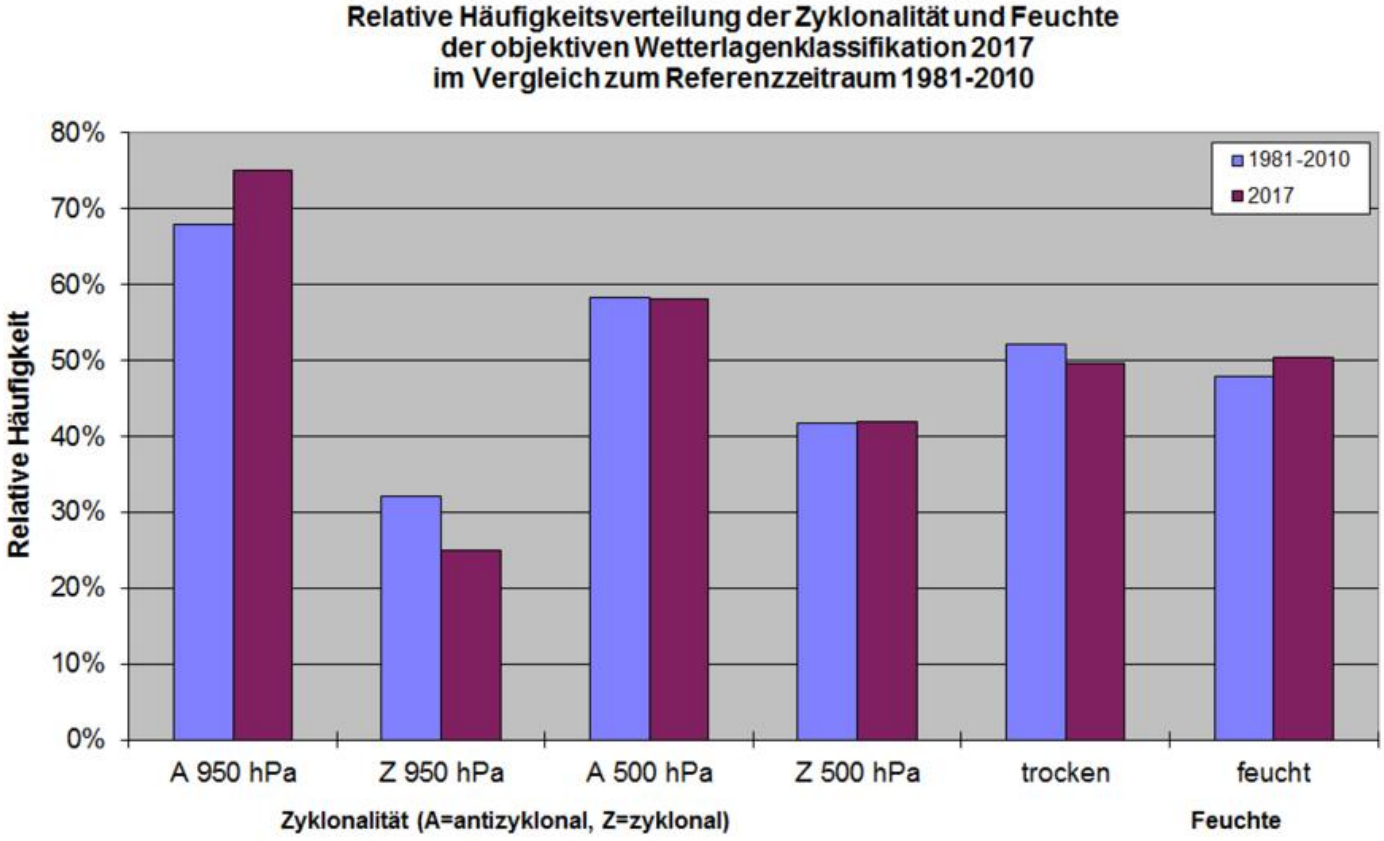


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2017 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	5	7	5	6	10	2	3	1	11	1	6	2	59
NO	8	2	1	3	2	1	0	0	0	0	0	2	19
SO	3	3	0	1	2	0	0	0	1	0	2	0	12
SW	5	8	11	5	11	14	14	22	13	10	8	14	135
NW	10	8	14	15	6	13	14	8	5	20	14	13	140
A 950 hPa	22	16	27	25	20	23	21	25	22	27	19	27	274
Z 950 hPa	9	12	4	5	11	7	10	6	8	4	11	4	91
A 500 hPa	18	15	24	17	21	22	20	21	6	21	15	12	212
Z 500 hPa	13	13	7	13	10	8	11	10	24	10	15	19	153
trocken	28	11	16	21	15	3	10	9	17	15	16	20	181
feucht	3	17	15	9	16	27	21	22	13	16	14	11	184
Temperatur	-1,7	2,5	3,7	0,0	2,0	2,4	1,2	1,4	0,5	2,1	1,1	1,9	1,4
Niederschlag	74	90	101	71	84	106	171	111	109	138	123	113	109

Tab. 1: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2017. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatliche Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen bestimmten im August das Wettergeschehen, waren aber auch im Juni, Juli und Dezember noch recht zahlreich vertreten. Nordwestlagen traten im Oktober sehr häufig auf, aber auch im März, April, Juli und November waren Nordwestlagen an etlichen Tagen wetterbestimmend. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering. Wetterlagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung wurden nur im September an mehr als 10 Tagen registriert.

- Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen in allen Monaten häufiger als zyklonale Lagen beobachtet. Besonders deutlich dominierten sie im März, Oktober und Dezember. In 500 hPa überwog auch der antizyklonale Einfluss. Insbesondere der außergewöhnlich warme März (wärmster März seit Messbeginn 1881) und der sehr warme Juni wurden hochreichend antizyklonal beeinflusst. Lediglich im September und Dezember übertrafen die zyklonalen Lagen die antizyklonalen.

- Feuchte

Im Jahr 2017 herrschten trockene Lagen vor. Allerdings wurden im sehr niederschlagsreichen Juni, Juli sowie im August mehr feuchte als trockene Lagen beobachtet.

- Temperatur

Die Jahresmitteltemperatur für 2017 lag 1,4 K über dem Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Nur im Januar lag die Mitteltemperatur deutlich unter dem langjährigen Mittelwert.

- Niederschlag

Im Jahr 2017 waren 4 Monate trockener und 8 Monate niederschlagsreicher als im Zeitraum 1961-1990. So lag die Niederschlagssumme 2017 auch 9% über der Niederschlagsmenge der Referenzperiode 1961 – 1990.

Ein klarer Zusammenhang zwischen Witterungsanomalien und vorherrschenden Wetterlagen ließ sich auch 2017 nicht immer feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2017

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) sind Trends hinsichtlich der Zunahme von Südwestlagen und Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung weiterhin vorhanden, wurden aber nicht gestärkt.

Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) sind keine Trends erkennbar.

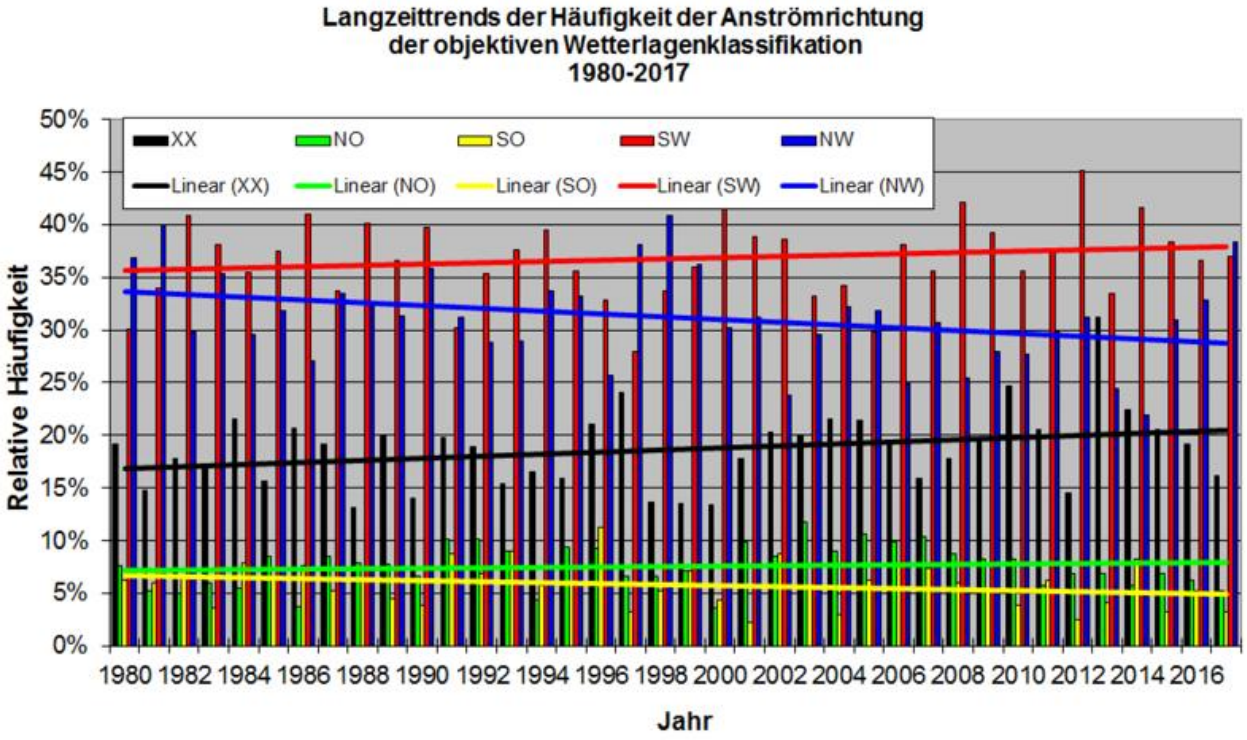


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2017

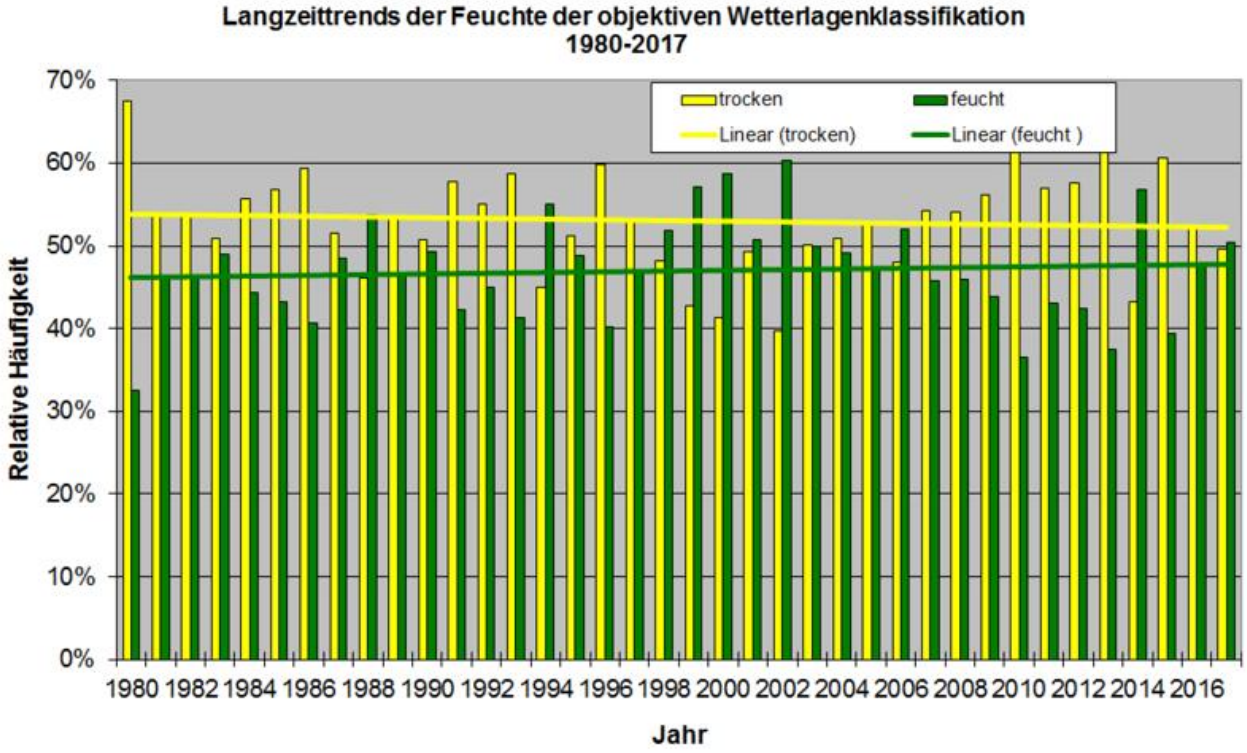


Abb. 5: Langzeittrends der Feuchte der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2017

Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) sind sowohl in 500 hPa als auch in 950 hPa keine langfristigen Tendenzen feststellbar.

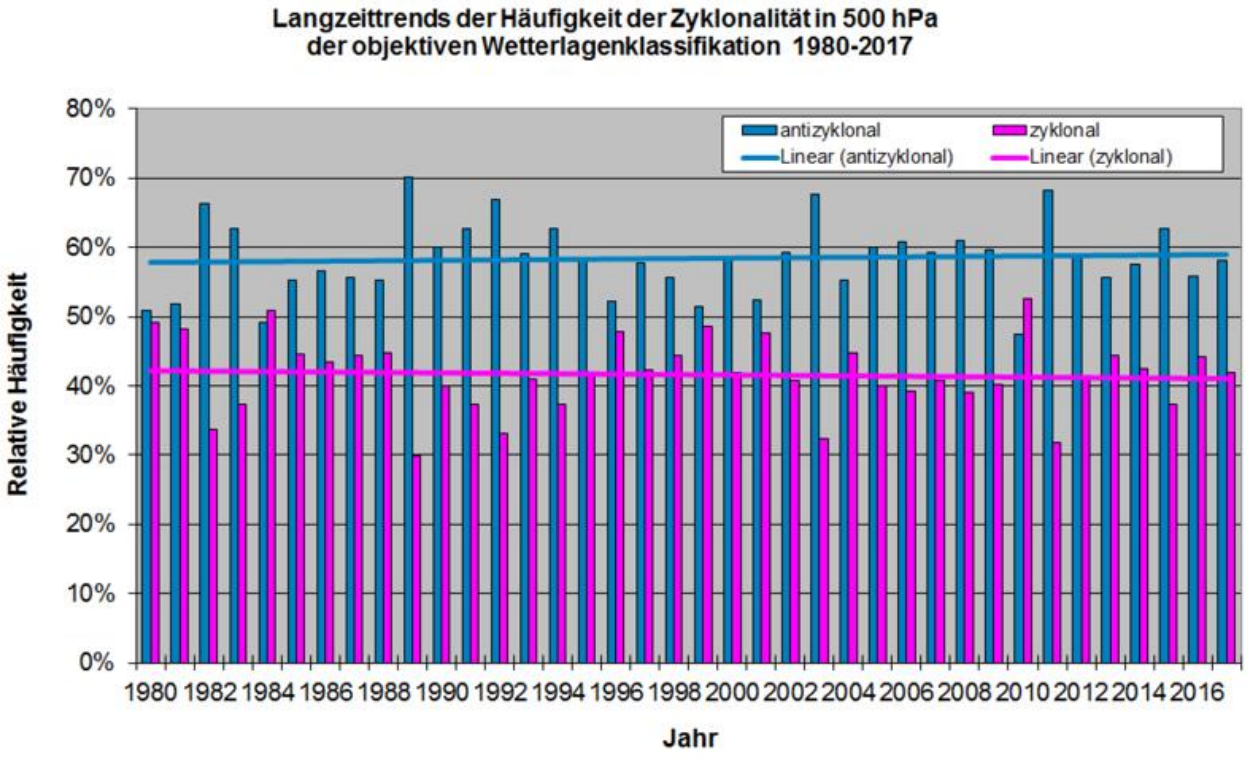


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2017

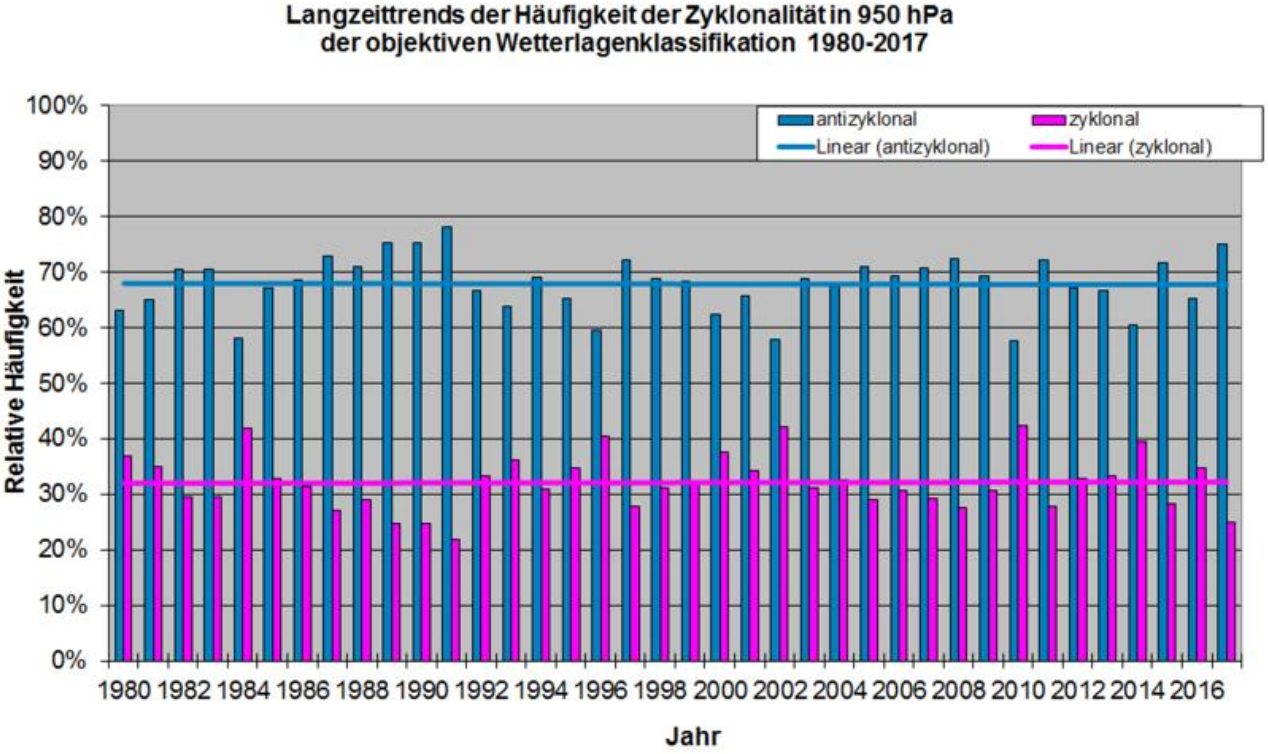


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2017

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2017

S. Pietzsch, M. Wegener, J. Fildebrandt

Das Jahr startete trocken und frostig, so dass Zwischenfrüchte abfroren und Eiswein gelesen werden konnte. Die niedrige Bodenfeuchtesituation entspannte sich im Februar und allmählich erwachte die Natur. Im Gegensatz zum Vorjahr und auch zum langjährigen Mittel, war der Frühling sonniger, um einiges wärmer und deutlich zu trocken. Die Niederschlagssituation war allerdings regional differenziert zu betrachten, da der Süden recht viel davon abbekam, der Südwesten und Osten hingegen unter Trockenheit litten. Als markantes Ereignis blieben die Kaltlufteinbrüche im April in Erinnerung, die zu vielen Frostschäden vor allem im Obst- und Weinbau führten. Warm, nass und ausreichend sonnig zeigte sich dann der Sommer, wobei die Wetterelemente zeitlich und räumlich sehr unregelmäßig verteilt waren. Der Start war sehr trocken, vor allem im Juli aber wurde es richtig nass. Die Temperaturen waren im Norden niedrig, im Süden hingegen teils sehr hoch. Den Landwirten machten insbesondere die ergiebigen, unwetterartigen Niederschläge zu schaffen, die immer wieder zu Ernteverzögerungen führten und Pflanzenkrankheiten begünstigten. Im Gegensatz zum Vorjahr war der darauffolgende Herbst durchweg zu nass. Dies führte dazu, dass die Böden durchfeuchteten und häufig nicht befahrbar waren - anstehende Feldarbeiten wurden somit verzögert. Daneben konnten sich pilzliche Schaderreger vermehrt ausbreiten und erzwangen eine frühzeitige Weinlese. Bis zum Jahresende blieb es mild, nass und trüb mit schlechter Bodenbefahrbarkeit und einer nicht zur Ruhe kommenden Pflanzenwelt.

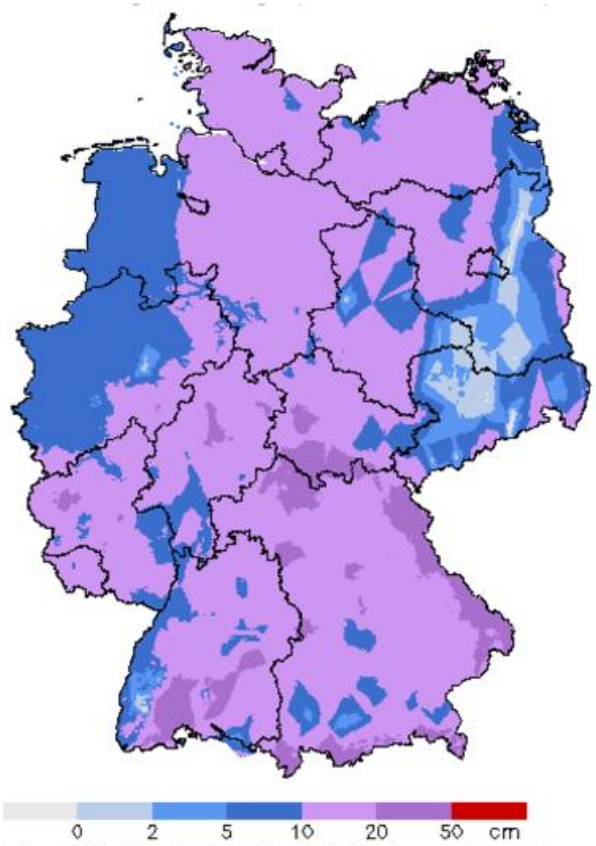


Abb. 1: Mittägliche Frosteindringtiefe für einen unbewachsenen Boden am 6. Januar 2017

Abb. 1: Auch wenn der Winter 2016/2017 mild begann und endete, gab es doch ein paar frostige Phasen. So wie am 6. Januar, als der Boden flächendeckend gefroren war. Die mittäglichen Frosteindringtiefen lagen an diesem Tag verbreitet zwischen 10 und 20 cm.

Starker Hochdruckeinfluss ließ die Winterruhe der Pflanzenwelt auch im **Januar** andauern. Bis zu 2 Wochen herrschte Dauerfrost. Nur zum Monatsanfang und in den letzten Januartagen sorgten wieder Tiefdruckgebiete mit teils kräftigen Niederschlägen – häufig als Schnee – für Unterbrechung. Ansonsten bildete sich in vielen Regionen eine Schneedecke von 10 bis teils 70 cm aus. Während in den schneefreien Regionen Frosteindringtiefen von 10 bis teils 50 cm auftraten, war der Boden unter Schnee nur wenige Zentimeter gefroren oder frostfrei. Die letzten Zwischenfruchtbestände froren vielfach ab. In den Weinbaugebieten konnte erneut Eiswein gelesen werden. Es blieb weiterhin zu trocken und zum milden Monatswechsel blühten weitere Haselsträucher.

Der **Februar** startete mild. Es dominierte eine kräftige westliche Strömung mit vielen niederschlagsreichen Tiefausläufern. Vor allem in der 1. Monatshälfte trat noch leichter Nachtfrost auf, es gab auch noch einige Tage mit Dauerfrost. Mancherorts konnten, vorzugsweise bei leichten Böden bzw. an trockenen Standorten, die Felder und Wiesen befahren werden, sodass eine Gülleausbringung möglich war. Vielerorts war dies jedoch nicht gegeben. Anfangs tauten die Böden nicht überall auf bzw. sie waren in der aufgetauten Schicht wassergesättigt und später verhinderten die häufigen Niederschläge ein Befahren der landwirtschaftlichen Flächen. Neben der Haselblüte erwachten in der letzten Februardekade vielerorts Schneeglöckchen (Abb. 2) und Erlen, womit der Vorfrühling eingeläutet war.

