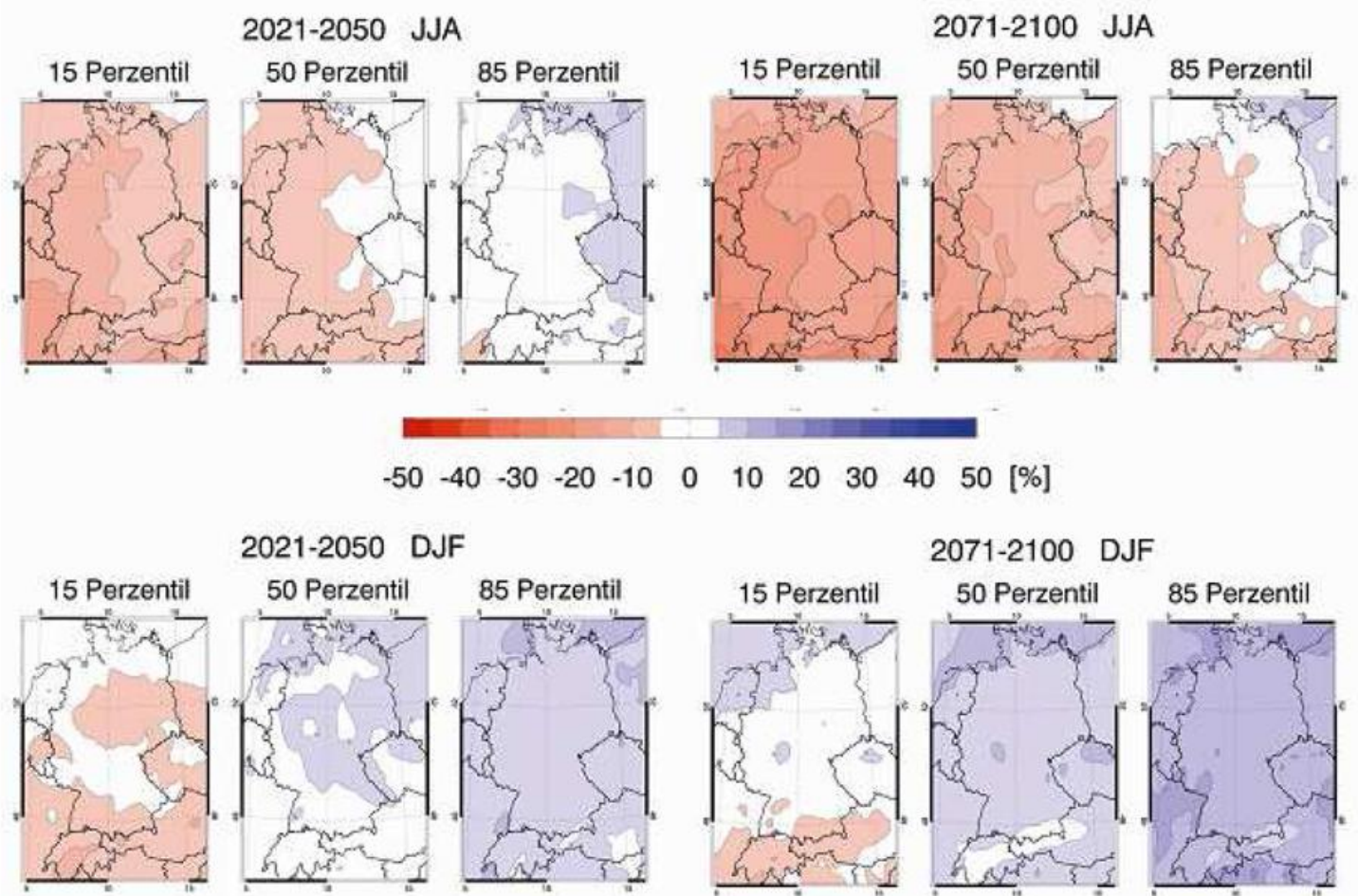


Klimastatusbericht 2010



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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Klaus-Jürgen Schreiber', written in a cursive style.

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 Klimaprojektionsensembles erstellt werden. Die Spannweite 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.