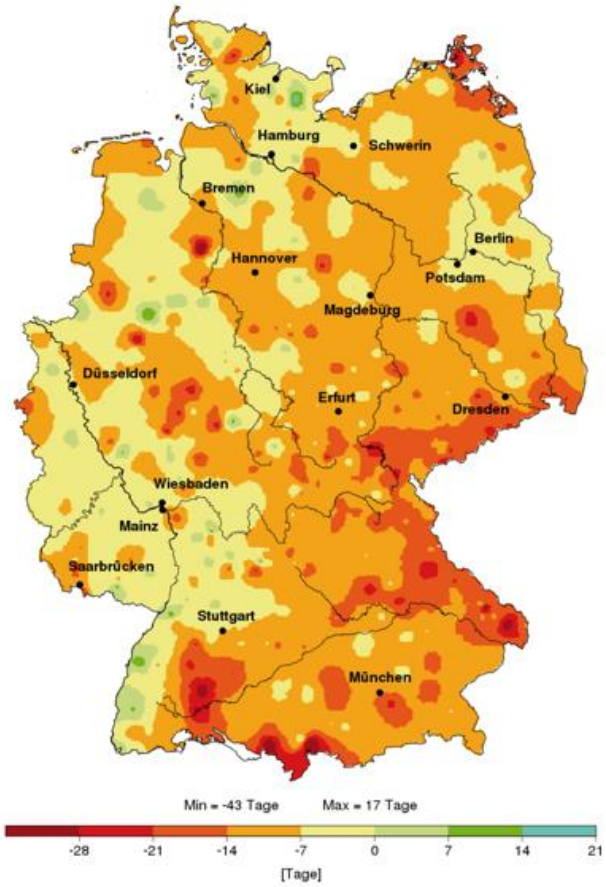


Abb.2: Abweichung (Tage) des Beginns der Schneeglöckchenblüte 2017 vom langjährigen Mittel

Im **März** wechselten sich Hochs und Tiefs immer ab. Häufig herrschten frühlingshafte, in der letzten Monatsdekade sogar sommerliche Temperaturen vor. Dies ergab den wärmsten März seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Trotz des tagsüber oft sonnigen Wetters wurde es in den klaren Nächten kühl. Verbreitet gab es auch am Monatsende noch Frost. Trotzdem regte sich die Vegetation. Zum Monatsbeginn blühten landesweit Hasel, Schneeglöckchen, Huflattich und Erlen. Besonders ab Monatsmitte beschleunigte sich das Wachstum, durch die Zunahme der Temperaturen und auch der Tageslänge. Ab da gab es Tagesmitteltemperaturen über 5 Grad – das Gras ergrünte. Zum Monatsende blühten überall die Forsythien. Für den Phänologen bedeutet das den Übergang vom Vorfrühling zum Erstfrühling. Nicht nur die Pflanzenentwicklung nahm einen rasanten Verlauf. Das Frühlingswetter lockte im Monatsverlauf die Rapsschädlinge aus ihrem Versteck. Die Böden trockneten weiter ab und die Frühjahrsbestellung kam gut voran. Zum Monatsende war schon die Aussaat von Sommergerste und Rüben größtenteils beendet.

Abb. 3 zeigt die recht niedrigen Bodenfeuchten Anfang Dezember (links), die vielerorts bei nur 50 bis 60 % nutzbarer Feldkapazität (nFK) lagen. Gegen Ende des Winters konnten die Böden durch die einsetzenden Niederschläge größtenteils wieder mit Wasser aufgefüllt werden (rechts).

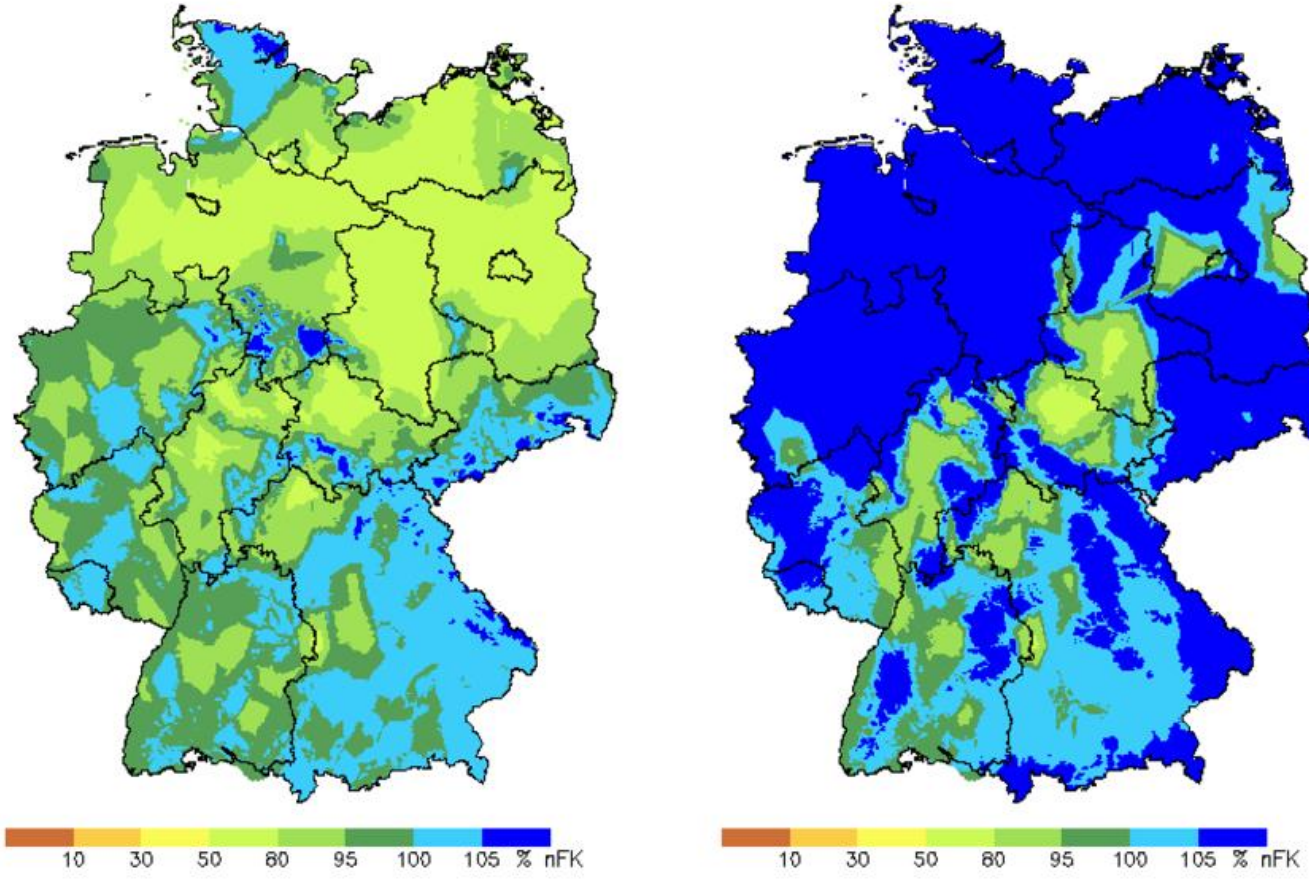


Abb. 3: Bodenfeuchte in 0-60 cm (% n FK) unter Gras und sandigem Lehm am 8. Dez 2016 und am 23. Feb 2017

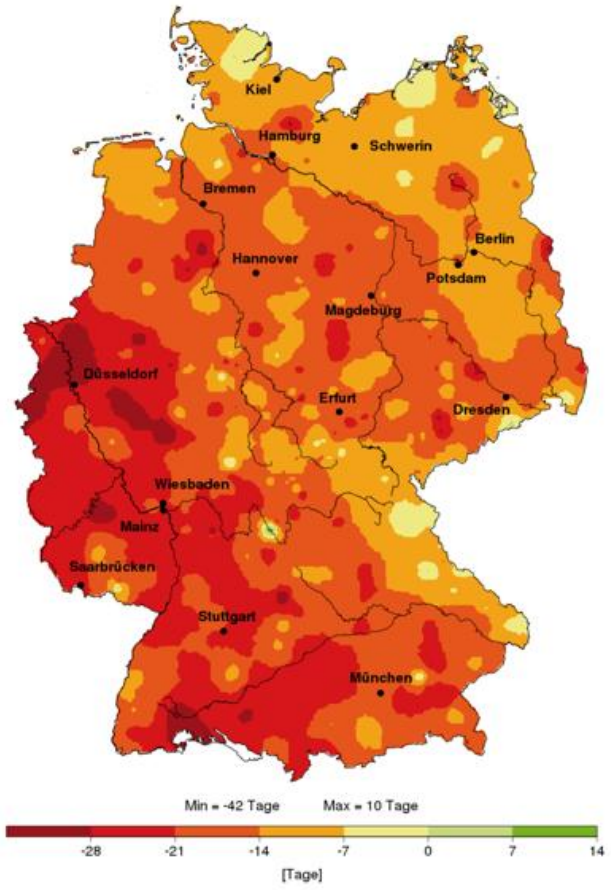


Abb. 4 Start der Apfelblüte 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel (Abweichung in Tagen)

Abb. 4: Die Apfelblüte begann regional im Westen und Südwesten bis zu 4 Wochen früher als im langjährigen Mittel.

Unterm Strich zeigte sich der **April** trocken mit durchschnittlicher Temperatur und Sonnenscheindauer. Im Detail aber war die Witterung für Natur und Landwirtschaft eine Herausforderung. Im ersten trockenen und warmen Monatsdrittel entwickelt sich die bereits verfrühte Vegetation schnell weiter. Die Apfelblüte beispielsweise startete rund 10 Tage früher als im Mittel der Jahre seit 1992. Anstehende Feldarbeiten konnten meist problemlos ausgeführt werden – vielerorts wurden Kartoffeln gelegt und Zuckerüben gedrillt. Spannend wurde es dann ab dem zweiten Monatsdrittel, als einfließende Kaltluft zu mehreren Nachtfrösten führte. Zum einen verlangsamte sich die phänologische Entwicklung – die Apfelblüte büßte wieder einige Tage des Vorsprungs ein und auch das Wachstum anderer Pflanzen kam ins Stocken. Das große Problem aber war, dass durch das schlechte Timing der frostigen Witterung die bis dahin teils schon weit entwickelten landwirtschaftlichen Kulturen, wie auch Obst und Wein vielerorts stark durch die Spätfröste beschädigt wurden. Im Winterraps beispielsweise waren Knospen- und Blütenverluste zu verzeichnen und Obst wie Erdbeeren und Weinreben wurden erheblich geschädigt. Mancherorts konnte durch rechtzeitig eingeleitete Frostschutzmaßnahmen wie Beregnung und Abdeckung mit Folien Schlimmeres verhindert werden und der positive Aspekt der eisigen Temperaturen war, dass sich der Befall mit Pilzen und Schadinsekten stark in Grenzen hielt.

Wie schon in den Vorjahren endete auch in 2017 mit dem **Mai** ein zu trockener Frühling. Die Niederschläge waren in dem letzten Monat der Jahreszeit allerdings sehr unregelmäßig verteilt. Wohingegen der äußerste Süden Deutschlands mit ausreichenden Niederschlägen versorgt wurde, litten besonders der äußerste Westen und der Osten unter Trockenheit. Dies wirkte sich entsprechend auf die landwirtschaftlichen Arbeiten aus. Im Süden waren Silageschnitte zunächst nur schwer möglich und die Gefährdung durch Pilzkrankheiten erhöht. Im Westen dagegen konnte vielerorts problemlos die Heuwerbung erfolgen, dafür stieg die Waldbrandgefahr an. Zum sommerlich heißen Monatsende war die Waldbrandgefahr dann bundesweit erhöht und erreichte in Brandenburg vielerorts die höchste Gefahrenstufe. Auch wenn es zu Monatsbeginn vereinzelt noch einmal sehr frostig war,

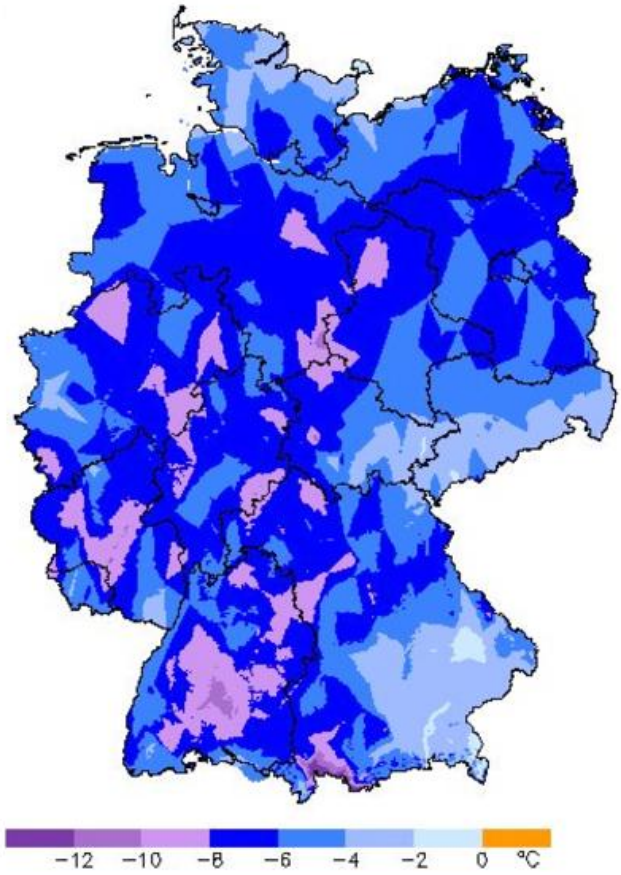


Abb. 5: Tiefsttemperaturen (°C) am Erdboden in der Nacht zum 20. April 2017

Abb. 5 zeigt die Tiefsttemperaturen am Erdboden, die in der Nacht zum 20. April 2017 flächendeckend im Frostbereich lagen und stellenweise im Süden und Südwesten sogar die -10 Grad Marke unterschritten.

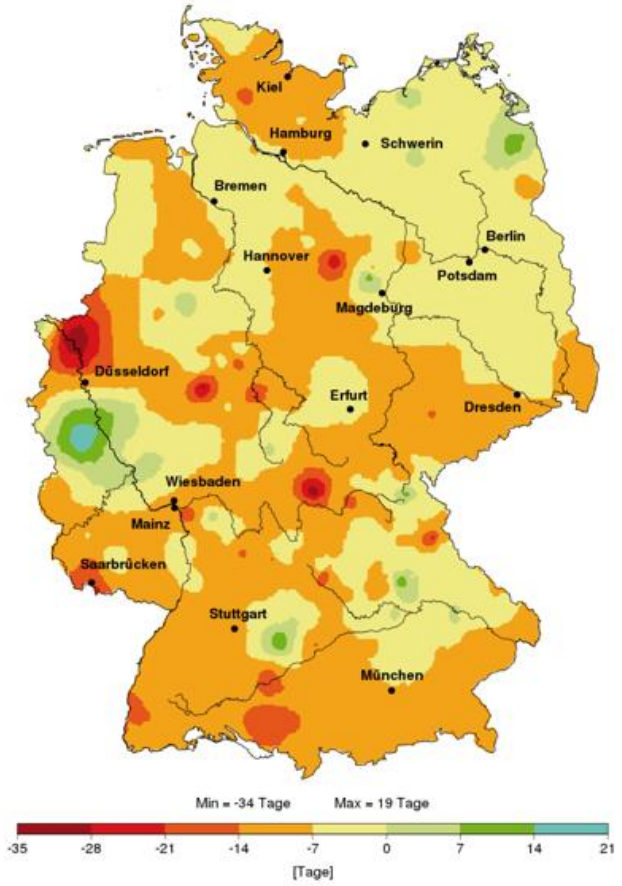


Abb. 6: Abweichung (Tage) des Beginns des Ährenschiebens beim Winterroggen 2017 vom langjährigen Mittel

konnte die spätere Erwärmung mit einzelnen Hitzerekorden der Natur zu einem Wachstumsschub verhelfen. Der Blühbeginn des schwarzen Holunders, der für den Start des phänologischen Frühsommers steht, setzte stellenweise im Südwesten schon in der ersten Monatshälfte ein, erfolgte aber verbreitet erst gegen Monatsende, so dass die Phase kurz vor Abschluss deutschlandweit in etwa im Mittel der Jahre seit 1992 lag.

Hochdruckeinfluss hielt im **Juni** Tiefdruckgebiete weitgehend fern. Mit Südwestwinden gelangte sehr warme und trockene, kurzzeitig auch mal feuchte Luft zu uns. Nur im Westen und Norden war es zeitweise kühler. Diesen außergewöhnlich warmen, sonnenscheinreichen Monat nutzte der Landwirt für den 1., teils bereits 2. Heuschnitt. Außerdem reifte die Wintergerste rasch ab, so dass sie verbreitet das Gelbreife-Stadium erreichte. Zum Monatsende erfolgte der offizielle Erntestart. Obwohl die Kulturen, sofern sie nicht beregnet wurden, während des Hochdrucks unter Trockenheit litten, entwickelten sie sich in der Regel im weiteren Verlauf gut. Zwischendurch entlud sich die Hitze durch heftige Gewitter, die von Starkregen und schweren Sturmböen begleitet wurden. Folglich traten örtlich ins Lager gehendes Getreide und Hagelschäden am Blattapparat von Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais auf. Allmählich begann das Monitoring der Blattkrankheiten. Im Norden verursachte der Starkregen sogar Bodenerosion. Am Monatsende kam schließlich Dauerregen, der die Trockenheit und extreme Waldbrandgefahr beendete. Mit blühender Sommerlinde ab Monatsmitte und reifer Johannisbeere am Monatsende ging es ca. 1 Woche früher als normal in den phänologischen Hochsommer.

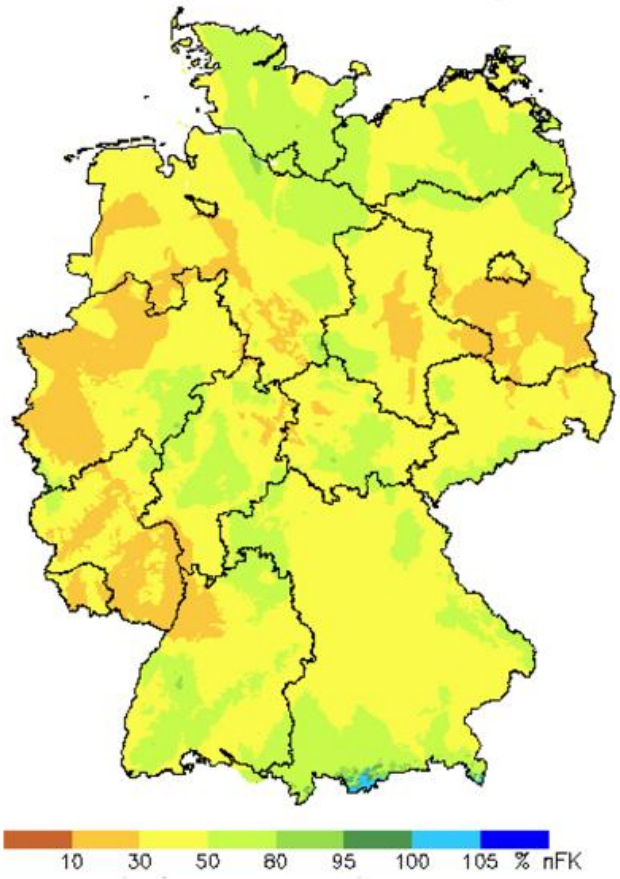


Abb. 7: Bodenfeuchte in 0-60 cm (% nFK) unter Winterweizen und lehmigem Sand am 31. Mai 2017

Abb. 7 zeigt die Bodenfeuchteverteilung zum Ende des Frühlings 2017. Im äußersten Süden und Norden lagen die Werte vielerorts zwischen 50 und 80 % nFK, in Teilen Ost- und Westdeutschlands hingegen bewegten sich die Bodenfeuchten zwischen nur 10 und 30 % nFK.

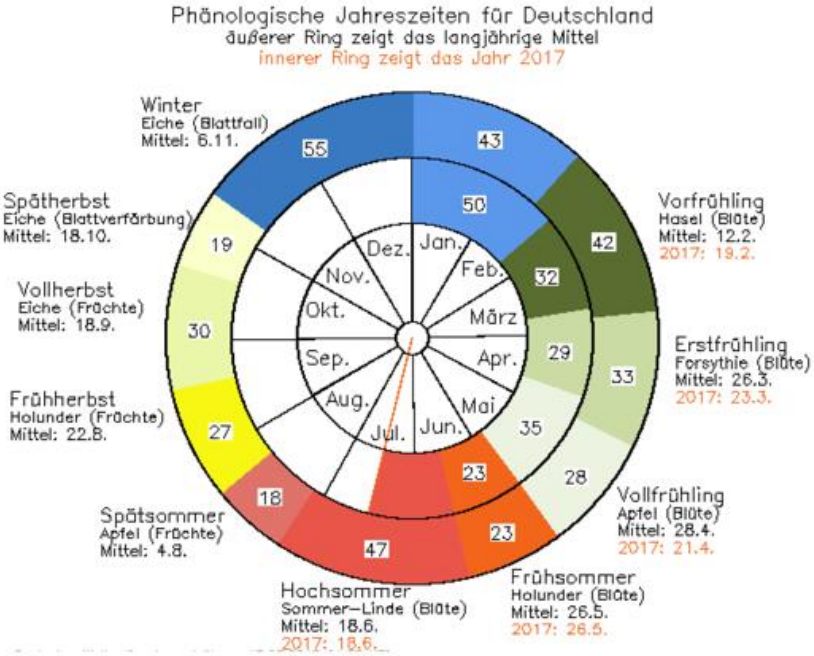


Abb. 8 zeigt die Zeitspannen der phänologischen Jahreszeiten 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel. Wohingegen der Erstfrühling mit der Forsythienblüte und der Vollfrühling mit der Apfelblüte 2017 noch einige Tage Verfrühung aufwiesen, startete der Frühsommer mit der Holunderblüte (zum Ende des meteorologischen Frühlings) gleichauf mit dem Mittelwert am 26. Mai.

Abb. 8: Zeitspannen phänologischer Jahreszeiten im Deutschlandmittel 2017 (innerer Kreis) im Vergleich zum langjährigen Mittel (äußerer Kreis) Stand: 17.07.2017

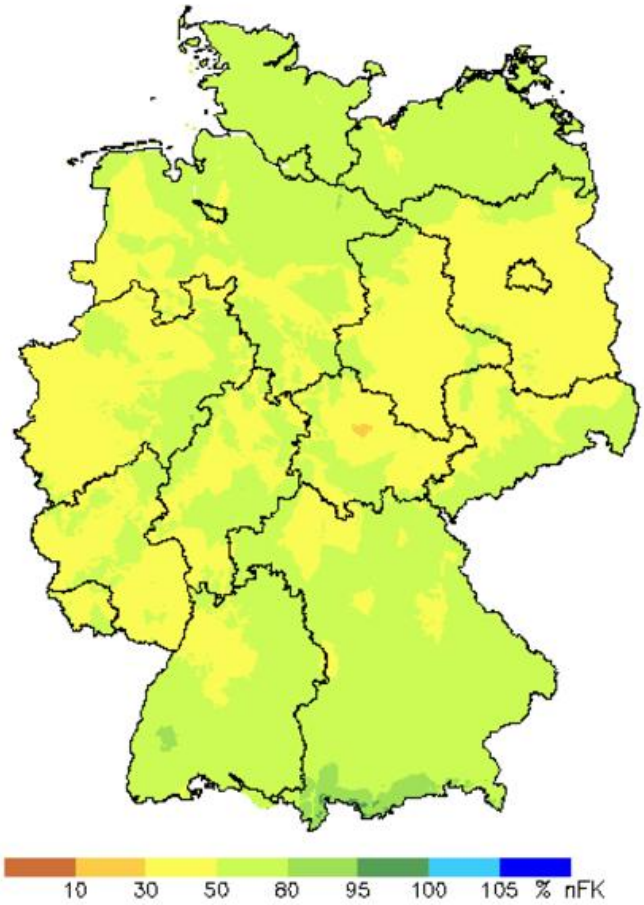


Abb. 9: Bodenfeuchte in 0-60 cm (% nFK) unter Gras und sandigem Lehm am 21. Juni 2017

Abb. 9 zeigt die niedrige Bodenfeuchte am 21. Juni, die vor allem in der Mitte Deutschlands verbreitet unter 50 % nFK lag.

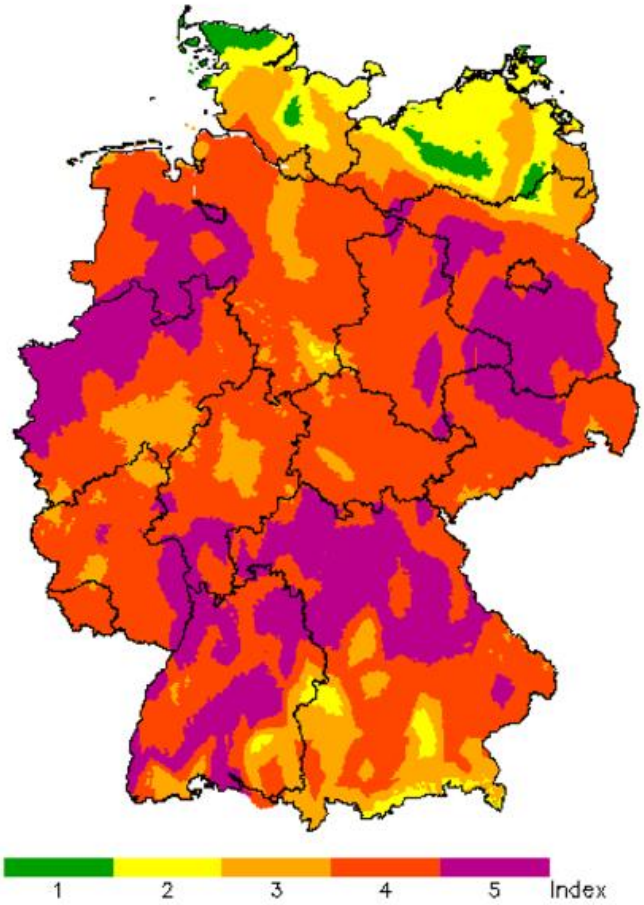


Abb. 10: Waldbrandgefahrenindex (von 1 = sehr geringe bis 5 = sehr hohe Gefahr) am 22. Juni 2017

Abb. 10 zeigt den Waldbrandgefahrenindex WBI am 22. Juni, der verbreitet die zweithöchste Stufe (4 = hohe Gefahr) und vielerorts die höchste Stufe (5 = sehr hohe Gefahr) erreichte.

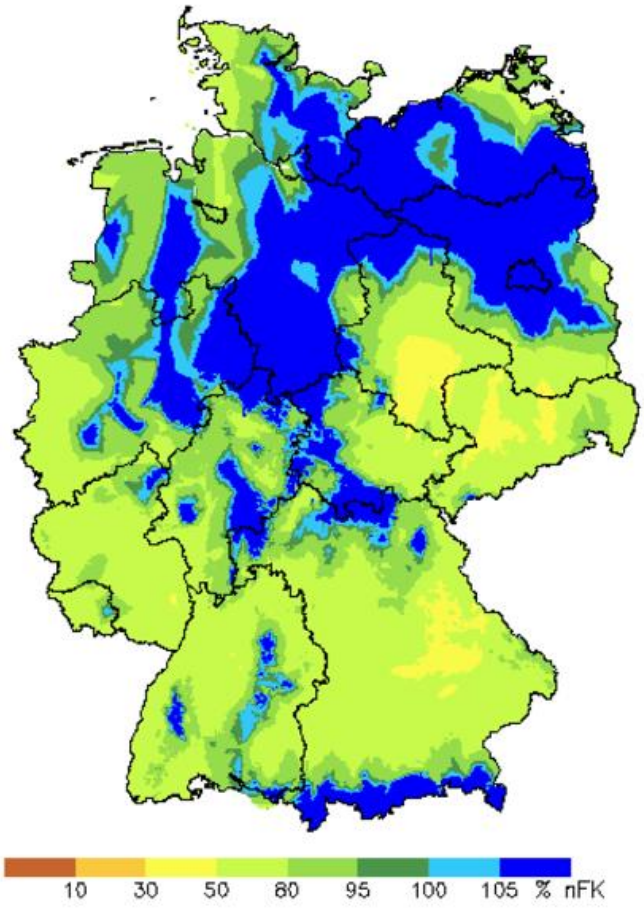


Abb. 11: Bodenfeuchte in 0-60 cm (% nFK) unter Gras und sandigem Lehm am 26. Juli 2017

Abb. 11 zeigt die hohe Bodenfeuchte am 26. Juli, die vor allem im Norden Deutschlands verbreitet über 100 % nFK lag.

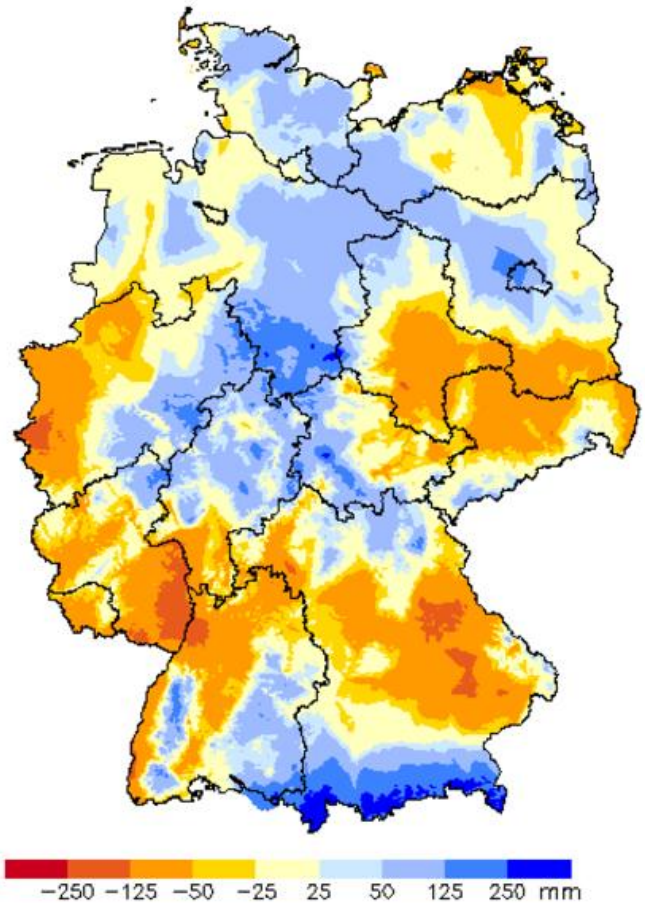


Abb. 12: Klimatische Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und Verdunstung in mm) im Sommer 2017

Abb. 12 zeigt die klimatische Wasserbilanz im Sommer (Juni bis August). Sie berechnet sich aus der Niederschlagssumme abzüglich der Summe der potentiellen Verdunstung über Gras. In der Nordhälfte Deutschlands und im äußersten Süden war diese vielerorts deutlich im positiven Bereich zwischen 50 und 125 mm. Im äußersten Westen, Südwesten, Osten und Südosten hingegen deutlich negativ mit Werten zwischen -50 und -125 mm.

Das **Juli**-Wetter im Zwiespalt: Der Süden und Westen wurden oft von sommerlichen Hochdruckphasen mit heftigem Gewitterende gespeist. Der Nordosten verblieb meist in mäßig warmer oder kühler Luft – dabei war der intensive Dauerregen im letzten Monatsdrittel ein brisantes Thema, der sich auch im Rest des Landes durchsetzen konnte. Nachdem die Ernte von Wintergerste verbreitet in der 1. Dekade endete, kam es aufgrund der häufigen Niederschläge im weiteren Monatsverlauf immer wieder zu Ernteverzögerungen bei der weiteren Getreideernte, entweder durch zu hohe Kornfeuchten oder schlechte Befahrbarkeit. Vielerorts gingen die Bestände bei Stark- oder Dauerregen und Windböen wieder ins Lager, sodass sich die Erntebedingungen zusätzlich verschlechterten. In der 2. Dekade setzte der Blühbeginn beim Mais ein und der Winterweizen wurde vermehrt gelbreif. Zum Monatsende hin startete die Ernte von Winterweizen und -raps. Zuckerrüben, Kartoffeln und Mais entwickelten sich unter den Wetterbedingungen gut – der Infektionsdruck durch pilzliche Schaderreger war erhöht, hielt sich aber noch in Grenzen. Bei Getreide- und Kartoffelbeständen, welche durch Überschwemmungen mehrere Tage überflutet waren, war ein Totalausfall zu befürchten.Im **August** hielten die Temperaturunterschiede zwischen dem kühlen Norden und heißen Süden an – insgesamt fiel der Monat aber doch meist zu warm aus. Auch dieses Mal gab es regional viel Regen – insbesondere in Süddeutschland traten heftige Gewitter mit Sturmböen auf. Bei der Ernte von Winterweizen und Winterraps kam es aufgrund des unbeständigen Wetterablaufs weiter zu Unterbrechungen. In einigen Regionen gab es außerdem beim Winterweizen Probleme mit Pilzen und Auswuchs. Die Erträge und Qualitäten schwankten je nach Standort stark. Einzelne Bestände waren selbst zum Monatsende noch nicht

geerntet, da die Flächen nicht befahrbar waren. In den Kartoffelbeständen trat nun verbreitet die Krautfäule auf und auch in den Zuckerrübenbeständen kam es zu einer deutlichen Zunahme der Blattkrankheiten. In der letzten Monatsdekade, nur vereinzelt etwas früher, startete die Bestellung von Winterraps, dessen Auflaufen am Monatsende beobachtet wurde. Die Möglichkeit für einen Heuschnitt bot sich nur selten. Der Mais wechselte vor allem nach Monatsmitte in das Milchreife-Stadium. Zum Monatsende hin wurden reife Holunderbeeren beobachtet, womit phänologisch der Sommer beendet war und der Frühherbst startete.

Nach heißem September 2016 folgte ein herbstlicher **September** 2017. Tiefdruckgebiete bestimmten mit kühler Luft das Wetter in den ersten zwei Dekaden – der erste Herbststurm „Sebastian" sowie der erste Frost traten auf. Für Zwischenhochs mit Wärme und Sonne war wenig Platz. Zum Monatsende hin nahm zwar Hochdruckeinfluss zu, ein Altweibersommer blieb jedoch aus. Der zu kühle und trübe September mit meist leicht überdurchschnittlichen Niederschlägen erfreute sich keiner großen Beliebtheit bei den Landwirten. In der 1. Monatshälfte war der Winterraps verbreitet, teils aber ungleichmäßig aufgelaufen. Einzig positiv: Der Zuflug des Rapserdflohs und Kohltriebrüsslers war gedämpft. Die Kartoffelernte setzte sich fort, zur Monatsmitte begann die Zuckerrübenkampagne. In der letzten Monatsdekade startete die Silomaisernte. Die durch den Herbststurm abgeknickten Maisbestände mussten jedoch vor der vollständigen Abreife geerntet werden. Nicht nur bei der Ernte gab es durch den vielen Regen Befahrbarkeitsprobleme, sondern auch bei der Saatbettbereitung und Bestellung der Wintergerste – zum Monatswechsel lief diese auf. Im Weinbau setzte die Weinlese sehr zeitig ein – lokal wurde sie recht zügig beendet, bevor noch mehr Regen die Fäulnis explodieren ließ. Mit dem Erreichen der Fruchtreife der Stieleiche begann ab der 2. Monatshälfte verbreitet der phänologische Vollherbst.

Im Süden dominierte meist Hochdruckeinfluss, den Norden überquerten Tiefdruckgebiete – teils mit Sturm- und Orkanböen durch „Xavier". Besondere Wärme mit nochmals Sommertagen herrschte von der 2. bis zur 3. Dekade, bevor Herbststurm „Herwart" eine Abkühlung brachte. Demnach fiel der meist sonnenscheinnormale **Oktober** nicht nur niederschlagsreich im Norden sowie äußersten Süden, sondern auch insgesamt zu mild aus. Die Feldarbeiten mussten örtlich wegen eingeschränkter Befahrbarkeit unterbrochen werden bzw. in manchen Regionen war sie nur an wenigen Oktobertagen möglich. Damit konnte gebietsweise die Aussaat von Wintergetreide nicht abgeschlossen werden. Noch stehende Maisbestände knickten bei den Stürmen vielfach ab, Bäume stürzten um. Wenn möglich, wurde die Ernte von Zuckerrüben, Kartoffeln und Silomais fortgeführt. Witterungsbedingt wurde im Winterraps ein ansteigender Stängelfäule-Befall registriert. Während die Bedingungen für Schnecken günstig waren, wurde in der Regel kein erhöhtes Aufkommen von Blattläusen oder Rapserdflöhen festgestellt. Mit dem starken Laubfall der Rotbuche, Stieleiche und spätreifender Apfelbäume ging die Vegetationsperiode zu Ende, zum Monatswechsel startete damit oft der phänologische Winter. Vegetationsruhe kehrte jedoch noch nicht ein.

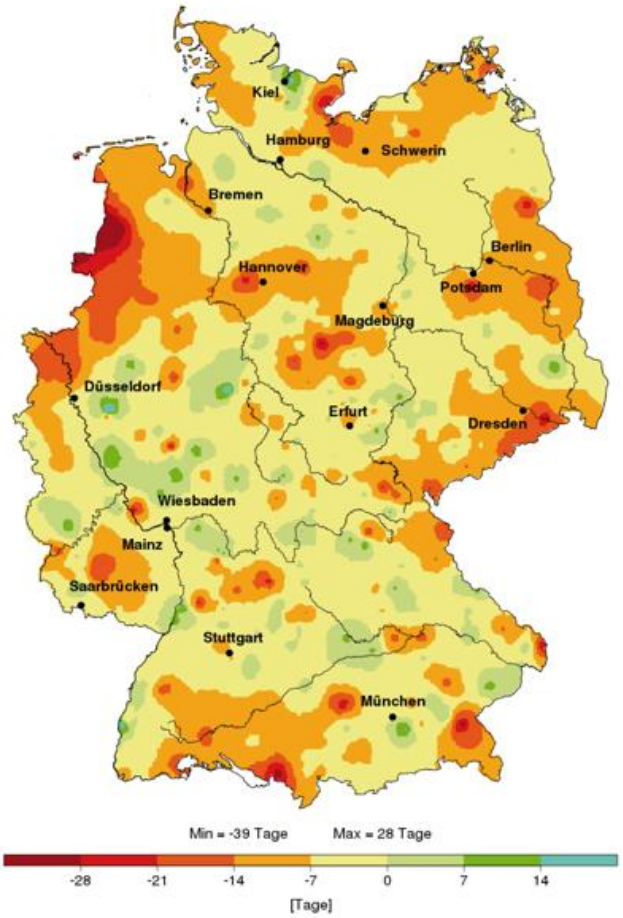


Abb. 13: Abweichung (Tage) des Beginns der Fruchtreife der Rosskastanie 2017 vom langjährigen Mittel

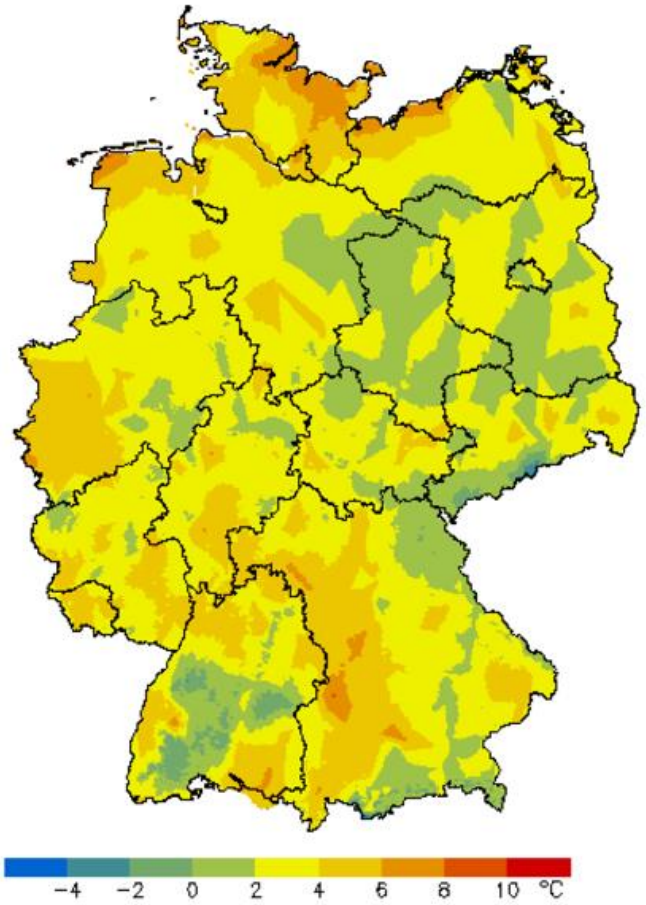


Abb. 14: Tiefstwerte der Lufttemperaturen am Erdboden (in °C) in der Nacht zum 18. September 2017

Abb. 14 zeigt die Tiefstwerte der Lufttemperaturen am Erdboden in der Nacht zum 18. September, die vereinzelt schon in den leichten Frostbereich fielen. Dies war vor allem in den Höhenlagen Baden-Württembergs und dem Erzgebirge der Fall.

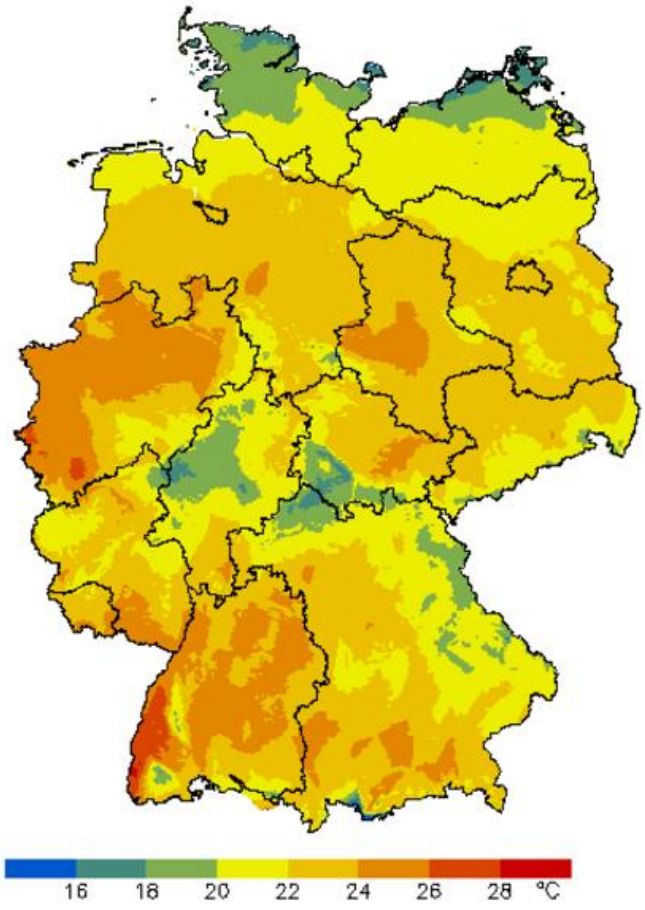


Abb.15: Höchstwerte der Lufttemperaturen (in °C) am 16. Oktober 2017

In Abb. 15 sind die Höchstwerte der Lufttemperaturen am 16. Oktober 2017 dargestellt. Diese erreichten noch einmal verbreitet über 20 °C, im äußersten Südwesten Deutschlands wurden sogar über 26 °C erreicht.

Tiefdruckgebiete zogen über Deutschland hinweg, den Süden erreichten sie selten, wirkten sich dort aber mit milder Luft und stärkeren Niederschlägen intensiver aus. Nur ab und zu floss kältere Luft ein, mit erstem Schnee im Bergland. Im Süden gab es oft Hochdruckwetter, typisch mit Nebel und Hochnebel. In den weniger klaren Nächten trat gelegentlich leichter bis mäßiger, über Schnee vereinzelt auch strenger Frost auf. Der **November** war meist wieder niederschlagsreich und wie der Oktober eindeutig zu mild, dieses Mal aber sonnenscheinarm. Wenn die Möglichkeit bestand, was nicht immer und überall der Fall war, wurden die landwirtschaftlichen Arbeiten, wie die Zuckerrübenernte, das Ziehen der Winterfurche und die Aussaat von Winterweizen fortgesetzt bzw. endgültig abgeschlossen. Wegen der häufigen Regenfälle – besonders in der 2. Monatshälfte – konnten die Landwirte wiederholt kaum ihre Felder befahren. Nach mehreren Anläufen kamen zum kalten Novemberende die Wachstumsprozesse in der Natur letztendlich zum Erliegen, und die Vegetationsruhe kehrte ein. Der Monat bot für die Winterungen, auch für die spät gesäten, insgesamt gute Entwicklungsbedingungen ohne schädigende Einwirkungen. Massive Frostereignisse blieben auch aus.

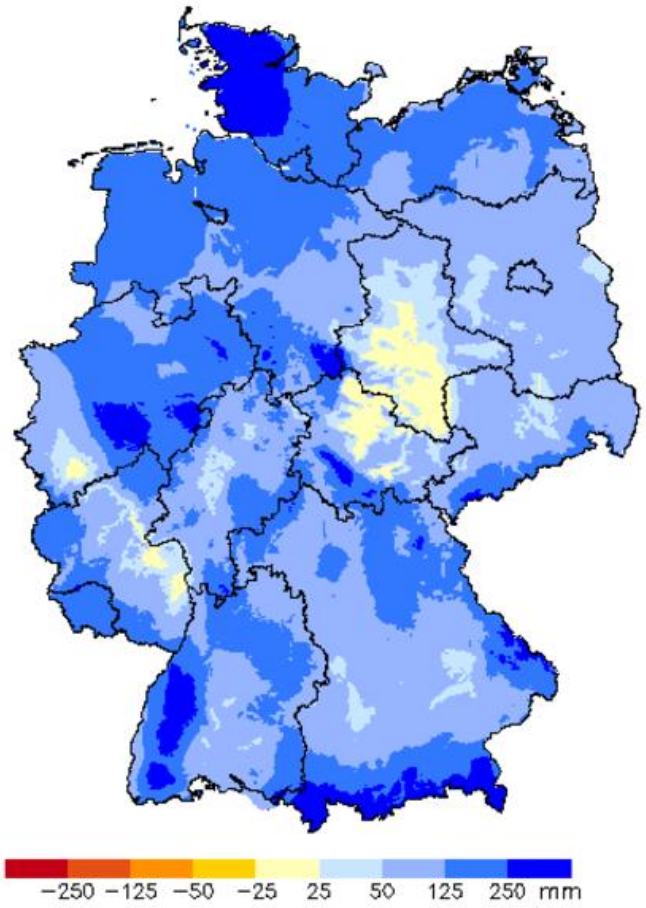


Abb.16: Klimatische Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und Verdunstung in mm) im Herbst 2017

Abb. 16 zeigt die klimatische Wasserbilanz (in mm) im Herbst 2017 (September bis November). Sie berechnet sich aus der Niederschlagssumme abzüglich der Summe der potentiellen Verdunstung über Gras. Als Resultat aus den ergiebigen Niederschlägen, war diese verbreitet positiv, vielerorts mit Werten zwischen 125 und 250 mm. Lediglich in Teilen von Sachsen-Anhalt und Thüringen, sowie punktuell in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen, schwankte die Bilanz zwischen nur -25 und 25 mm.

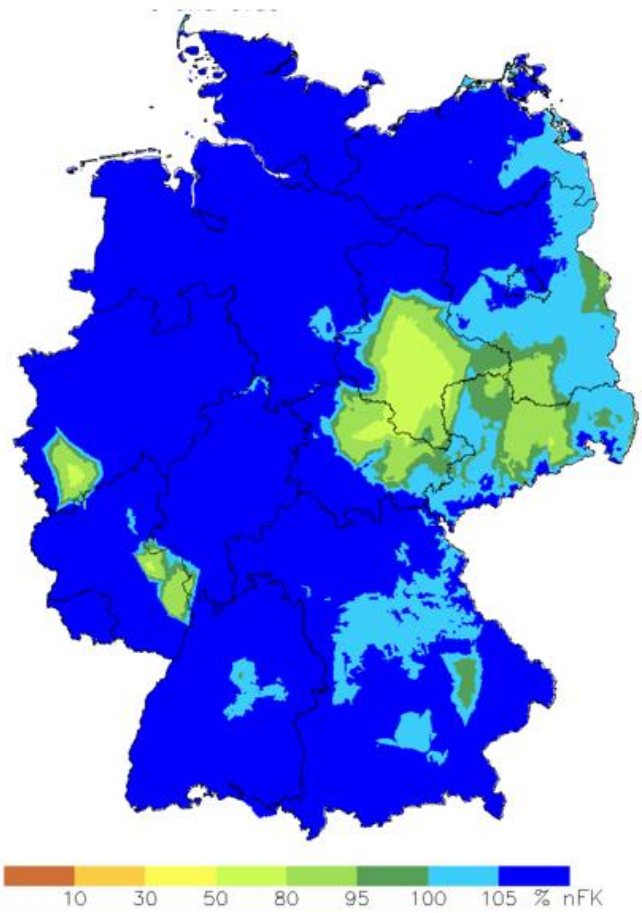


Abb.17: Hohe Bodenfeuchte am 14. Dezember 2017

Abb. 17 zeigt die hohen Bodenfeuchten am 14. Dezember. Bis auf wenige Ausnahmen, insbesondere Teile Ostdeutschlands, lagen die Bodenfeuchten bei über 100 % nutzbarer Feldkapazität (nFK). Die Werte gelten für einen sandigen Lehm unter Gras in 0-60 cm Tiefe.