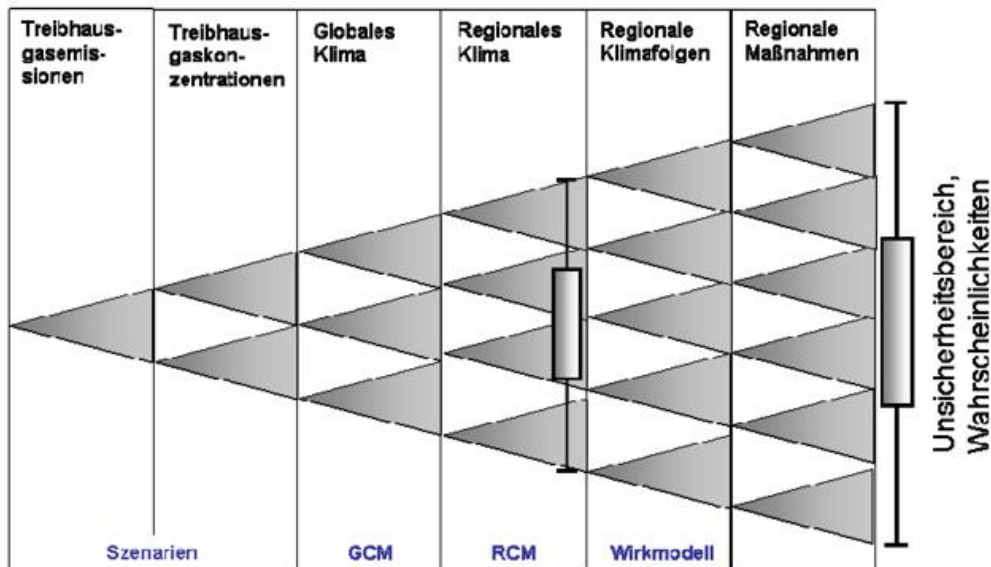


Abbildung 1: Modellkaskade in der Klimafolgenforschung mit schematischer Darstellung zunehmenden Unsicherheiten

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 Voraussetzungen

(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 RMS.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 Klimawandels auf Wasserstrassen und Schifffahrt, 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 Klimäläufen 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 ge-

rechnet wurden (Tab. 2). Es liegt somit ein Ensemble von 19 regionalen Klimaprojektionen vor.

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

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
		SMHIRCA	EU-ENSEMBLES
	ECHAM5-r3	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.

kleineren Perzentil zugeordnet, größere Werte immer dem größeren Perzentil.

In den Abbildungen 2 bis 4 sind zur Angabe einer Spannweite jeweils die Isolinien der Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur, der mittleren Niederschlags-summe 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°C 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.

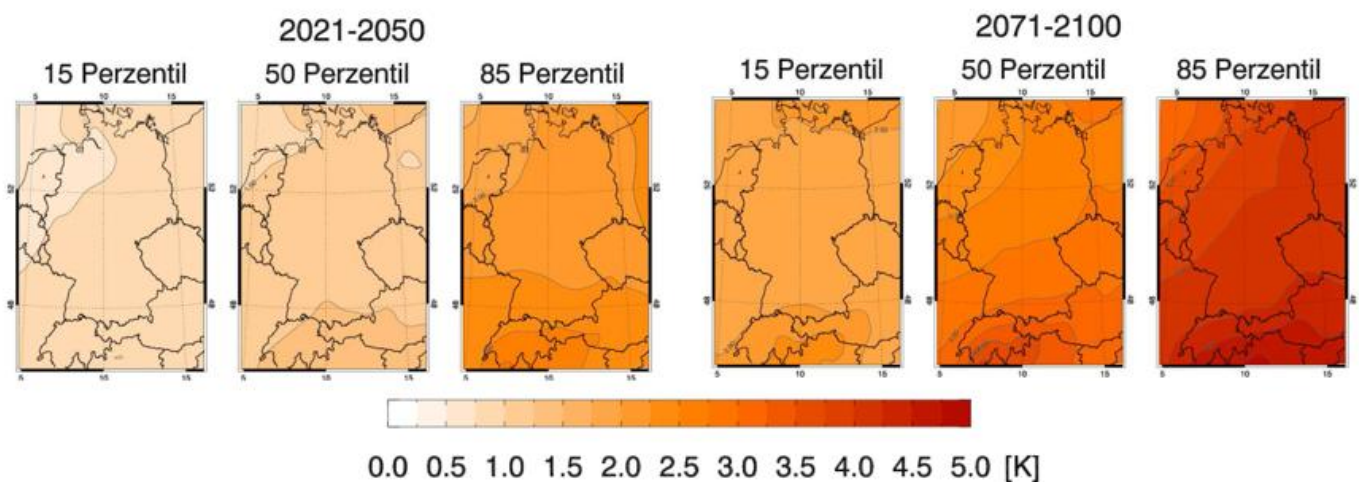


Abb. 2: Projizierte Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur, Mittel über die Projektionszeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts), verwendete Klimaprojektionen s. Tab. 2.