Die überwiegend westliche Wetterlage, die im November herrschte, dauerte auch im Dezember an. Sie brachte meist nasskaltes und wolkenreiches Wetter mit vielen Niederschlägen. Diese fielen im Flachland nur gelegentlich, im Bergland überwiegend als Schnee. Damit bildete sich in der Adventszeit – insbesondere an den Adventswochenenden – gebietsweise eine geschlossene Schneedecke aus. Die Winterungen konnten während der zeitweise kälteren Phasen mit Nachtfrösten abgehärtet werden und vorübergehend konnte der Frost wenige Zentimeter in die Böden eindringen. Die Zwischenfruchtbestände waren jedoch noch nicht abgefroren. An Weihnachten kam deutlich mildere Luft heran, starkes Tauwetter setzte ein und vereinzelt blühten sogar die ersten Haselsträucher und Schneeglöckchen. Trotzdem herrschte im Großen und Ganzen Winterruhe vor. Feldarbeiten waren aufgrund der hohen Bodenfeuchte kaum möglich – erste Pfützen bildeten sich auf den Feldern. Aus diesem Grund konnten mancherorts nicht die letzten Zuckerrüben geerntet und abtransportiert werden. Nur im mitteldeutschen Trockengebiet sah die Situation anders aus, dort waren die Bodenwasservorräte auch bis zum Monatsende nicht gefüllt.

Bodenfeuchte und Mikroklima

Trotz einer längeren Frostperiode im Januar war der Winter 2016/17 insgesamt zu mild. Im Gegensatz zum Vorjahr und auch zum langjährigen Mittel war der Frühling 2017 sonniger, um einiges wärmer und deutlich zu trocken. Als markantes Ereignis bleiben die Kaltlufteinbrüche im April in Erinnerung, die zu vielen Frostschäden vor allem im Obst- und Weinbau führten. Die Monate Mai und Juni waren deutlich zu trocken und Dürre, Trockenheit und Waldbrandgefahr waren die bestimmenden Themen. Warm, nass und ausreichend sonnig zeigte sich der Sommer 2017, wobei die Wetterelemente zeitlich und räumlich sehr unregelmäßig verteilt waren. Der Sommer startete trocken und wurde vor allem im Juli richtig nass mit lokalen Überschwemmungen. Von August bis Oktober setzten sich die insgesamt feuchten Bedingungen weiter fort. Die Temperaturen lagen mit Ausnahme des Januars und Aprils im gesamten Jahr über den langjährigen Mittelwerten.

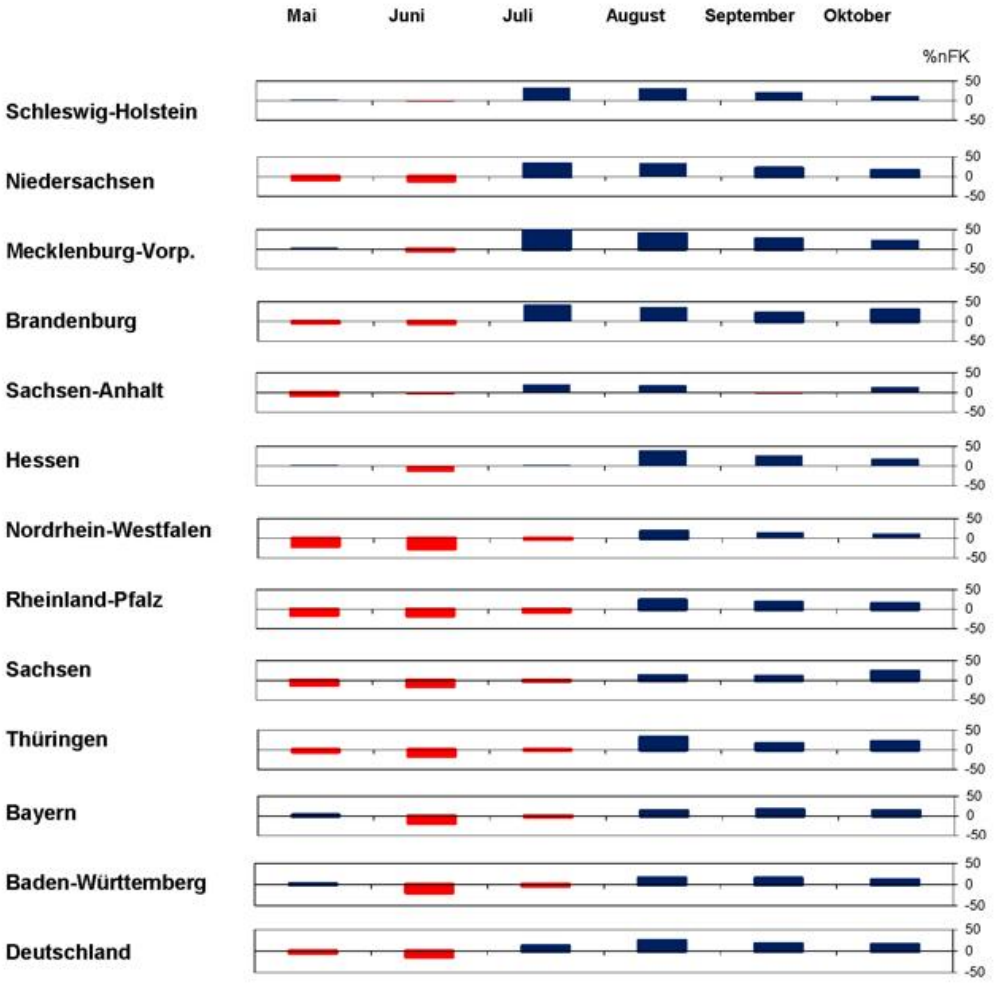


Abb. 18: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten in % nFK im Jahr 2017 vom langjährigen Mittelwert 1962–2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2017

Die Frühjahrsmonate starteten deutlich zu trocken in die neue Vegetationsperiode. Auch der erste Sommermonat hatte erhebliche Niederschlagsdefizite, was sich anschaulich in den negativen Abweichungen der Bodenfeuchte wiederspiegelte. Der Juli wies in punkto extreme Niederschläge sowohl die eher kleinräumigen und intensiven Starkregen, als auch die extremen unwetterartigen Dauerregen in Mitteldeutschland auf. Im Juli gab es in den nördlichen Bundesländern starke positive Abweichungen der Bodenfeuchte. Von August bis Oktober blieben die Abweichungen der Bodenfeuchte im positiven Bereich.

Mikroklima 2017

Das Jahr 2017 gehört zu den acht wärmsten Jahren seit Beginn regelmäßiger Temperaturmessungen 1881. Mit 9,6 °C war das Jahr 2017 um 1,4 K wärmer als der Wert der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1990. Bezogen auf die spätere Vergleichsperiode 1981 bis 2010 betrug die Abweichung +0,7 K. Nur der Januar und der April haben leicht negative Abweichungen bei den Bodentemperaturen aufzuweisen, sonst waren die Abweichungen deutlich positiv.

Besondere Situation 2017

In einem Sonderbericht (ab S. 54) wird die „Limitierende Wettersituationen für die Landwirtschaft im Jahr 2017“ erörtert.

Wetterrückblick Weinjahr 2017

H. H. Schmitt

Später Frost und frühe Lese / Rückblick auf ein Jahr voller Wetterkapriolen

Kalendarisch ist das Jahr zwar noch nicht zu Ende, doch die Weinbauern ziehen schon eine erste Bilanz: Und die fällt zwiespältig aus. Denn auch in diesem Jahr hat sich wieder gezeigt, dass die Herausforderungen für die Winzer nicht geringer werden. Die Klimaerwärmung eröffnet Chancen, birgt aber auch viele Risiken. Und gerade von letzteren gab es in 2017 wieder eine ganze Menge.

Wir wollen unseren Rückblick auf das Weinjahr im Rheingau (Abb. 19) - der tendenziell auch für die meisten anderen deutschen Weinanbaugebiete gelten kann mit einer Grafik untermauern. Darin sind Temperaturverlauf und Verteilung der Regenmengen dargestellt, wie sie an der Wetterstation in Geisenheim/Rheingau gemessen wurden. Ergänzt wird die Grafik durch die phänologischen Daten aus dem Eltviller Sonnenberg, ein mit Riesling bestockter Weinberg, der dem Weinbauamt Eltville als Referenzweinberg dient und von dem Beobachtungsdaten seit 1955 vorliegen. In der Grafik werden die Werte des Jahres 2017 den vieljährigen Mittelwerten gegenüber gestellt.

Zum Jahresablauf: Das Jahr 2017 fing kalt an. Bei Tiefstwerten bis minus 10 Grad Celsius kam ein Hauch von Winter auf und die - wenigen verbliebenen - Klimawandel-Skeptiker bekamen kurzfristig Rückenwind. Sogar eine späte Eisweinlese wurde nochmals möglich. Doch schon bald kehrte sich das Bild um: Februar, März und auch die ersten Apriltage waren viel zu warm. Die Natur erwachte früh. Viel zu früh, wie sich bald zeigen sollte. Anfang April betrug der Vorsprung gegenüber einem „Durchschnittsjahr“ (von einem „Normaljahr“ kann man mittlerweile kaum mehr reden) 14 bis 16 Tage.

Als in den Nächten zum 20. und - etwas schwächer - zum 24. April Spätfröste auftraten, waren teilweise heftige Schäden die Folge. Schwerpunkt waren jene Lagen, die aufgrund ihrer geschützten, meist niedrigen Höhenlage besonders weit entwickelt, sprich besonders empfindlich und aufgrund ihrer geringen Hangneigung zugleich kaltluftgefährdet waren.

Ein Teil der Ertragserwartungen war damit schon zunichte gemacht, bevor das Weinjahr richtig begonnen hatte. Dabei war es gar nicht extrem kalt: So wurden in der Nacht zum 20. April an der Wetterstation Geisenheim minus 1,1, am 24. sogar „nur“ plus 0,2 °C gemessen. Für die schon weit entwickelten Rebenknospen war das aber vielfach schon zu viel, zumal die Temperaturen in 70 cm Höhe, dem Niveau, in dem sich die Fruchtruten der Reben befinden, ohnehin deutlich niedriger lagen, als die in der offiziellen Messhöhe (2m) registrierten Werte. Dass die Böden aufgrund geringer Niederschläge schon relativ trocken waren, blieb da für die Winzer nur noch eine Randnotiz. Für die Agrarmeteorologen war die Trockenheit aber ein weiterer Grund für die Frostschäden: Ein trockener Boden leitet die Wärme schlechter als ein feuchter, so dass die „Bodenheizung“ im Frühjahr weitgehend ausfiel.

Nach den Frösten herrschte erst einmal Schockstarre bei den Winzern und auch bei den Weinreben. Bei deutlich unterdurchschnittlichen Temperaturen, die bis Mitte Mai anhielten, kam die Rebentwicklung in den frostgeschädigten Anlagen kaum, in den übrigen nur schleppend voran. In der Folge spreizte sich die phänologische Entwicklung innerhalb von knapp drei Wochen weit auf: In manchen Lagen, ja sogar innerhalb einzelner Weinberge gab es große Unterschiede zwischen den Entwicklungsstadien. Zwar trieben in den frostgeschädigten Lagen nach und nach die Reserveknospen (der Winzer spricht von „Bei-Augen“) aus - doch war das kaum mehr als Kosmetik fürs Auge. Für die Erträge waren die Bei-Augen kaum relevant, und selbst wenn sich noch eine Blüte entwickelte, wurden die Trauben aufgrund der mehrwöchigen Zeitverzögerung meist nicht mehr reif.

Ab Mitte Mai wurde es wieder sommerlich, die Rebentwicklung in den vom Spätfrost verschonten Anlagen nahm zügig Fahrt auf. Anfang Juni setzte die Blüte ein - rund 10 Tage früher als im Durchschnitt. Sie nahm einen raschen Verlauf, die Befruchtung der kleinen Blüten erfolgte zu nahezu 100 Prozent (Verrieselungen, d.h. Nichtbefruchtung wurden kaum beobachtet). Dabei ist gerade diese Verrieselung - in Maßen - ein Qualitätskriterium, insbesondere bei der Königsrebsorte „Riesling“ - Nomen est Omen.

Mitte Juni wurde im Wetterfax für den Weinbau, das die Abteilung Agrarmeteorologie gemeinsam mit der Hochschule Geisenheim und dem Weinbauamt Eltville herausgibt, daher schon davor gewarnt, dass wegen der Vielzahl der befruchteten Beeren „zum Herbst hin kompakte Trauben weit verbreitet sein werden und Quetschprobleme, Fäulnis und Qualitätseinbußen ... vorprogrammiert sind“.

Wegen der in der Folge sehr schnellen Rebentwicklung konnten die (Gegen-)Maßnahmen zur Auflockerung der Traubenstruktur wie Entblätterung der Traubenzone

(Stress für die Reben, die dann einen Teil ihrer Früchte abstoßen) oder der Einsatz von Bioregulatoren (Wachstumshormone, die das Gleiche auf chemischer Basis bezwecken) kaum einmal umgesetzt werden. Auch für das zu einem späteren Zeitpunkt empfohlene Traubenteilen (hierbei werden die noch wenig entwickelten Trauben in der Mitte durchgeschnitten und die Resttraube kann sich nochmals „strecken") konnten sich nicht viele Winzer erwärmen. Zu groß ist noch immer die Sorge, dass dann bei einem evtl. Hagelschlag keine „Reservetrauben" mehr verfügbar sind.

Schon zum Monatswechsel Juli/August wurde bei den ersten Standorten der Reifebeginn beobachtet - wie schon die Blüte mit einem zeitlichen Vorsprung von 10 Tagen. Dann ereignete sich in der Nacht zum 1. August ein verheerendes Unwetter: Mit Hagel und Sturmböen zog ein Gewitter über den Rheingau. Neben Windbruch waren genau die oben schon angesprochenen Traubenschäden durch den Hagel das größte Problem - eine Eintrittspforte für die Botrytis (Grauschimmel) war geöffnet. Weil aber in den Folgetagen weitere kräftige Regengüsse über dem Rheingau niedergingen (von Anfang August bis Mitte September fielen örtlich bis zu 150 Liter Regen), trockneten die geschädigten Beeren nicht ein, sondern die Fäulnis wurde massiv vorangetrieben. Neben den Hagelschäden waren es vielfach einzelne Beeren, die zu dicht gepackt waren und sich gegenseitig zerdrückten und zu faulen begannen. Zu allem Übel kam noch Wespenfraß hinzu - in Jahren mit früher Traubenreife (der Klimawandel lässt grüßen!) stellen die süßer werdenden Trauben für die dann noch hoch aktiven Wespen eine besondere Leckerei dar. Die angefressenen Trauben faulen natürlich auch gerne weiter.

Die Folgen stellten die Winzer vor schwierige Entscheidungen: Die frühe Fäulnis erzwang entweder eine frühe Lese, um nicht noch weitere Ertragsverluste zu riskieren. Dass diese Trauben dann keine Spitzenweine bringen würden, war klar. Denn nur Trauben, die lange reifen, können auch hochwertige Qualitäten bringen. Zwischen Blüte und Lese (Ernte) sollten mindestens 100 Tage Reifezeit liegen, damit neben Zucker (das ist in Zeiten der Klimaerwärmung nicht mehr das Problem) auch Aromastoffe produziert und in die Beeren eingelagert werden können. In Spitzenjahren liegt die Reifezeit bei 120 bis 130 Tagen.

Die andere Alternative - das „oder" zum obigen „entweder": Wer seine Trauben länger hängen lassen wollte, musste eine - zeitaufwändige - negative Selektion vornehmen und die faulen Trauben herausschneiden, dies zum Teil in mehrfacher Wiederholung. Im Ergebnis gab es dann qualitativ hochwertige Weine, allerdings lag die Menge deutlich unter den Erwartungen. Gerade aber für die Spitzenweingüter, die im nationalen wie internationalen Wettbewerb stehen, war das aber unerlässlich, eben solche Spitzenweine anbieten zu können. Hier lautet die Devise: Klasse statt Masse! Denn wer einmal in den meinungsmachenden Weinführern durchgefallen ist, braucht Jahre, um sich von diesem „Imageschaden" zu erholen. Dann doch lieber weniger Menge, aber höhere Qualität.

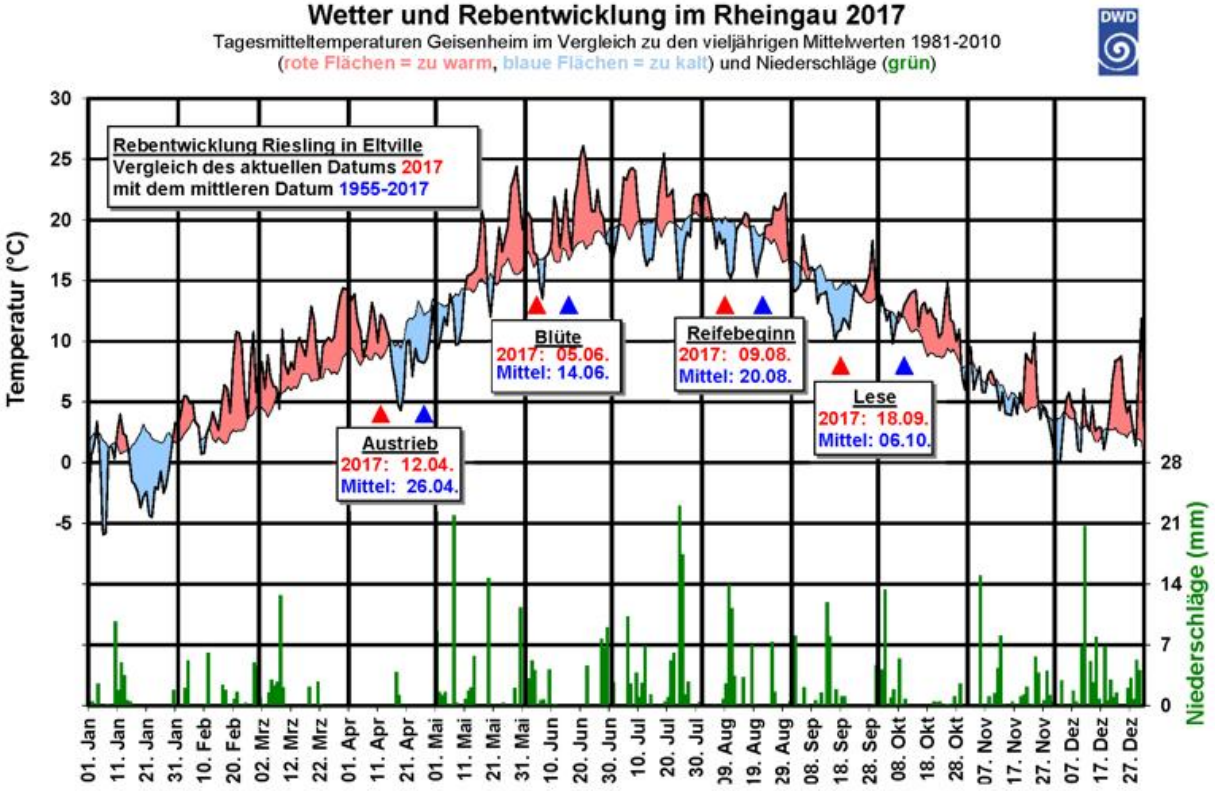


Abb. 19: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2017

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann

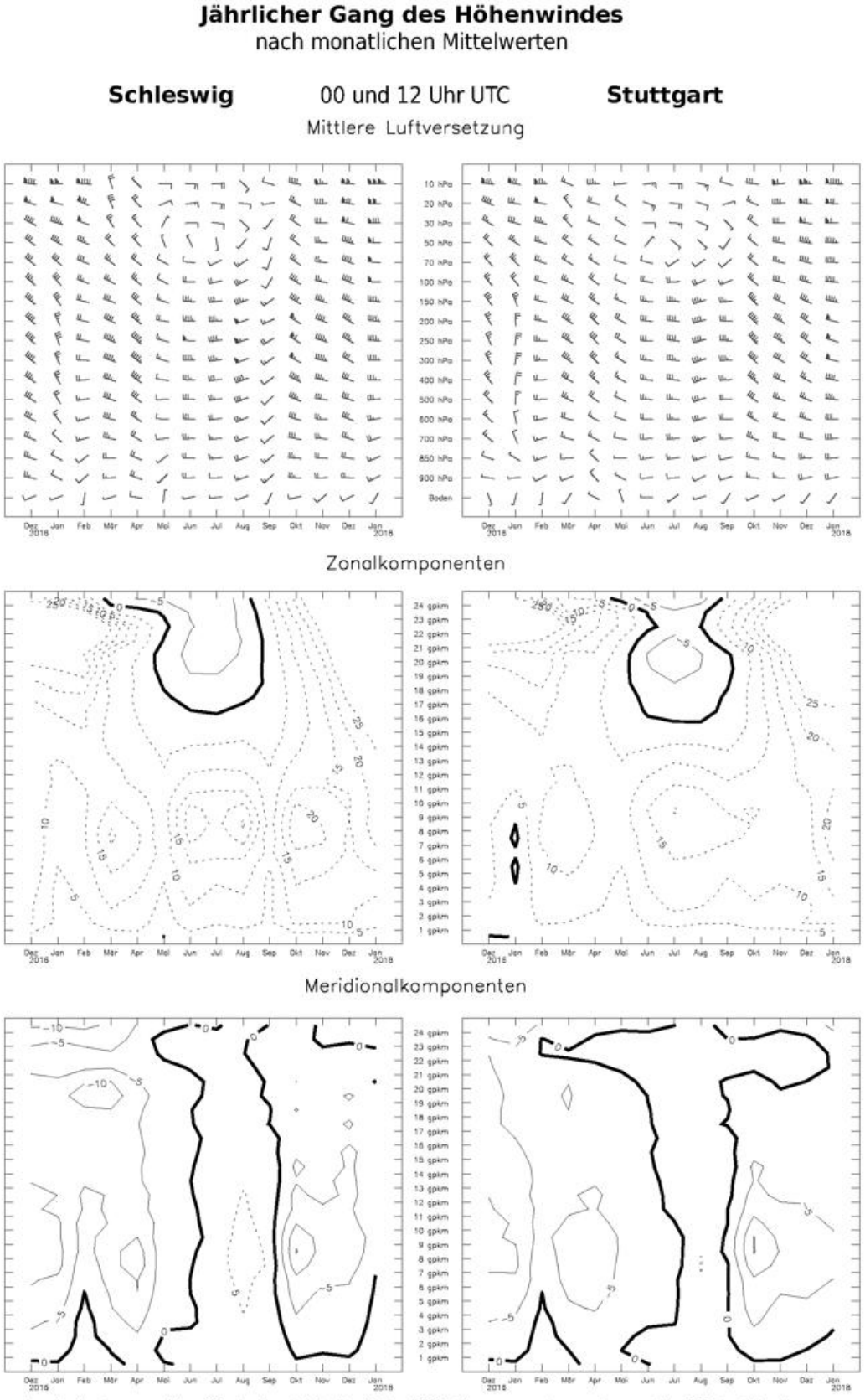
Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde.

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2017 dargestellt.

Insbesondere in der oberen Troposphäre sind die Strömungsmuster der beiden Stationen nahezu identisch. Im Januar waren für beide Stationen Nordlagen wetterbestimmend, was sowohl durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart als auch durch die Meridionalkomponentendarstellung verdeutlicht wird. Im Februar dagegen dominierten Westlagen, was wiederum die Zonaldarstellung sehr gut zeigt, wobei in den unteren Troposphärenschichten noch eine Südkomponente wirksam war. Im März und April herrschte in der Troposphäre eine Nordwestströmung vor, die über Stuttgart auch im Mai erhalten blieb, während über Schleswig die Strömung auf West drehte. Für die Monate Juni und Juli ergab sich im Mittel über beiden Stationen eine Luftversetzung aus Westen. Das Wettergeschehen im August wurde von Südwestlagen bestimmt, was insbesondere dem Süden Deutschlands einen sehr warmen August bescherte. Der Einfluss der Südwestlagen blieb über Schleswig, wie die Darstellung der mittleren Luftversetzung zeigt, auch im September erhalten, während über Stuttgart die Strömung auf West wechselte. In den Monaten Oktober, November und Dezember setzte sich wieder über ganz Deutschland die Westdrift durch, wobei die Anströmrichtung in den höheren Troposphärenschichten auf Nordwest drehte.

In der Stratosphäre dominierte von Januar bis April eine Nordwestströmung, die kalte Luftmassen heranführte. Die sommerliche Ostwindzirkulation setzte 2017 erst relativ spät ein und blieb über Schleswig von Mai bis August und über Stuttgart von Juni bis August beständig. Im September drehte die Stratosphärenströmung wieder auf Nordwest bis West. Wie die Darstellung der mittleren Luftversetzung zeigt, blieb diese Strömung bis zum Jahresende stabil.



Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten. Bei den Meridionalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten.Angaben der Zonal- und Meridionalkomponenten in m/s; Angabe der Luftversetzung in Knoten. Ein ganzer Fiederstrich entspricht 5 Knoten (1 kn=0,514 m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2017

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	124*	241*	118*
GREIFSWALD (WEWA)	20	127*	239*	1113*
BERGEN (BW)	20	124*	237*	114*
LINDENBERG (OBS)	20	136	240*	105*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	136*	236*	101*
MEININGEN (WEWA)	20	138*	240*	103*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	147	239*	93*
STUTTGART(SCHNARRENBERG AWST)	20	147*	241*	95*
	50	165*	239*	75*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	148	247	100
OBERSCHLEISSHEIM	20	139*	243*	105*
	50	181	244	64

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2017 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1993 bis 2017.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über den norddeutschen Stationen Anfang Mai, an den anderen Stationen in der zweiten Maihälfte ein. Die sommerliche Stratosphärenzirkulation blieb an allen Stationen bis Ende August/Anfang September beständig.

In 30 hPa wurde die Ostwindzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, von Anfang Juni bis Ende August registriert. Damit war die Ostwindperiode 2017 ähnlich kurz wie 2016 und deutlich kürzer als 2014 und 2015.

In 50 hPa bildete sich eine östliche Stratosphärenströmung nur an den Stationen Stuttgart und Oberschleißheim aus. Sie setzte über Stuttgart Mitte und über Oberschleißheim erst Ende Juni ein. Damit war die Ostwindperiode in 50 hPa über diesen beiden Stationen mit 74 und 64 Tagen sehr kurz.

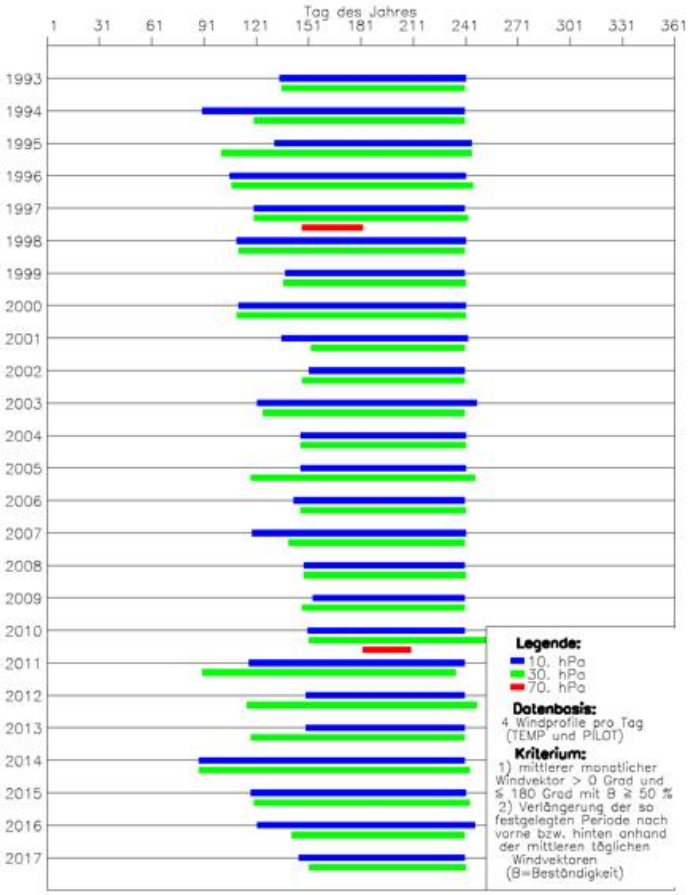


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1993-2017

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2017 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1977. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten.

Das Diagramm für den Frühling zeigt in der mittleren Troposphäre 2017 eine deutlich positive Temperaturabweichung gegenüber dem Referenzzeitraum. Der Sommer 2017 war im Mittel etwas wärmer als der Sommer 2016, was auch die 500-hPa-Kurve widerspiegelt. Im Herbst waren überwiegend Nordwestlagen wetterwirksam, die in der mittleren Troposphäre Kaltluft heranführten. So zeigt das Herbstdiagramm weiterhin eine abfallende 500-hPa-Kurve, die 2017 sogar die Null-Linie unterschritten hat. Im Winter wurde dann aber wieder ein leichter Temperaturanstieg verzeichnet. Die Stratosphäre blieb in allen Jahreszeiten zu kühl, allerdings zeigt das Herbstdiagramm einen leichten Temperaturanstieg gegenüber 2016.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2017 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Gut zu erkennen ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause, während in der sich anschließenden Stratosphäre Isothermie herrschte. Der Temperaturgradient in der Troposphäre zeigt an beiden Stationen keine Auffälligkeiten.

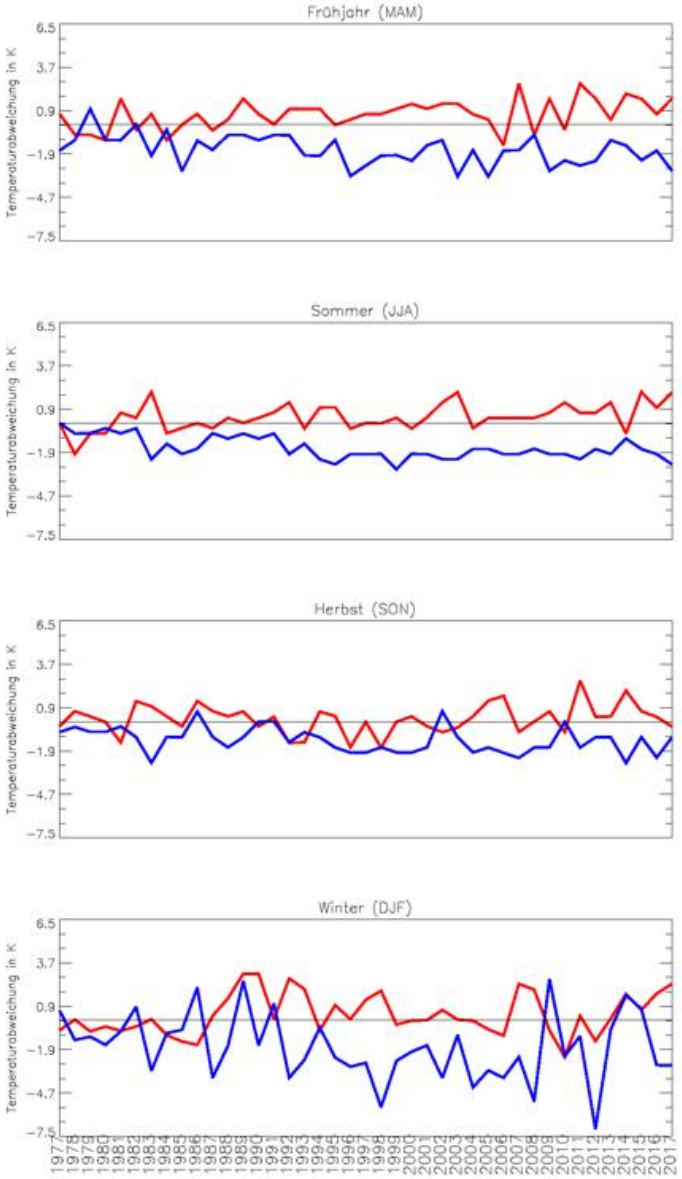
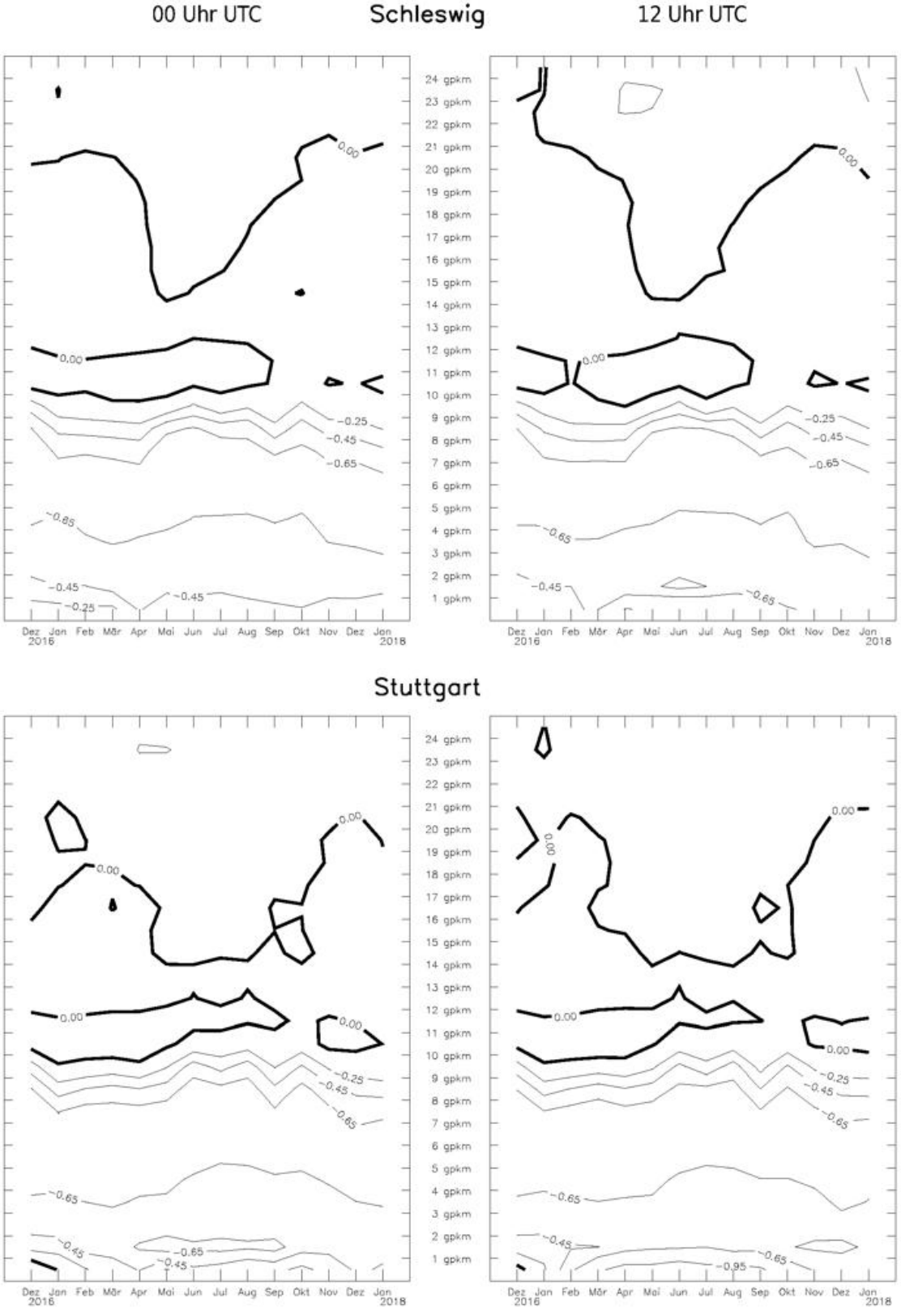


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2017 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten



Negative Werte entsprechen einer Abnahme, positive Werte entsprechen einer Zunahme der Temperatur mit der Höhe (Angabe in K/100m)

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2017

Temperaturminima in der Stratosphäre

Im Jahr 2017 erreichte das stratosphärische Temperaturminimum an fast allen Stationen Ende Januar und an Weihnachten Werte von -80 °C und darunter. Die Ausnahme bildete Oberschleißheim, wo ein Temperaturminimum von -80 °C in der Stratosphäre nicht erreicht wurde. Über Schleswig und Greifswald blieb die Stratosphäre bis Anfang Februar sehr kalt. Am Observatorium Lindenberg wurde nochmals eine stratosphärische Abkühlung auf -80 °C am 20. Februar registriert. In einer Höhe zwischen 25 und 27 km wurden extreme Werte über dem Norden Deutschlands gemessen (Schleswig (-88 °C), Greifswald (-86 °C), Bergen (-86 °C)). Tab. 2 zeigt eine Zusammenfassung der stratosphärischen Temperaturminima des Winters 2017.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur (C°)	Geopotential (gpm)
SCHLESWIG	Jan	26	0	-84	24321
	Jan	26	12	-86	25220
	Feb	1	0	-82	24990
	Feb	2	12	-82	25056
	Dez	25	0	-81	22785
	Dez	24	12	-88	26222
GREIFSWALD	Jan	28	0	-82	24638
	Jan	26	12	-84	24715
	Feb	1	0	-81	25031
	Feb	2	12	-80	25268
	Dez	13	0	-82	23997
	Dez	24	12	-86	25981
BERGEN	Jan	27	0	-85	25691
	Jan	26	12	-86	26210
	Dez	24	0	-83	26301
	Dez	24	12	-85	25109
LINDENBERG	Jan	28	0	-81	24691
	Jan	26	12	-82	24618
	Feb	20	12	-80	23273
	Dez	24	0	-82	27376
	Dez	**24**	**12**	**-83**	**29363**
	Jan	26	0	-81	24672
ESSEN-BREDENEY	Jan	27	12	-81	25790
	Dez	26	0	-81	26056
	Dez	25	12	-80	24019
MEININGEN	Jan	28	0	-80	24726
	Jan	26	12	-82	25370
	Dez	26	0	-80	25964
	Dez	25	12	-81	25266
IDAR-OBERSTEIN	Jan	27	0	-80	25572
	Jan	26	12	-83	25908
	Dez	24	0	-80	27280
	Dez	24	12	-82	27045
STUTTGART (SCHNARRENBERG)	Jan	27	0	-80	26171
	Jan	26	12	-80	25460
	Dez	25	12	-80	26041
	Jan	26	12	-81	25768
KÜMMERSBRUCK	Dez	26	0	-80	26195
	Dez	24	12	-81	28250

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2017

Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, U. Köhler

Eine nachhaltige Erholung der Ozonschicht lässt auch 2017 noch auf sich warten. Mit 312,9 D.U. lag das Gesamtozon-Jahresmittel auch 2017, wie schon in drei der letzten acht Jahre, deutlich unter dem Durchschnitt. Neben den nach wie vor hohen Konzentrationen ozonzerstörender Stoffe in der Stratosphäre (Chlor und Brom, nur 10 bis 15% Rückgang seit dem Maximum Ende der 1990er Jahre) spielten drei natürliche Faktoren in diesem Jahr eine wichtige Rolle (siehe Abb. 1):

- Nach dem außergewöhnlichen Verhalten der quasizweijährigen Oszillation (QBO) in 2016 (siehe KSB 2016) verblieb die QBO auch im 1. Halbjahr 2017 erst einmal in der Westphase und sorgte so für niedriges Gesamtozon (magenta Linie in Abb. 1). Da das Jahresmittel überwiegend durch diese niedrigen Werte dominiert wurde, fielen die normalen Werte im Herbst und frühen Winter (September, November, Dezember, siehe Abb. 2), nach dem Umschwenken der QBO auf die Ostphase, nicht mehr ins Gewicht.

- Auch die überwiegend positive Phase der Arktischen Oszillation (AO, blaue Linie in Abb. 1) mit entsprechender Zirkulation in der Nordhemisphäre sorgte für niedrige Gesamtozonwerte in den mittleren Breiten und damit auch über dem Hohen Peißenberg.

- Der dritte Grund für das beobachtete Ozondefizit ist das gegenwärtige Minimum der solaren Aktivität im 11-jährigen Sonnenzyklus. Die schwächere Sonnenaktivität geht einher mit deutlich reduzierter kurzwelliger UV-Strahlung. Diese wiederum führt zu einer Verringerung der natürlichen Ozonproduktion im Rahmen des Chapman-Mechanismus in der tropischen Stratosphäre und damit gelangt über die Brewer-Dobson-Zirkulation auch weniger Ozon in die höheren Breiten und zum Hohenpeißenberg (orange Linie in Abb. 1).

Erfreulich für das Gesamtozon im Jahr 2017 war die Tatsache, dass die stratosphärische Aerosolbelastung (z.B. durch Vulkanausbrüche) seit Jahren sehr gering ist (grüne Linie in Abb. 1) und dass darüber hinaus im Winter 2016/2017 über der Arktis kein außergewöhnlich stabiler und kalter Polarwirbel aufgetreten war. Ein ausgeprägter Polarwirbel würde derzeit zu deutlichem chemisch induzierten Ozonabbau führen, wie z.B. im Jahr 2011. Auch hoher Aerosolgehalt würde derzeit noch sicher zu niedrigen Gesamtozonsäulen führen (wie z.B. 1993). Mit solchen negativen Einflüssen wären wohl in 2017 noch niedrigere Gesamtozonwerte gemessen worden, die eventuell sogar die Minima aus den Jahren 1992/93 und 2011 unterschritten hätten.

Die Frage, warum bisher noch keine deutliche Erholung der weltweiten Gesamtozonsäulen zu beobachten ist, wurde vor kurzem auch in einer viel beachteten Veröffentlichung von Ball et al. thematisiert (Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery, Atmos. Chem. Phys., 18, 1379–1394, 2018). Quintessenz dieser Veröffentlichung ist, dass derzeit in der unteren Stratosphäre speziell in den Tropen/Subtropen aber auch in den Mittleren und Höheren Breiten, eher noch ein weiterer Rückgang des Ozongehalts zu beobachten sei. Dieser Rückgang werde durch Zunahmen des troposphärischen Ozons kompensiert und führe zu mehr oder weniger gleichbleibenden Gesamtozonsäulen, nicht zu den eigentlich erwarteten Zunahmen. Die Hohenpeißenberger Ozonmessungen bestätigen diese Theorie aber derzeit nicht. Zum einen zeigen sowohl das Gesamtozon als auch das Ozon in 20 km Höhe seit Ende der 1990er Jahre leicht zunehmende Trends, die mit der Erwartung aus dem langsamen Rückgang des Chlorgehalts zusammenpassen (siehe rote Trendlinie in Abb. 1, gestrichelte Trendlinie für 20 km Höhe in Abb. 3, magenta Kurve des invertierten Chlorgehalts in Abb. 3). Im Gegensatz zur Ball'schen Theorie ist am Hohenpeißenberg auch keine Zunahme des troposphärischen Ozons seit Ende der 1990er Jahre zu beobachten (gestrichelte Trendlinie für 5 km Höhe in Abb. 3). Die Messungen am Hohenpeißenberg können also die Ergebnisse der vielbeachteten Ball-Publikation zumindest derzeit nicht verifizieren.

Fazit: Auch im Jahr 2017 haben natürliche Einflussfaktoren wie QBO, Arktische Oszillation und solarer Zyklus dafür gesorgt, dass die Ozonschichtdicke fast im gesamten Zeitraum, bis auf drei Monate zum Jahresende, deutlich reduziert war. Auf Grund der immer noch hohen Konzentrationen der ozonzerstörenden Substanzen ist der Zustand der Ozonschicht weiterhin bedenklich. Dank des Montrealer Protokolls (vor 30 Jahren unterzeichnet) und dessen Nachfolgabkommen sind aber die Weichen für eine Besserung gestellt. Erste positive Anzeichen wie der langsam beginnende Rückgang des Chlors in der Stratosphäre (siehe Abb. 3) und das Ende der bis ca. 1995 beobachteten starken Abnahme der stratosphärischen Ozonwerte können zweifelsfrei konstatiert werden. Der Patient Ozonschicht liegt zwar immer noch auf der Intensivstation, sein Zustand hat sich jedoch stabilisiert und scheint nicht mehr lebensbedrohlich zu sein. Die erwartete Erholung wird sich aber über einen längeren Zeitraum von mehreren Jahrzehnten hinziehen. Genaue Messungen zur Überwachung der Ozonschicht müssen deswegen fortgesetzt werden. Sonst kann die Erholung nicht statistisch signifikant belegt werden, unerwartete Entwicklungen und Gefahren können nicht erkannt werden.

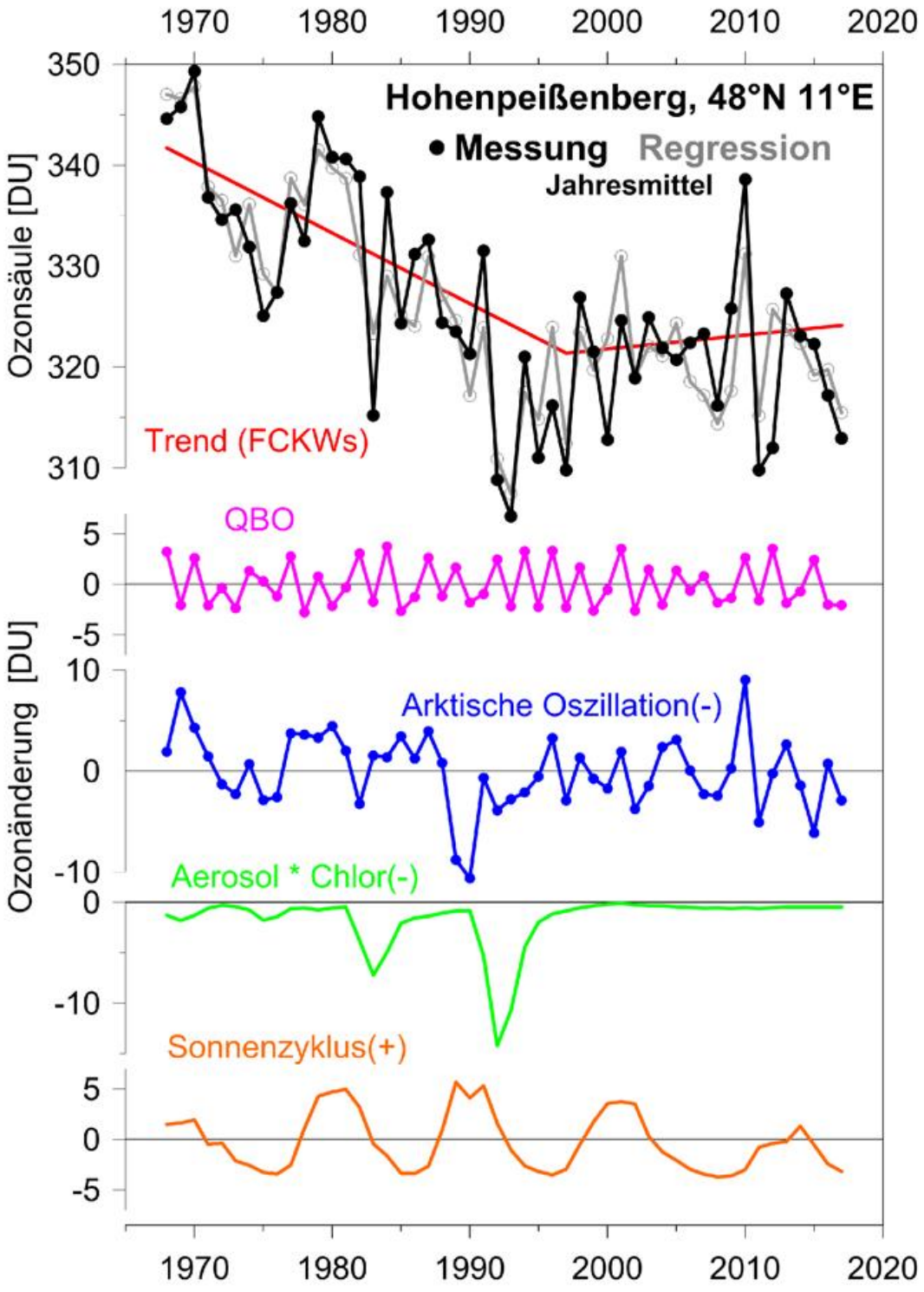


Abb. 1: **Oben:** Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus Messungen am Hohenpeißenberg (schwarz), sowie Rekonstruktion der Jahresmittel durch multiple lineare Regression (grau). **Unten:** Ozon-Schwankungen gemäß der multiplen linearen Regression: Trend der Belastung mit ozonzerstörenden Substanzen (FCKW, rot), Schwankungen durch quasi-zweijährige Oszillation der Winde am Äquator (QBO, magenta), durch meteorologische Schwankungen im Rahmen der Arktischen Oszillation (AO, blau), durch chlor-gewichtete Aerosolbelastung der Stratosphäre nach Vulkanausbrüchen (grün), sowie durch Sonnenaktivität im 11-jahrigen Zyklus (orange). Die Kurven für den Trend FCKW, AO-Index und Aerosol/Chlor sind invers aufgetragen.