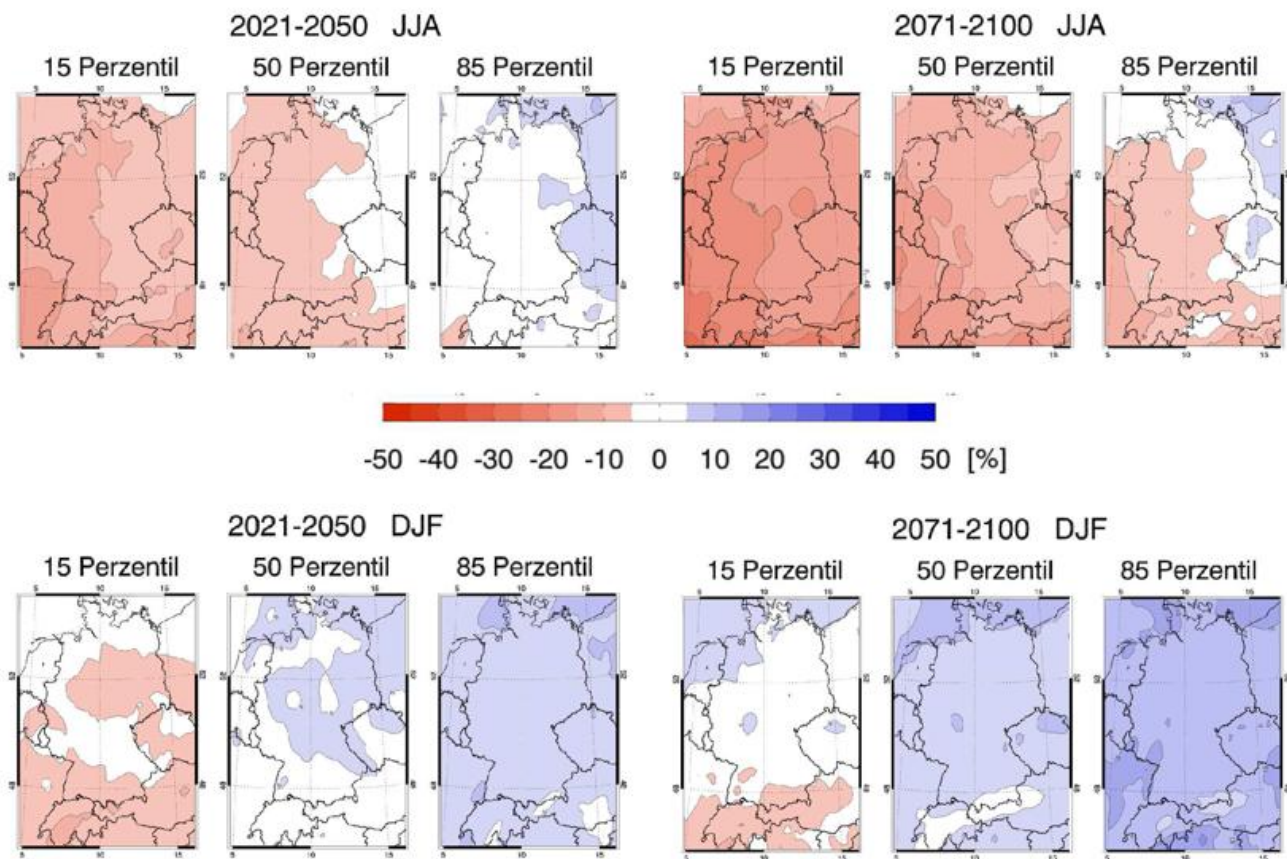


Abb. 3: Projizierte relative prozentuale Änderung des mittleren Sommerniederschlages (JJA, oben) und des Winterniederschlages (DJF, unten), Mittel über die Projektionszeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts), verwendete Klimaprojektionen s. Tab. 2.