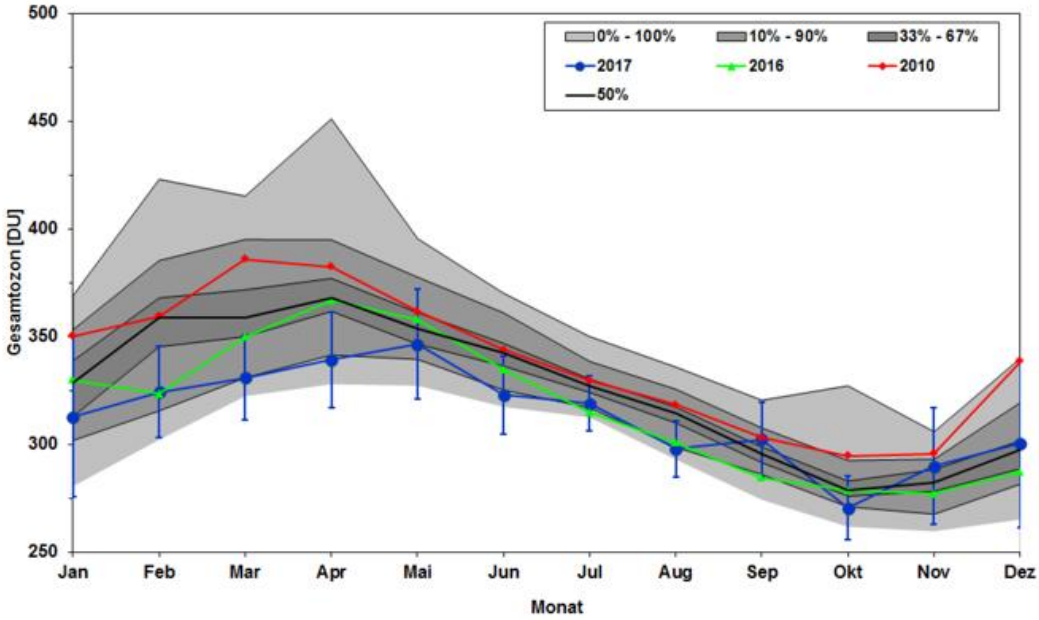


Abb. 2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2017 (blau) und 2016 (grün) sowie das Jahr 2010 (rot) mit einem sehr hohen Jahresmittelwert. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

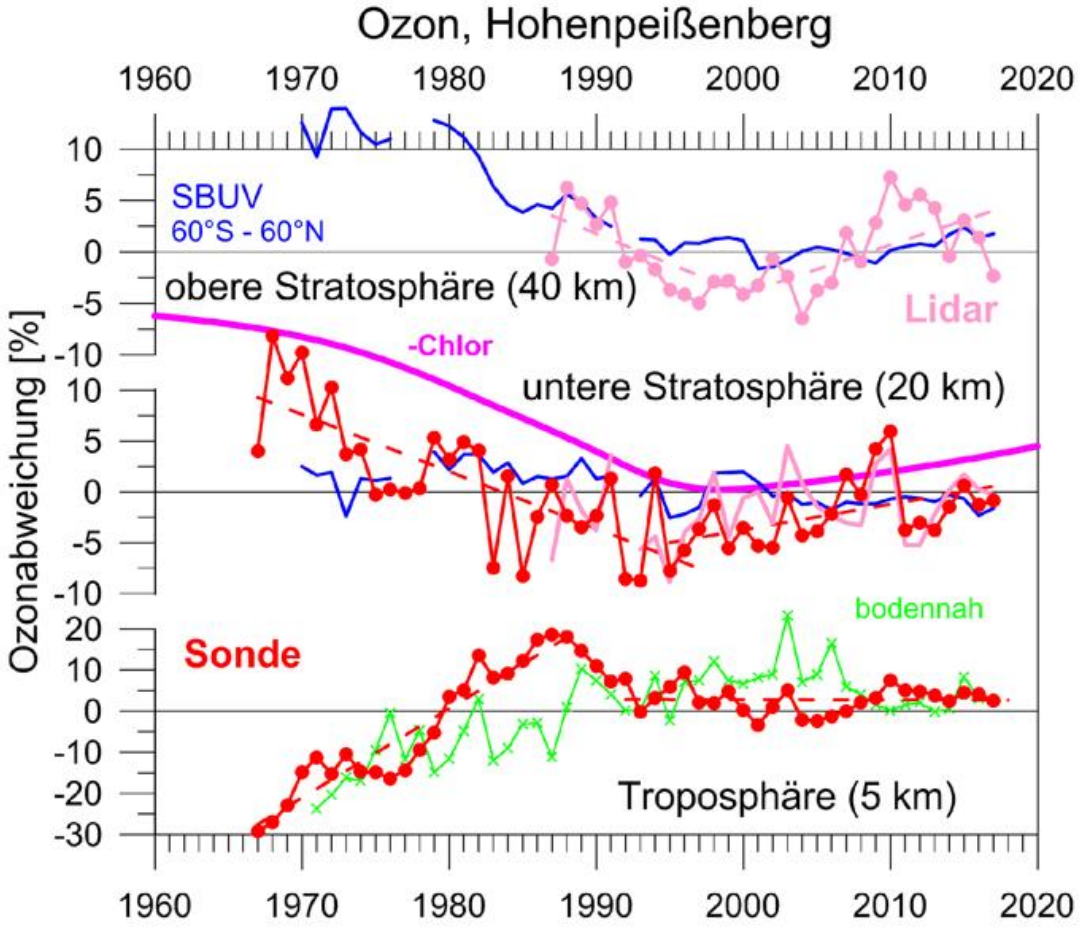


Abb. 3: Jahresmittel der Ozonwerte am Hohenpeißenberg für verschiedene Höhenschichten der Atmosphäre (rot: Ozonsonde, rosa: Ozonlidar, grün: bodennahes Ozon), sowie globale Entwicklung anhand von Satellitendaten (blaue Kurven). Die magenta-farbige Kurve stellt schematisch den Einfluss der Chlorbelastung der Stratosphäre dar. Der maximale Chlorgehalt wurde Ende der 1990er Jahre erreicht und damit auch die niedrigsten Ozonwerte in der Stratosphäre. Dank des Montrealer Protokolls geht seither der Chlorgehalt langsam zurück, wobei die stratosphärischen Ozonwerte in 40 und 20 km Höhe mit mehr oder weniger ausgeprägter Erholungstendenz folgen.

Limitierende Wettersituationen für die Landwirtschaft im Jahr 2017

W. Janssen, C. Frühauf, T. Junghänel

Dem Normalbürger bleibt vom Jahr 2017 sicherlich in Erinnerung, dass der Sommer in weiten Teilen Deutschlands recht verregnet war. Die Landwirte haben allerdings ein differenziertes Bild und eine andere Wahrnehmung, da ihr finanzieller Erlös auch vom Wetter mitbestimmt wird und somit ungünstige Witterungsabschnitte besonders gut in Erinnerung bleiben.

Spätfröste

Nach einem unproblematischen Winter mit etwas zu kalten Temperaturen im Januar wurde es Mitte Februar und besonders der März überdurchschnittlich warm. Der bisher wärmste in Deutschland registrierte März war 3,7 K wärmer als das langjährige Mittel und beschleunigte die Pflanzenentwicklung, so dass die Obstblüte im Mittel 12 Tage früher einsetzte. Ab dem 20. April setzte sich eine ungewöhnlich kalte Witterung durch, die verbreitet zu Frostschäden bei den bereits blühenden Obstkulturen führte.

Um dieses Ereignis in Bezug zu vergangenen Jahren zu bewerten wurde eine spezielle Analyse mit Hilfe phänologischer Daten und den Temperaturwerten von 188 Stationen durchgeführt, die eine vollständige Datenreihe ab 1961 haben und unter 800 Höhenmeter liegen. Die phänologischen Daten wurden dazu genutzt ein Zeitfenster zu definieren, an dem die Obstbäume blühen. Als Starttermin wurde der Blühbeginn der Süßkirsche und als Endtermin das Blühende der Apfelblüte ausgewählt. Im Mittel über alle Jahre ergibt sich eine durchschnittliche Zeitspanne von 28 Tagen die jährlich zwischen 19 Tagen im Jahre 1986 bis zu 40 Tagen im Jahre 2017 variieren kann und in jedem Jahr zu unterschiedlichen Zeiten anfängt. Eine Frostgefährdung lag per Definition vor, wenn zum Beginn des Zeitraums -5 °C und zum Ende 0 °C in 2 m Höhe unterschritten wurden. Durch den variablen Schwellenwert wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass die Blüten mit der Blühdauer immer empfindlicher werden. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Abb. 1 dargestellt und zeigt sehr schön, dass das Jahr 2017 seit 1961 das größte Gefährdungspotential aufwies. Sowohl die Anzahl der Stationen als auch die Anzahl aller Tage mit Frostgefährdung an diesen Stationen war im Jahr 2017 am höchsten.

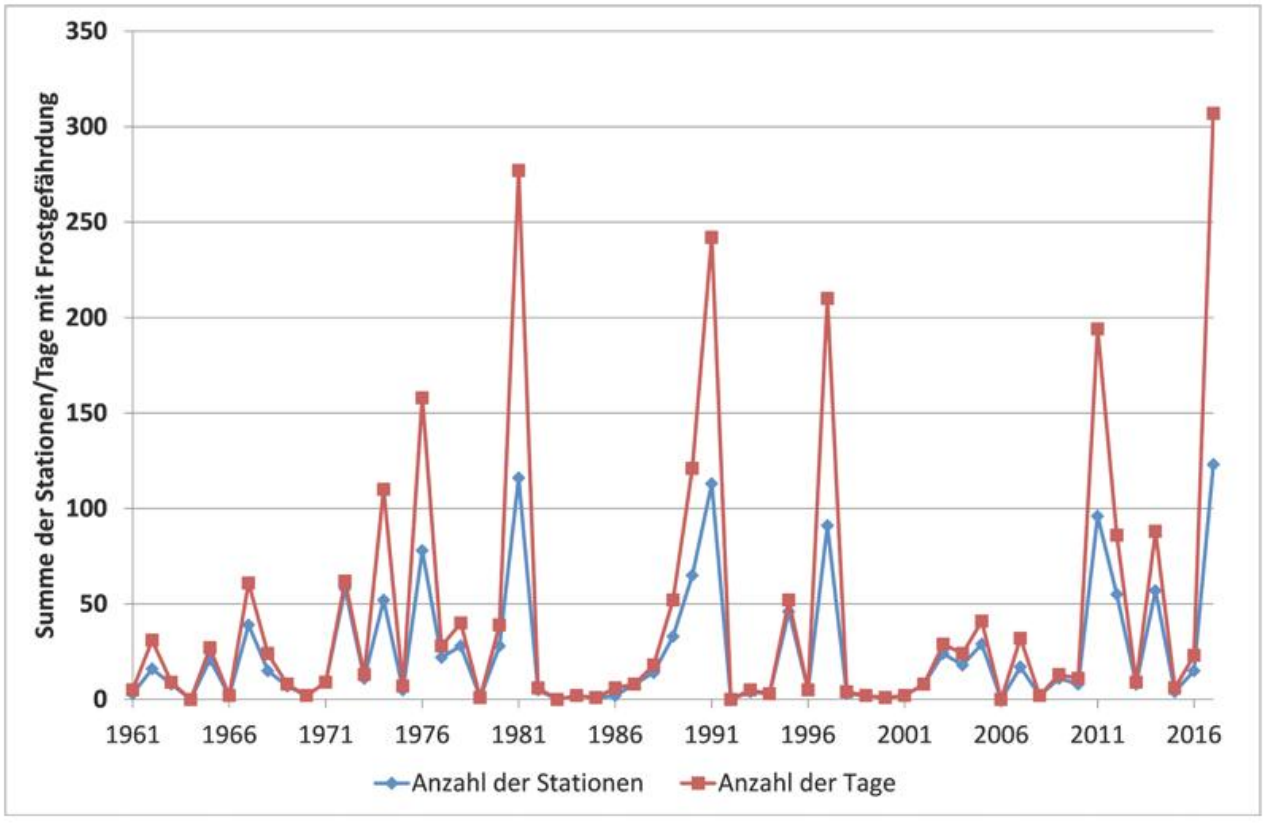


Abb.1: zeigt das jährliche Frostgefährdungspotential seit 1961 für ein Zeitfenster Beginn der Süßkirschenblüte bis zum Ende der Apfelblüte. Es werden einmal die Anzahl der Stationen ausgegeben, an denen eine Gefährdung vorlag (blaue Kurve) und zum anderen alle Tage an den betroffenen Stationen mit Frostgefährdung aufsummiert (rote Kurve).

Betrachtet man die Einzeljahre im Detail, so fällt zum einen auf, dass Jahre wie 1996, 2006 oder 2013 mit späterem Blühbeginn lediglich eine geringe Frostgefährdung aufweisen. Der Umkehrschluss, dass die Jahre mit sehr frühem Blühbeginn wie 2002, 2014 oder 2017 immer das höchste Gefährdungspotential aufweisen, lässt sich allerdings nicht direkt bestätigen, da es nicht in jedem Jahr zu einem Frostereignis kommen muss. Ab dem Jahre 1989 ist ein markanter Sprung zu früheren Terminen bei den phänologischen Frühjahrsphasen zu beobachten und vier der fünf Jahre mit höchstem Gefährdungspotential wurden nach 1989 beobachtet, was zusammen mit einem steigenden Trend in den Kurven von Abb. 1 den Schluss nahelegt, dass das Risiko für Spätfröste zugenommen hat.

Um eine räumliche Vorstellung zu bekommen, wo das Gefährdungspotential in diesem Jahr am höchsten war, wurde mit den gleichen Kriterien aber allen 498 in diesem Jahr zur Verfügung stehenden Stationen die gleiche Auswertung durchgeführt und die Anzahl der Tage mit Frostgefährdung an jeder Station räumlich in Abb. 2 dargestellt. Bis auf Schleswig Holstein, Mecklenburg Vorpommern und Thüringen war fast jedes Bundesland mehr oder weniger stark vom Spätfrost betroffen. Die Auswertung wurde mit den Stationen des Deutschen Wetterdienstes durchgeführt, die aufgrund ihrer Lage eher das Umfeld repräsentieren sollen und in der Regel nicht in exponierten Lagen aufgestellt sind. Somit ist nicht auszuschließen, dass lokal noch ungünstigere Bedingungen als dargestellt aufgetreten sind.

Um die zukünftige Entwicklung abschätzen zu können, wurde im Rahmen einer Studie für das Landwirtschaftsministerium (Gömann et al., 2015) die durch den Klimawandel zu erwartenden Veränderungen bei den agrarrelevanten Extremwetterlagen untersucht. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Daten der Klimaprojektionen nur als Mittel über min. 10 Jahre (besser über 30 Jahre) betrachtet werden müssen. Aussagen nur für das Jahr 2027 sind deshalb nicht möglich. Um Änderungstendenzen zu erkennen, wurden die vorliegenden Auswertungen der Klimaprojektionen für zwei zusätzliche Zeiträume (2012-2022 und 2022-2032) näher untersucht. Diese geben die mittleren Zustände für die Jahre 2017 und 2027 (jeweils ± 5 Jahre) wieder. Tab. 1 zeigt an wie vielen Tagen die Schwellenwerte (T_{min} < 0°C, < -2°C und < -4°C) im Zeitraum April bis Mai (Obstblüte) unterschritten werden.

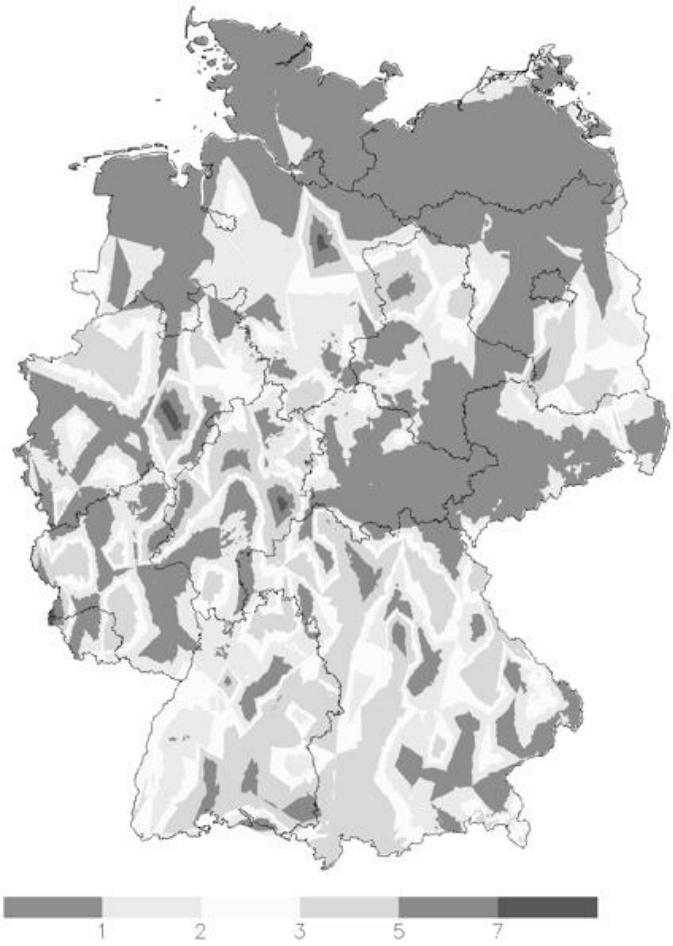


Abb. 2: Anzahl der Tage mit Frostgefährdung im Jahr 2017 in dem Zeitfenster Beginn der Süßkirschenblüte bis zum Ende der Apfelblüte.

	1961-1990	1971-2000	1981-2010	2012-2022	2022-2032
T_{min} < 0 °C	5,45	5,49	4,91	3,95	3,81
T_{min} < -2 °C	1,59	1,67	1,63	0,96	0,99
T_{min} < -4 °C	0,33	0,37	0,42	0,16	0,18

Tab. 1: Anzahl der Tage für den Zeitraum 1.4.-31.5. an denen die Minimumtemperatur in 2 m Höhe 0 °C, -2 °C und -4 °C unterschreitet, Deutschlandmittel für Vergangenheit (30-Jahreszeitraum) und Zukunft (11-Jahreszeitraum)

Im Mittel geht die Anzahl der Spätfrost-Ereignisse im betrachteten Zeitraum durch den Klimawandel zurück, wobei für die Vergangenheit auch eine zwischenzeitliche Zunahme zu beobachten war. Für die hier besonders interessanten Zeiträume 2012-2022 und 2022-2032 sind nur geringfügige Änderungen im Mittelwert zu erkennen. Hieraus keine Änderungen in der Spätfrostgefährdung zu schlussfolgern, wäre jedoch voreilig. Durch die steigenden Temperaturen verschiebt sich die phänologische Entwicklung. Durch den früheren Vegetationsbeginn setzt auch die Obstblüte früher ein. Abb. 3 zeigt das mittlere Auftreten von Spätfrost (T_{min} < 0 °C) aufgeschlüsselt nach einzelnen Dekaden in den Monaten April und Mai.

Verschiebt sich die Obstblüte in eine frühere Dekade, führt dies zu einer deutlichen Zunahme der Spätfrostgefährdung. Eine Verschiebung von der ersten Mai-Dekade (Dekade 13) in die letzte April-Dekade (Dekade 12) zeigt diesen Effekt besonders anschaulich. Einzelne Jahre können zusätzlich eine höhere Spätfrostgefährdung als der in Abb. 3 angegebene Mittelwert aufweisen.

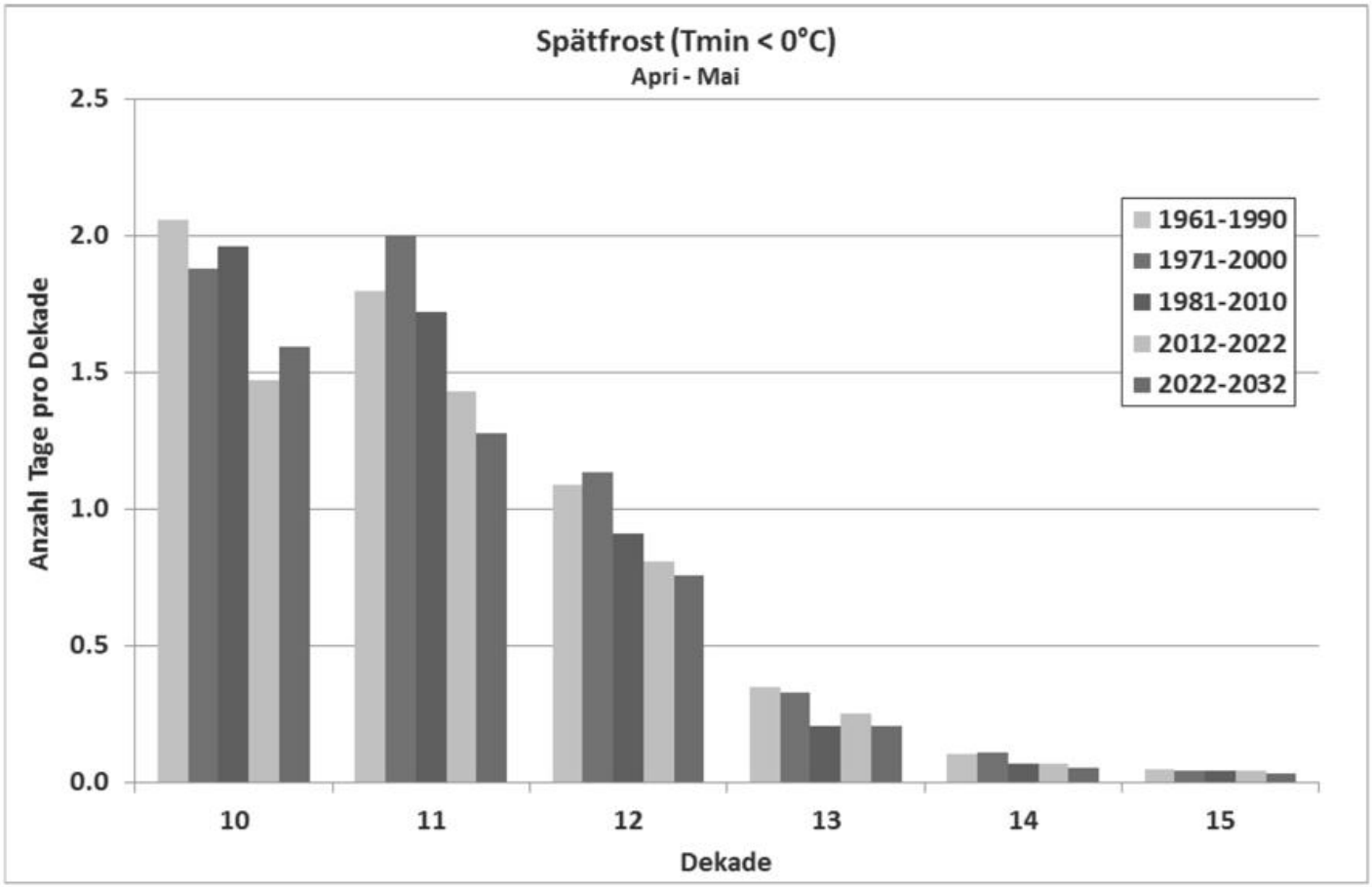


Abb. 3: Anzahl der Tage pro Dekade für den Zeitraum 1.4.-31.5. an denen die Minimumtemperatur in 2 m Höhe 0 °C unterschreitet, Deutschlandmittel für Vergangenheit (30-Jahreszeitraum) und Zukunft (11-Jahreszeitraum)

Niederschlag

Der Niederschlag ist recht komplex in seiner Wirkung auf die Landwirtschaft. Ohne ihn läuft gar nichts. Wenn es jedoch zu viel regnet und er womöglich noch in Kombination mit Hagel oder starken Windböen auftritt, so kann sich dies sehr nachteilig auf viele Kulturen auswirken.

Abb. 4 zeigt wie häufig im Vergleich zu anderen Jahren Starkniederschlagsereignisse im Jahr 2017 beobachtet wurden. Zu diesem Zweck wurden die 188 Stationen mit vollständigen Zeitreihen dahingehend untersucht, an wie vielen Tagen verschiedene Niederschlagsschwellen im Zeitraum 1.1. bis 15.8. überschritten wurden.

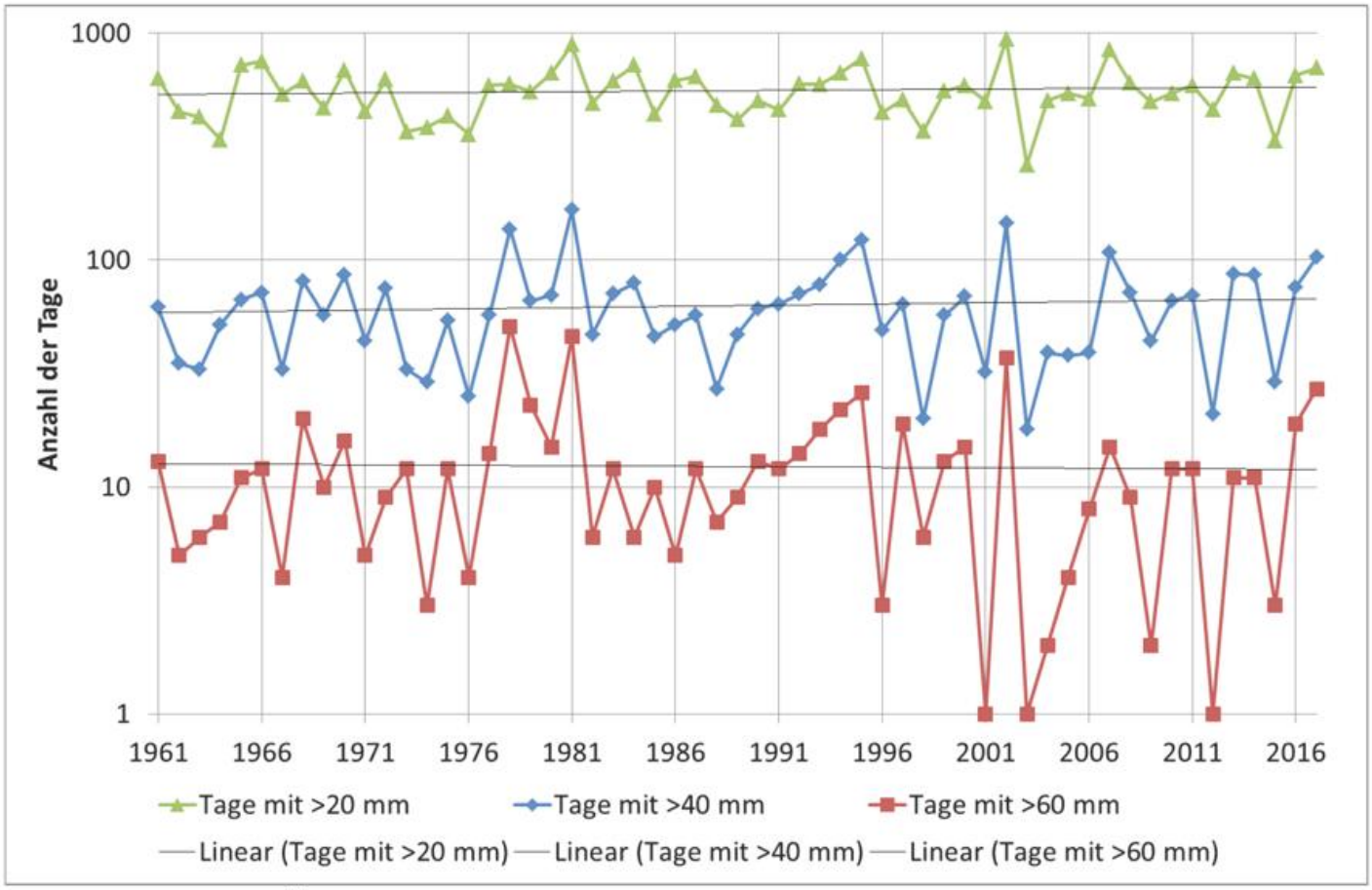


Abb. 4: Anzahl der Tage mit Überschreitung verschiedener Tagesniederschlagsschwellen, jeweils im Zeitraum 1.1. bis 15.8. jeden Jahres (188 Stationen)

Die Ergebnisse für den kompletten Zeitraum zeigen für 2017 eine überdurchschnittlich hohe Anzahl an Tagen mit hohen Niederschlägen, diese sind allerdings nicht herausragend hoch. Berücksichtigt werden muss, dass es sich hierbei um eine gesamtdeutsche Betrachtung handelt. Regionale Aussagen sind so nicht möglich und natürlich gibt diese Analyse auch keinen Hinweis, wie diese Ereignisse in dem Zeitraum verteilt waren und wie hoch die Tagesniederschläge tatsächlich waren. Normalerweise ist ein Nord – Süd und ein West – Ost Gefälle bei der Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen zu beobachten, wobei die geringste Anzahl im Nordosten zu beobachten ist. Erwähnenswert ist weiterhin, dass die in Abb. 4 ebenfalls eingezeichneten Trendlinien nahezu horizontal verlaufen und somit zukünftig mit ähnlichen jährlich stark schwankenden Ereignissen zu rechnen ist.

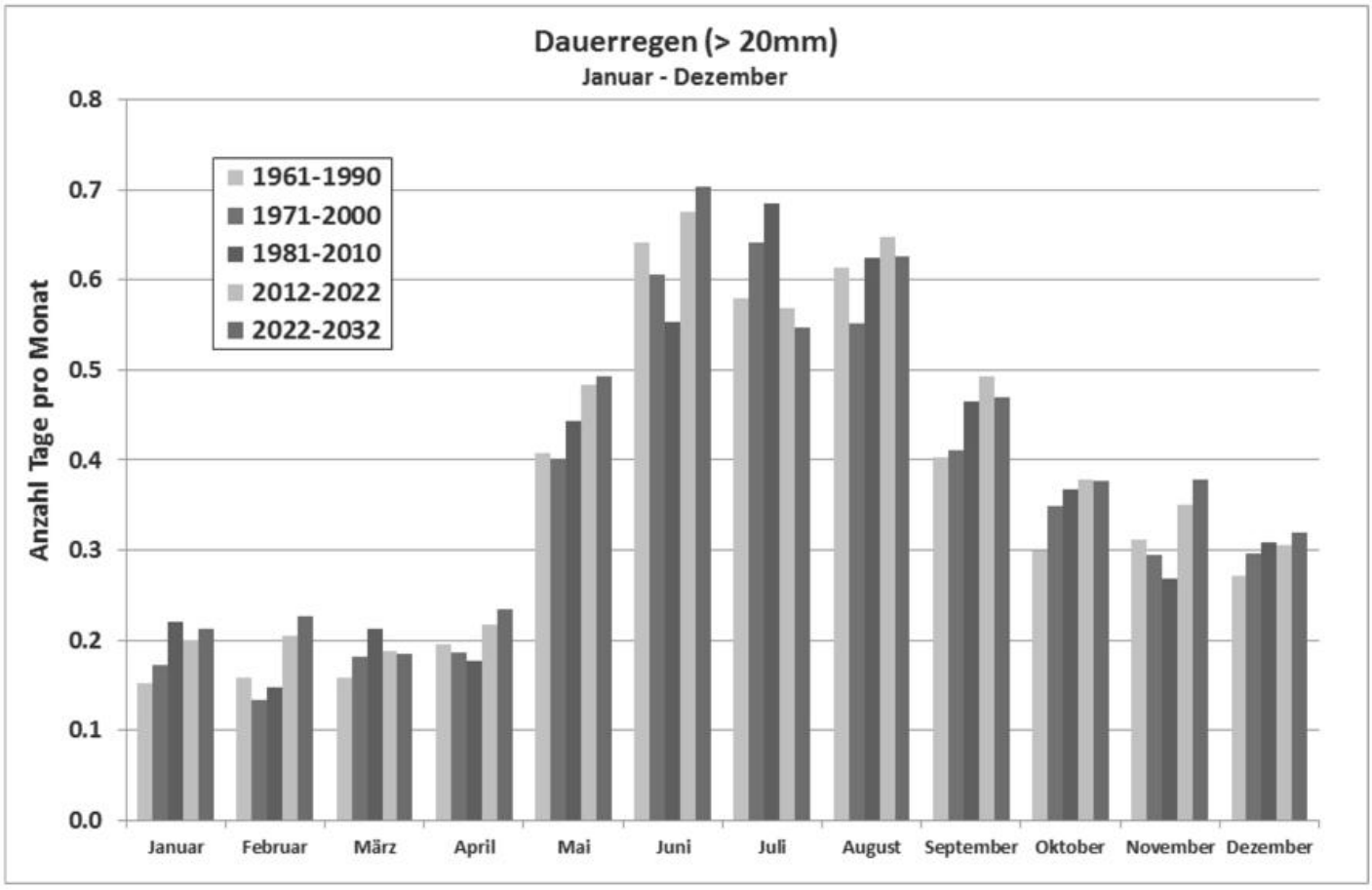


Abb. 5: Anzahl der Tage mit Starkregen (RR > 20 mm), Deutschlandmittel für Vergangenheit (30-Jahreszeitraum), Gegenwart und Zukunft (11-Jahreszeitraum) (Gömann et al. 2015, verändert)

Die mittlere jährliche Verteilung des Deutschlandmittels der Starkniederschläge zeigt ein Maximum in den Sommermonaten (Abb. 5), da sie häufig an das Auftreten von konvektiven Niederschlägen (Schauer, Gewitter) gebunden sind. Die Monate Juni und Juli zeigen in der Vergangenheit eine unterschiedliche Entwicklung. Während die Häufigkeit im Juni abgenommen hat, erfolgte im Juli eine Zunahme. Die Daten aus den Klimaprojektionen zeigen jedoch ein gegenläufiges Verhalten.

Fasst man die Monatswerte für die einzelnen Jahreszeiten zusammen, so ist eine deutliche Zunahme der Starkniederschläge im Frühling, Herbst und Winter zu erkennen (Tab. 2). Im Sommer steigen die Werte etwas an, jedoch sind immer auch Zeiträume mit einer kleinen Abnahme aufgetreten.

	1961-1990	1971-2000	1981-2010	2012-2022	2022-2032
Frühling	0,76	0,77	0,83	0,89	0,91
Sommer	1,84	1,80	1,86	1,89	1,88
Herbst	1,01	1,06	1,10	1,22	1,23
Winter	0,58	0,60	0,68	0,71	0,76

Tab. 2: Anzahl der Tage pro Jahreszeit mit Starkregen (RR > 20 mm), Deutschlandmittel für Vergangenheit (30-Jahreszeitraum), Gegenwart und Zukunft (11-Jahreszeitraum)

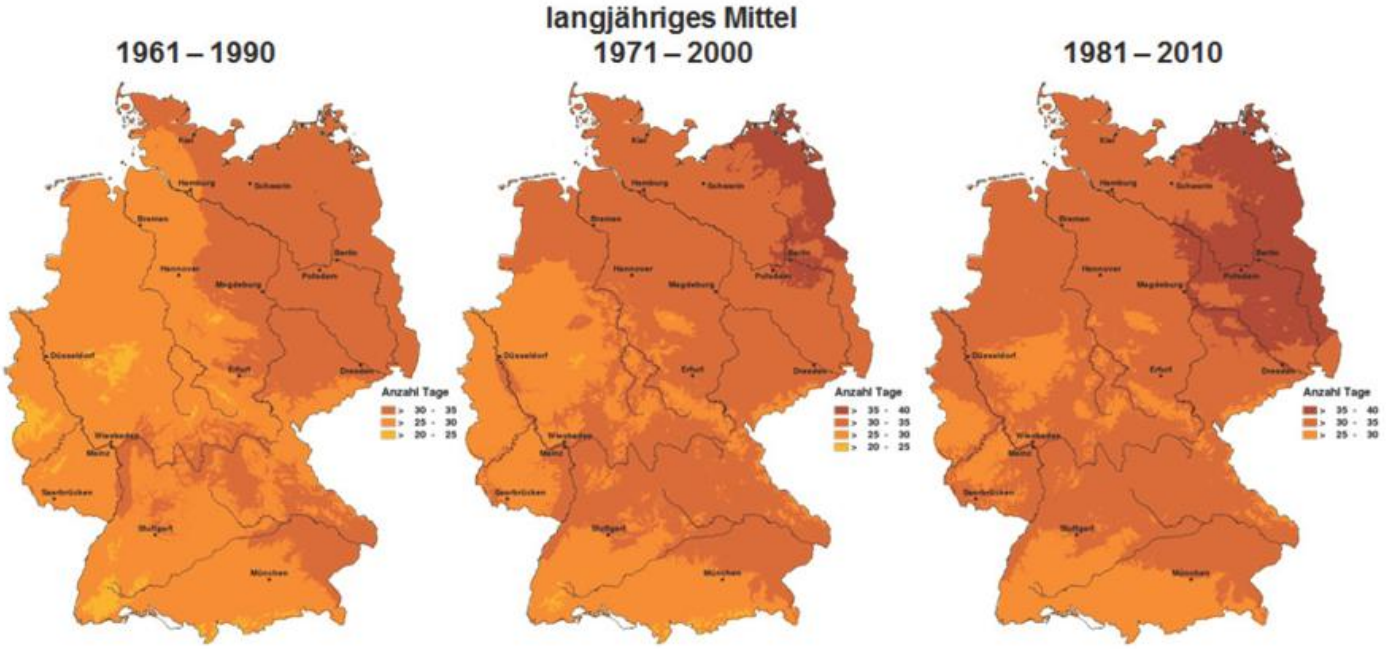


Abb. 6: Regionales Auftreten der Tage ohne Niederschlag (RR < 0,1 mm) im Zeitraum 15. März bis 15. Mai, 30-jährigen Mittelwerte 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 (Gömann et al., 2015)

Im Zeitraum Mitte März bis Mitte Mai ist die Verfügbarkeit des Düngers für Wintergetreide besonders wichtig, da in diesem Zeitraum der größte Biomassezuwachs erfolgt. Ist der Oberboden zu trocken, können die Nährstoffe nicht gelöst werden und stehen somit den Pflanzen nicht zur Verfügung. Einen Hinweis darauf, wie häufig diese Bedingungen auftreten, gibt die Anzahl der niederschlagsfreien Tage. Abb. 6 zeigt die regionale Verteilung der mittleren Anzahl dieser Tage für 30-jährige Zeiträume. Niederschlagsfreie Tage treten im Nordosten Deutschlands häufiger als im Südwesten auf. Deutlich ist in den zurückliegenden Zeiträumen eine Tendenz zur Zunahme dieser Tage zu erkennen.

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen zeigen eine große Schwankungsbreite. Von einer Verschärfung der Situation, über keine Änderung bis zu einer Entspannung und besseren Verfügbarkeit des Düngers ist alles vertreten (Gömann et al., 2015). Eine fundierte Prognose für die Zukunft ist für den Frühling jedoch nicht möglich, da die Klimamodelle nicht in der Lage sind, den Trend der Frühjahrsniederschläge in der Vergangenheit korrekt zu simulieren (vgl. Abb. 13 zur Bodenfeuchte). In den übrigen Jahreszeiten stimmen die Simulationen der Niederschläge gut mit den Beobachtungen überein.

Auch zum Zeitpunkt der Ernte kann permanenter Niederschlag dazu führen, dass sich die Ernte verzögert oder bei ungünstigen Bedingungen geerntet werden muss. Dadurch fallen z.B. zusätzliche Trocknungskosten beim Getreide an, was für die ohnehin knapp bemessene Gewinnmarge des Landwirtes verheerend sein kann.

Der Sommer 2017 war recht verregnet. Aus diesem Grund sollen die Erntebedingungen von Winterweizen im Vergleich zu anderen Jahren näher untersucht werden. Hierzu wurde die Zeitspanne 14 Tage ab dem 6. Tag nach Gelbreife untersucht. Da sich die Qualität des Getreides über die Zeit nach Erntefähigkeit verschlechtert, wurden nur diese 14 Tage betrachtet. In diesem Zeitraum wurde ausgezählt, wie häufig Tagesniederschläge mit Niederschlagsmengen über 2 mm auftraten. Die Anzahl der Stationen wurde erfasst und zusätzlich alle Tage an den betroffenen Stationen ausgezählt, an denen die Bedingung erfüllt war. Der Schwellenwert wurde auf 5 mm gesetzt, da unter diesen Bedingungen die Körner nicht die für die Lagerung nötige Trockenheit erreichen können. Die phänologische Phase Gelbreife des Winterweizens wurde für jede der 188 Stationen in jedem Jahr individuell bestimmt.

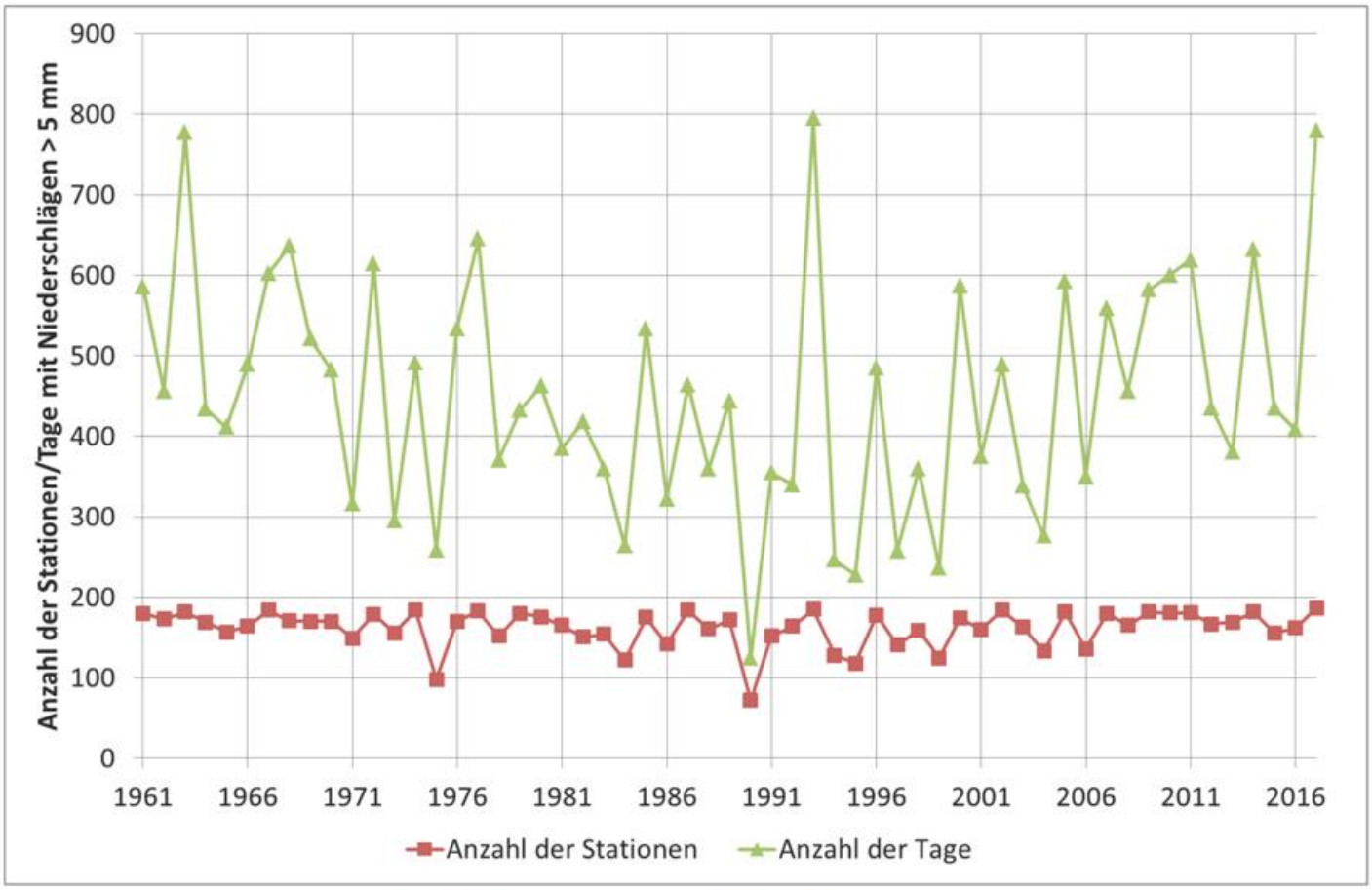


Abb. 7: Jährliche Anzahl der Stationen (rote Kurve) und Anzahl der Tage (grüne Kurve) an den Stationen mit Niederschlägen über 5 mm in dem Zeitfenster +6 bis +20 Tage nach der Gelbreife vom Winterweizen. Es wurden 188 deutsche Stationen in der Analyse berücksichtigt.

Das Ergebnis in Abb. 7 zeigt schon sehr anschaulich, dass im Jahr 2017 schlechte Erntebedingungen herrschten. Nur in den Jahren 1993 und 1963 wurden vergleichbar schlechte Bedingungen analysiert.

Ein linearer Trend bei der Anzahl der Tage mit schlechten Erntebedingungen lässt sich nicht ausmachen. Vielmehr hat es den Anschein, dass die Anzahl ab 1961 bis ca. 1990 abgenommen hat, um danach wieder anzusteigen.

Eine räumliche Verteilung der ungünstigen Erntetage in 2017 für Winterweizen ist in Abb. 8 dargestellt. Demnach lagen die ungünstigsten Gebiete mit über 5 von 14 Tagen in weiten Teilen von Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Brandenburg. Im Rahmen des Extremwetterprojektes (Gömann et al. 2015) wurden zur Abschätzung der Erntebedingungen die Häufigkeit von Niederschlagsmengen über 5 mm untersucht. Abb. 9 zeigt für den Monat Juli die mittlere regionale Verteilung für die Vergangenheit. In einzelnen Regionen hat die Anzahl an Tagen mit Dauerregen zugenommen. Die Klimaprojektionen gehen jedoch Größtenteils von einem Rückgang und besseren Erntebedingungen aus.

Bei solchen Betrachtungen sollte allerdings immer berücksichtigt werden, dass ungünstige Erntebedingungen für Getreide in der Regel gut für den Aufwuchs von Mais und Zuckerrüben sind. Eine schlechtere Ernte bei Getreide bedeutet in der Regel auch finanzielle Mindererträge, da die Preise auf dem Weltmarkt generiert werden. Bei Obstbauern müssen geringere Erträge nicht unmittelbar zu finanziellen Einbußen führen, da der Markt regionaler organisiert ist und dadurch mehr Spielräume für Preisanpassungen bestehen.

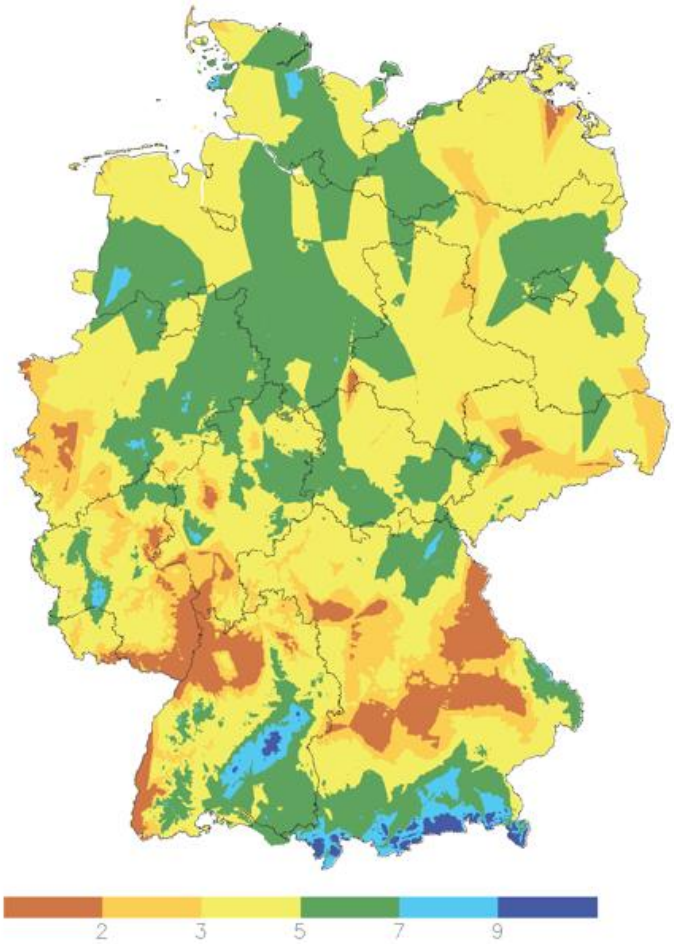


Abb. 8: Anzahl der Tage mit ungünstigen Bedingungen zum Ernte von Wintergetreide im Jahre 2017. Untersucht wurde das zweiwöchige Zeitfenster +6 - +20 Tage nach Gelbreife.