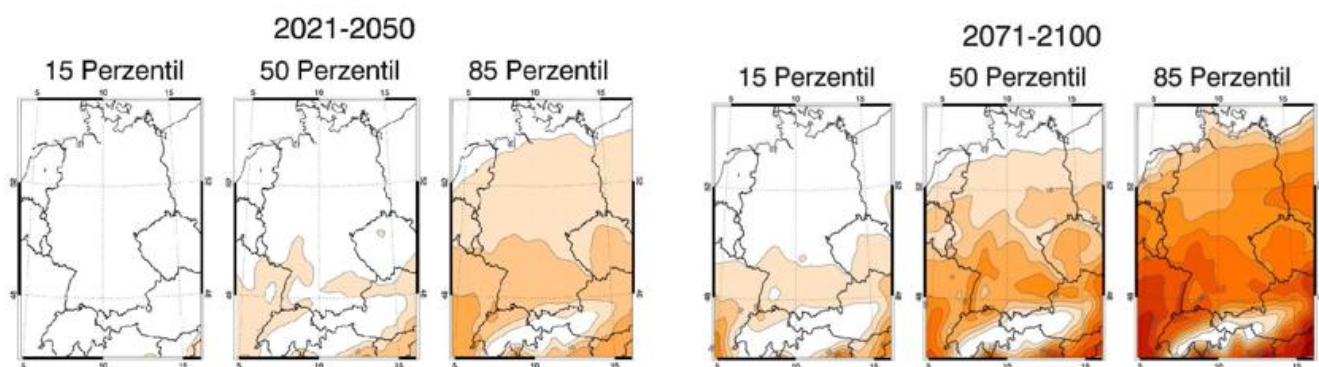


Abb. 4: Projizierte Änderung der Anzahl Heißer Tage ($T_{max} \geq 30^\circ C$), Mittel über die Projektionszeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts), verwendete Klimaprojektionen s. Tab. 2.

70 % der betrachteten Modelle:	2021-2050	2071-2100
Lufttemperatur	1°C < Ta < [2°C bis 3,5°C]	1,5°C < Ta < [3,5°C bis 5°C]
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.