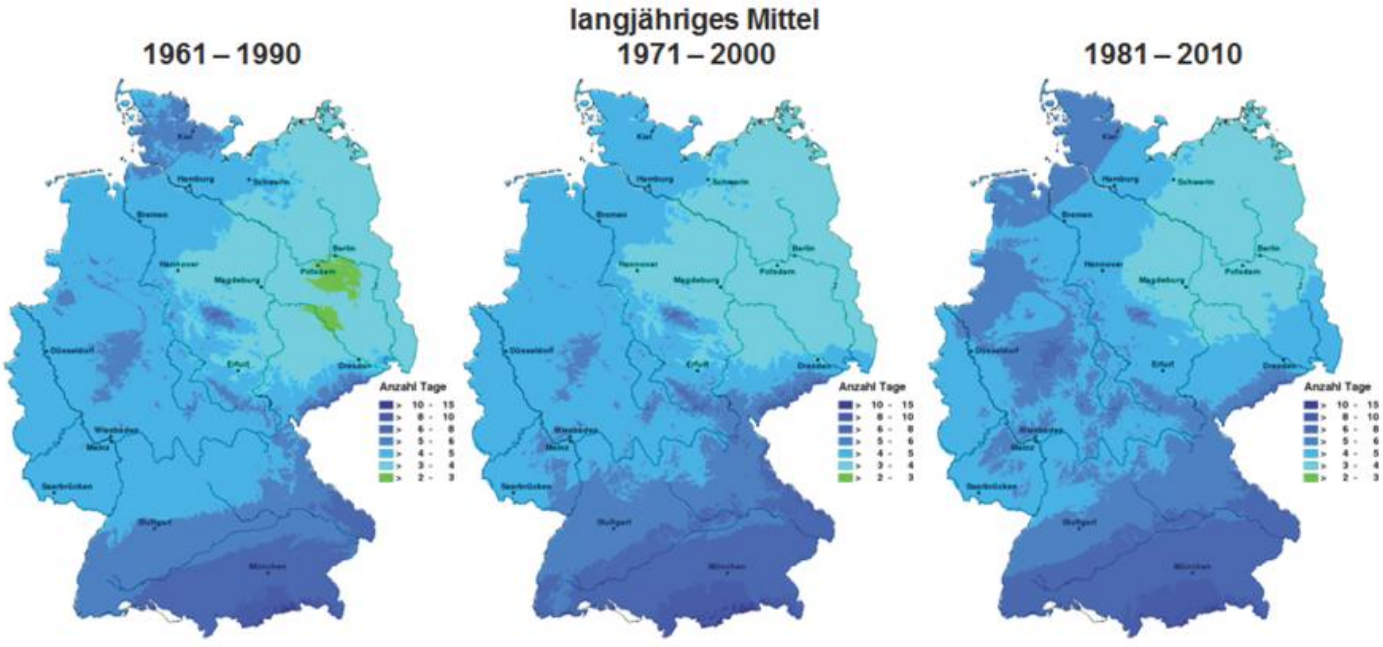


Abb. 9: Anzahl der Tage mit Dauerregen > 5mm, Monat Juli (Gömann et al., 2015)

Trockenheit

Trotz des feuchten Sommers wird schnell vergessen, dass es eine recht trockene Phase im Frühjahr gab, die sich negativ auf das Pflanzenwachstum ausgewirkt hat. Die Trockenheit lässt sich am Besten in Form der Bodenfeuchte darstellen, da sie letztlich das für die Pflanzen zur Verfügung stehende Wasserangebot beschreibt. Für die Berechnung der Bodenfeuchte muss neben dem Niederschlag die reale Pflanzen- und Bodenverdunstung berücksichtigt werden. Eine Pflanze hat optimale Wachstumsbedingungen, wenn die Verdunstung nicht aufgrund von Wassermangel im Boden reduziert werden muss. Im Allgemeinen gelten Werte von 50 % des im Boden für die Pflanze verfügbaren Wassers (% nFK) als Grenze, unter die die Bodenfeuchte möglichst nicht sinken sollte.

Anhand des Bodenfeuchteverlaufs unter der wichtigsten Anbaukultur Winterweizen soll ein typischer Jahresgang der Bodenfeuchte als Mittel für ganz Deutschland gezeigt und in Bezug zu 2017 gesetzt werden (Abb. 10).

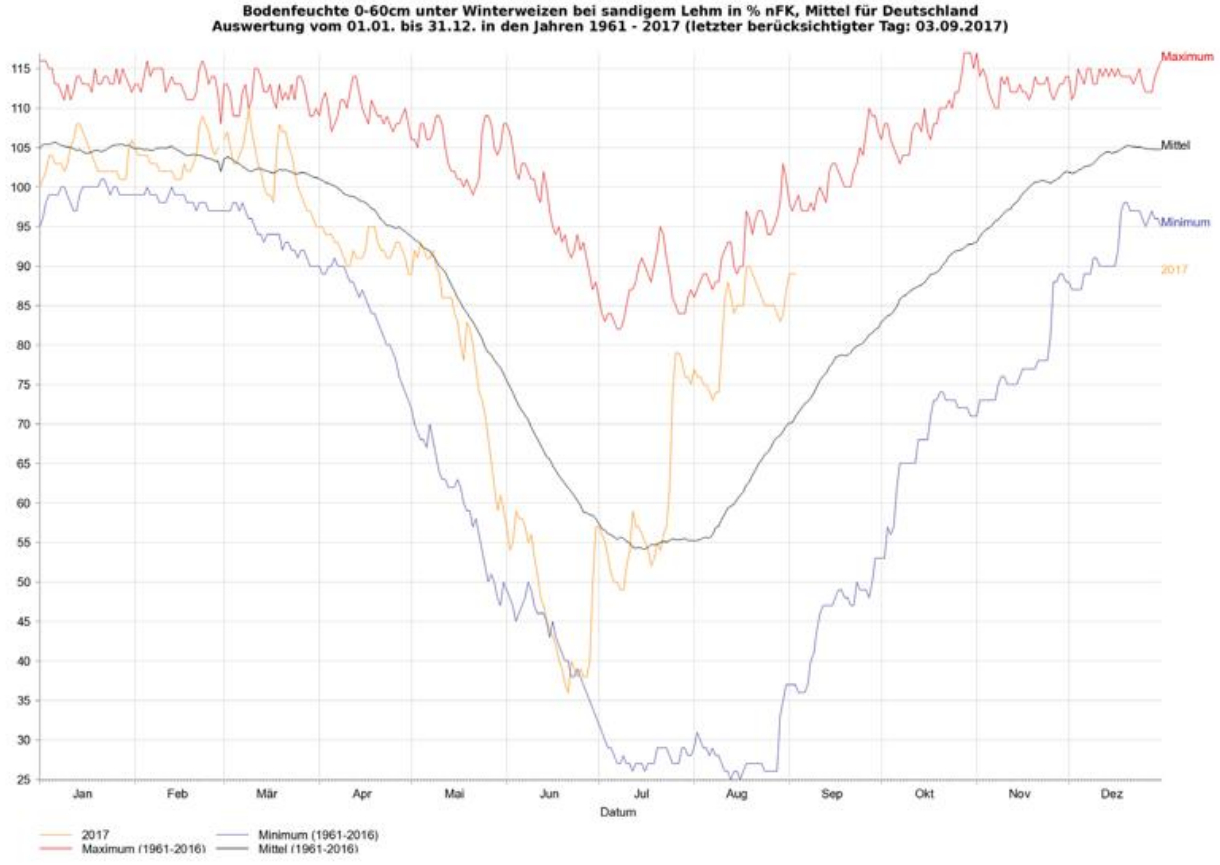


Abb. 10: Durchschnittlicher Verlauf der Bodenfeuchte unter Winterweizen und sandigem Lehm über das Jahr in Deutschland. Die schwarze Kurve zeigt das Mittel, die rote das Maximum, die blaue das Minimum und die orangene das Jahr 2017.

Normalerweise, wie auch im Jahr 2017, ist der Boden zum Jahresanfang gut mit Wasser gefüllt und sinkt erst ab April mit Einsetzen der Vegetation unterhalb von 100 % nFK. Mit Einsetzen des Schossens gegen Ende April verbraucht der Winterweizen mehr Wasser und die Bodenfeuchte sinkt allmählich ab. Mit Einsetzen des Ährenschiebens gegen Ende Mai bis zur Blüte ist der Wasserverbrauch des Winterweizens am höchsten, um dann wieder bis zur Gelbreife Mitte Juli abzufallen. Nachfolgend wird von der Pflanze so gut wie nichts mehr aktiv verdunstet. Die jetzt fallenden Niederschläge beeinflussen die Abreife und die Kornfeuchte. Nach der Ernte wird der Boden bis zum Winter langsam wieder aufgefüllt. Aus dem Bodenfeuchteverlauf des Jahres 2017 wird deutlich, dass bis Mitte Mai die Wasserverfügbarkeit im Boden durchschnittlich war. Bis Ende Juni fallen dann die Bodenfeuchtewerte stark auf unter 40 % nFK ab. Dies lässt darauf schließen, dass in dieser Zeit zu wenig Niederschlag gefallen ist.

Um zu bewerten, ob dieses Jahr ein besonderes Jahr war, wurde wieder anhand der seit 1961 vollständig vorliegenden Stationen eine Auswertung mit Hilfe der phänologischen Daten durchgeführt. In einem Zeitfenster -5 Tage bis +14 Tage um das Ährenschieben des Winterweizens wurde die Bodenfeuchten aller Stationen jährlich ausgewertet und die Tage gezählt, an denen die Grenze von 50 % nFK unterschritten wurden. Das Ergebnis ist in Abb. 11 dargestellt und zeigt, dass das Jahr 2017 bezüglich der Trockenheit kein außergewöhnliches Jahr war, denn in den Jahren 2011 und 2015 wurden extremere Ereignisse beobachtet.

Wie das Jahr 2015 zeigt, muss ein trockenes Jahr nicht zwangsläufig zu einem Minderertrag bei der Ernte führen, sondern es spielen weitere Wetterfaktoren wie der Witterungsverlauf im Winter, Häufigkeit und Schwere von Hagelereignissen, Wind in Kombination mit Niederschlag sowie Wetterbedingungen zur Erntezeit eine zusätzlich zu berücksichtigende Rolle.

Eine räumliche Verteilung der Trockenheit in 2017 um den Termin des Ährenschiebens von Winterweizen wird in Abb. 12 gezeigt. Danach war Brandenburg im Jahr 2017 besonders stark von dem Wassermangel betroffen, was sich allerdings in den durchschnittlichen Erträgen nicht widerspiegelt, was daran liegen kann, dass diese Trockenheit gerade in dieser Region häufiger beobachtet wird und somit eher das geringere Ertragspotential mit erklären mag.

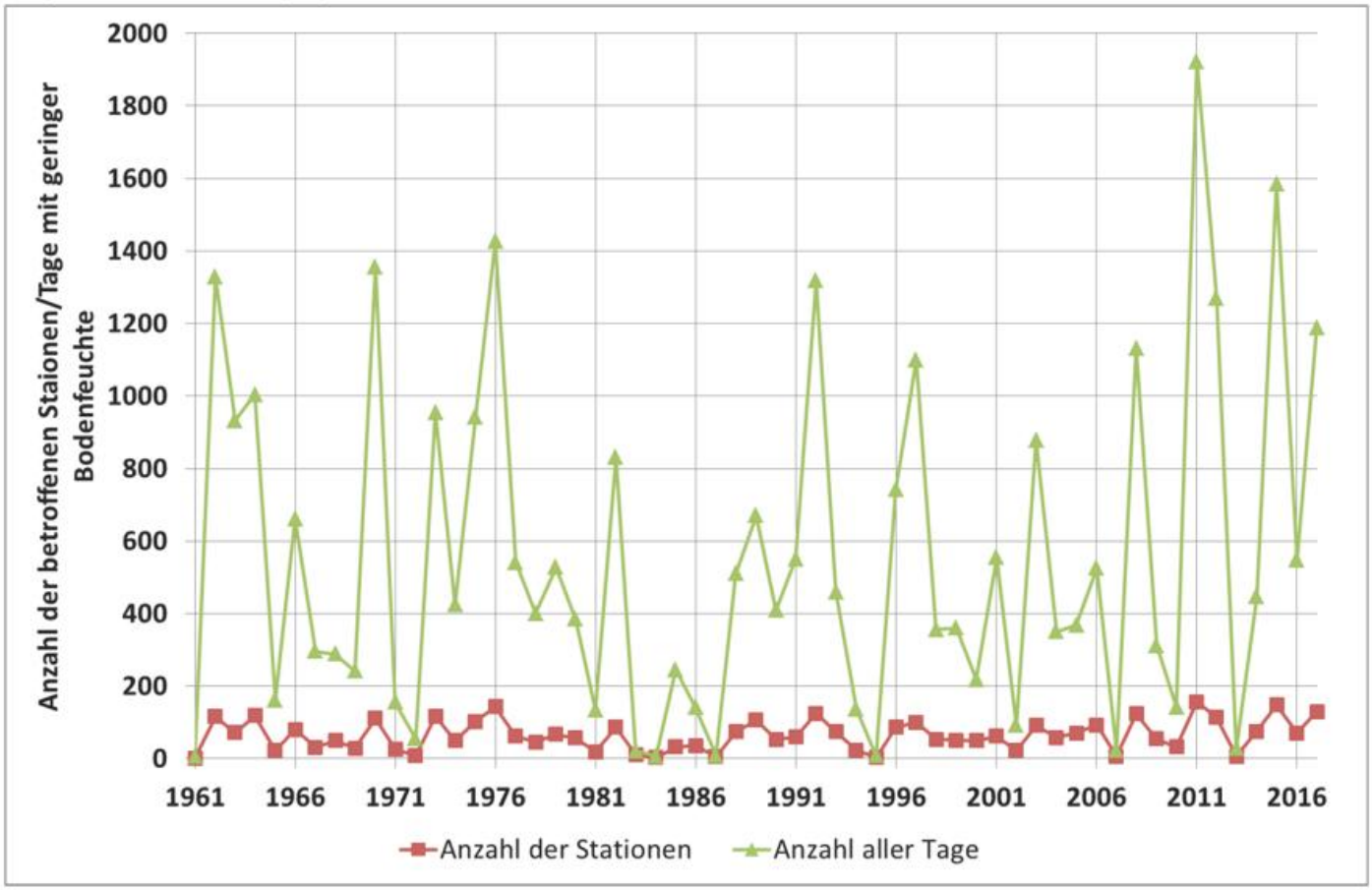


Abb. 11: Jährliche Anzahl der Stationen (rote Kurve) und Anzahl der Tage (grüne Kurve) mit Bodenfeuchten unter 50 % nFK um das Zeitfenster -5 Tage bis +14 Tage um das Ährenschieben von Winterweizen. Es wurden 188 deutsche Stationen in der Analyse berücksichtigt.

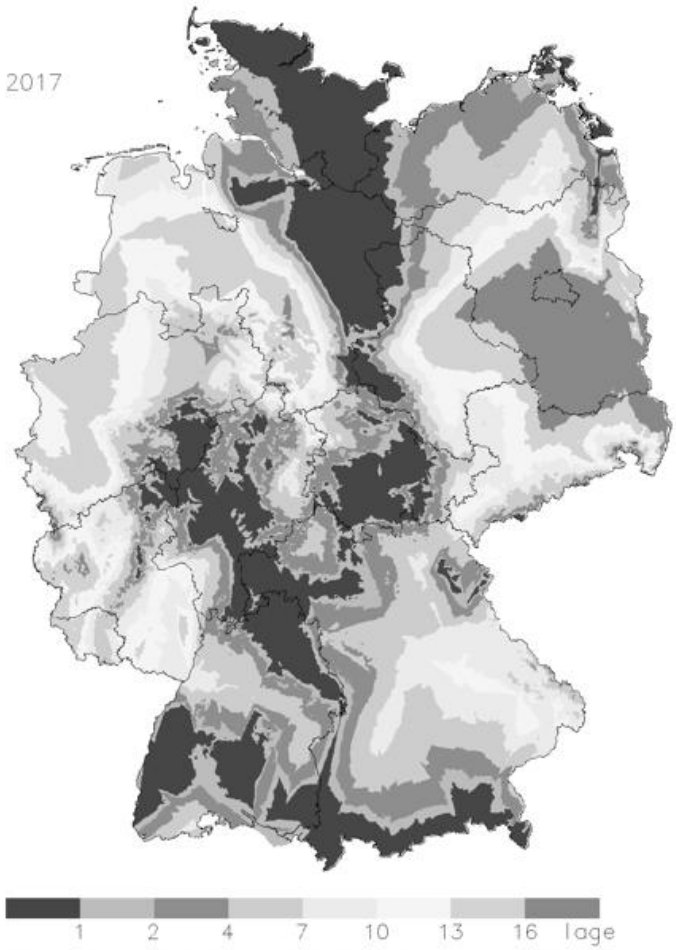


Abb. 12: Anzahl der Tage mit Bodenfeuchten unter 50 % nFK in einem Zeitfenster von -5 Tage bis + 14 Tage um das Ährenschieben von Winterweizen im Jahre 2017.

Im Abschnitt zum Niederschlag wurde schon darauf hingewiesen, dass die Klimamodelle die Entwicklung der Frühjahrsniederschläge nicht korrekt modellieren. Die Beobachtungen zeigen einen Rückgang der Niederschläge (Frühjahrstrockenheit), die von den Modellen jedoch nicht wiedergegeben werden. Die mit Hilfe der Klimaprojektionsdaten berechneten Bodenfeuchten werden im Frühjahr aus diesem Grund ebenfalls überschätzen. Besonders ausgeprägt ist dies beim Monat April zu sehen (Abb. 13). So ist in der Vergangenheit eine Abnahme der Bodenfeuchte in der Schicht 0-60 cm zu beobachten, die auf eine Zunahme der Frühjahrstrockenheit hin deutet. In diesem Zeitraum ist besonders die Bodenfeuchte in den obersten Zentimetern wichtig, da das Saatgut nach der Aussaat zum Auskeimen Feuchtigkeit benötigt. Für die Vergangenheit und die Zukunft zeigen die Klimaprojektionen keine Änderungen in der modellierten Bodenfeuchte. Die Frühjahrstrockenheit wird somit in der Vergangenheit nicht korrekt wiedergegeben. Aus diesem Grund müssen für das Frühjahr die Prognosen für die Zukunft angezweifelt werden.

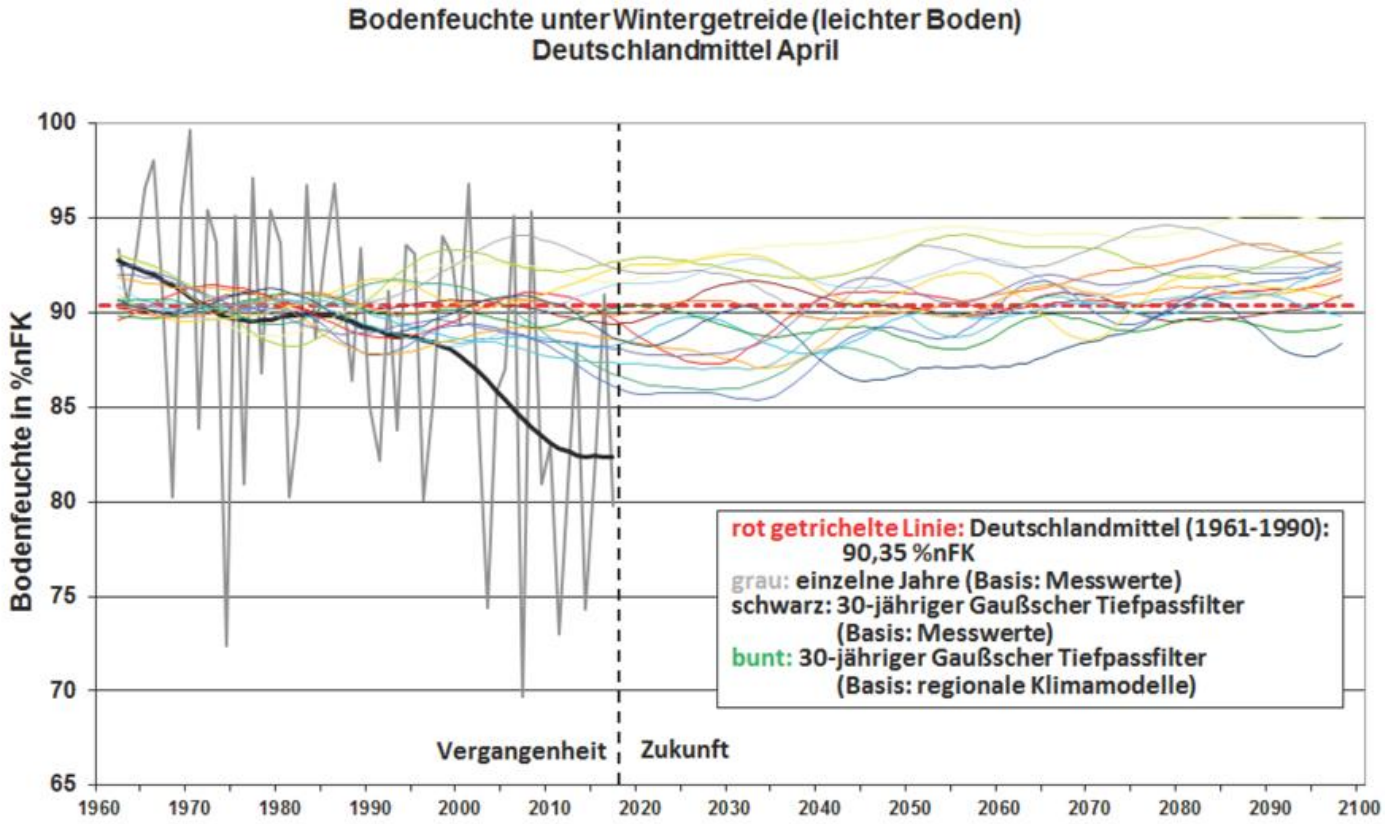


Abb. 13: Beobachtete und erwartete mittelfristige Entwicklung des Deutschlandmittels der Bodenfeuchte unter Wintergetreide (leichter Boden, Schicht: 0-60 cm) für den Monat April (www.deutscher-klimaatlas.de)

Anders sieht es für den Sommer aus, denn hier sind die Klimaprojektionen verlässlicher. In den Sommermonaten muss mit der Zunahme der Anzahl an Tagen gerechnet werden, an denen der Bodenfeuchte-Grenzwert von 50 % nFK unterschritten wird.

Literatur:

Gömann, H., Bender, A., Bolte, A., Dirksmeyer, W., Englert, H., Feil, J.-H., Frühauf, C., Hauschild, M., Krengel, S., Lilienthal, H., Löpmeier, F.-J., Muller, J., Mushoff, O., Natkhin, M., Offermann, F., Seidel, P., Schmidt, M., Seintsch, B., Steidl, J., Strohm, K., Zimmer, Y., 2015: Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Abschlussbericht: Stand 3.6.2015. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 312 p, Thünen Rep 30, doi:10.3220/REP1434012425000

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AO	Arctic Oscillation
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
CPC	Climate Prediction Center
DKK	Deutsches Klima-Konsortium
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECA&D	European Climate Assessment & Dataset
EM	European-Modell
ENSO	El Niño und die Southern Oscillation
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GCOS	Global Climate Observing System
GME	Globalmodell
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
ICON	ICOsahedral Nonhydrostatic model
KMZ	Kurz- und Mittelstreckenzugvögel
KSB	Klimastatusbericht
LZ	Langstreckenzugvögel
NAO	Nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
QBO	Quasi-Biennial-Oszillation
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
UTC	Universal Time Coordinated
VA	Zugvogelarten
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie

Autorenverzeichnis

Fildebrandt, Jens	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Jens.Fildebrandt@dwd.de
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Frühauf, Cathleen	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 33 38116 Braunschweig	Cathleen.Fruehauf@dwd.de
Gerber, Marie	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Marie.Gerber@dwd.de
Imbery, Florian	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Florian.Imbery@dwd.de
Janssen, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Wolfgang.Janssen@dwd.de
Junghänel, Thomas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Thomas.Junghaenel@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de
Schmitt, Hans Helmut	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Wegener, Mareen	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Mareen.Wegener@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de