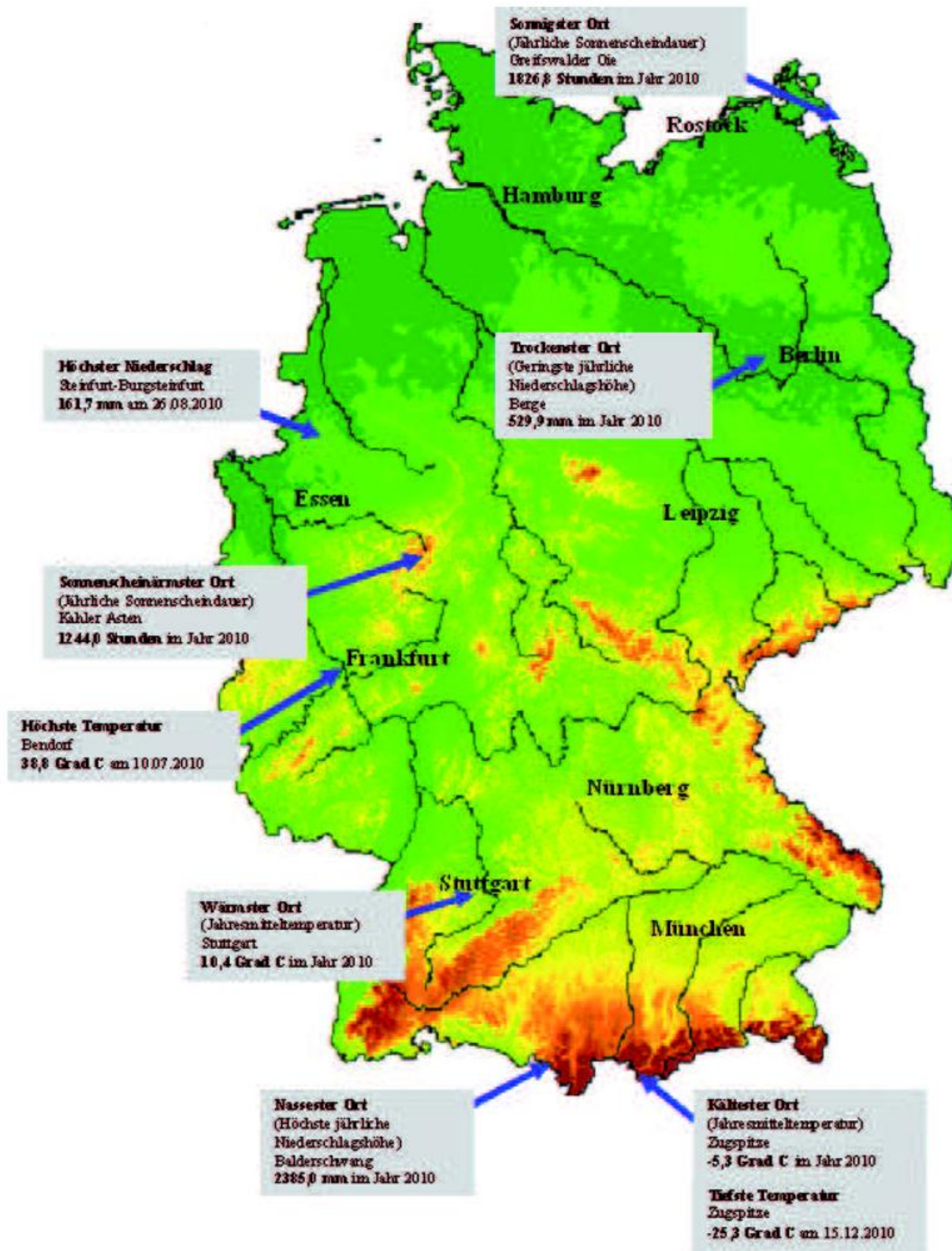
Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L. P., Jones, C., Meier, H. E. M., Samuelsson, P., Willén, U., 2004: European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving 19 global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics*, 22: 13-31.

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 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 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 Schneedecken 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 von 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 sich 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 Sonnenscheidefizite 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 zweitrockenste 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 trockene Tage einstellten. Die Ausbreitung von Pilzkrankheiten wurde durch die niedrigen Temperaturen 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 Ertrags- einbußen beim Getreide. Die feuchte Witterung der letzten Dekade kam für Zucker- erüben, 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.

Bodenfeuchte unter Winterweizen bei sandigem Lehm
22.07.2010

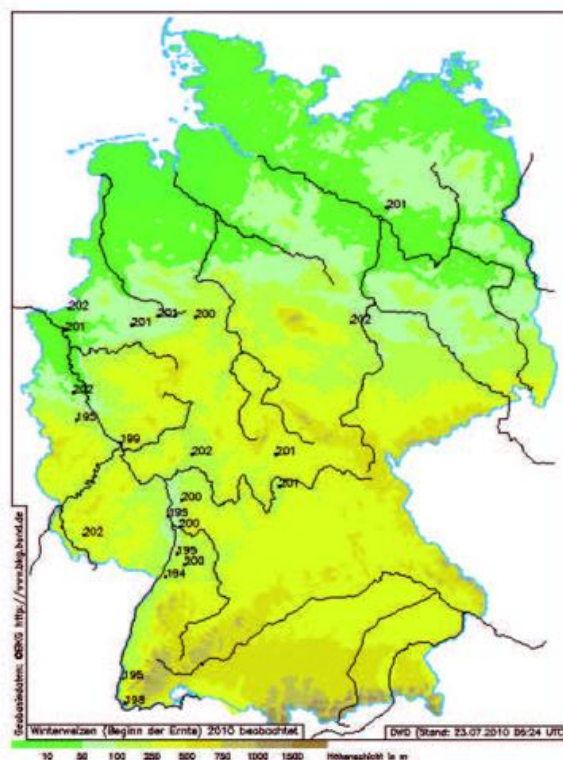
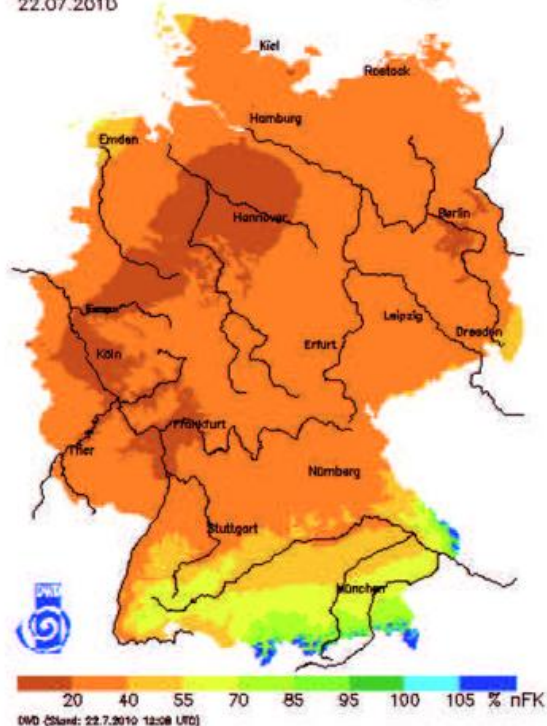


Abb. 1: Zusammenhang zwischen niedriger Bodenfeuchte (links) und frühem Erntebeginn des Winterweizens (rechts) Ende Juli. Erntebeginn angegeben in Jahrestagszahlen. Erste Erntemeldung 2010: 194. Tag (13.07.). Mehrjähriges Mittel: 216. Tag (04.08.).

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 Salzfluren).

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 Schwarzschnitzel am Getreide beobachtet. Die nassen Böden schränkten die Befahrbarkeit der Felder ein und führten zu einer Verzögerung der Aussaat von Wintertraps. Wo er bereits gesät wurde, lief er jedoch binnen kürzester Zeit auf. Die vereinzelt 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 Gebietsmittel von Deutschland war es der 9.wärmste 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 Saattbettbereitung, Herbstbestellung und Silagegewinnung genutzt werden. Durch die späte Getreideernte hatte sich die Aussaat des Wintertraps stark verzögert und auch die Abreife des Silomais 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 Winteraussaart, 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 Winterisaaten, 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 exponierten 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 Winterhärte 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 $-3,7\text{ °C}$. 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 lag 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 Zuckerrübenenernte, 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	
	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 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90	2010 von (mm) 1961- 90	Proz. von 1961- 90		
Hamburg	32,8	53,5	50,7	121,6	93,3	69,4	47,7	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	43,5	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	236,0	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 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 1961-90	Proz.	2010 von (Std.) 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	1552,8	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)		Sonnertage (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 Jahrgang (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 Tau-phase 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 dickem Festeis bedeckt, was zur Einstellung der Schifffahrt führte. Im letzten Dezemberr Drittel bildete sich dann im Nordfriesischen Wattenmeer Eis.

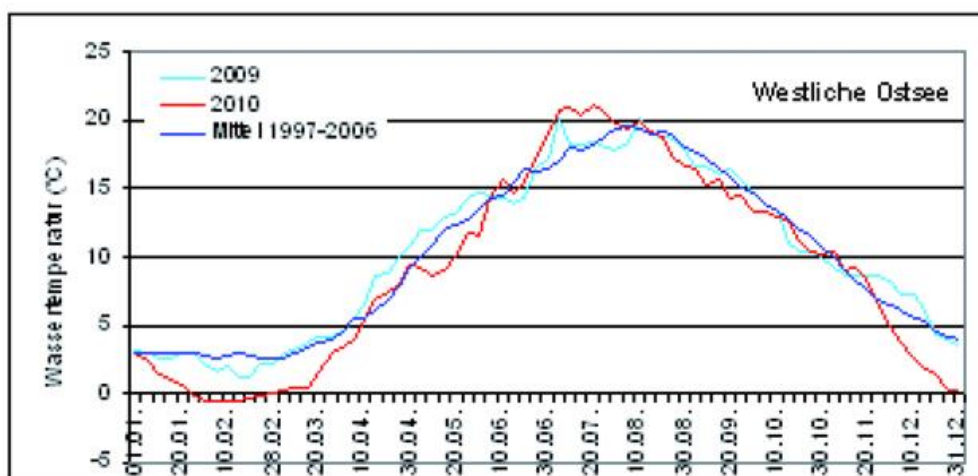


Abb. 2: Jahresgang der Wassertemperatur

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.

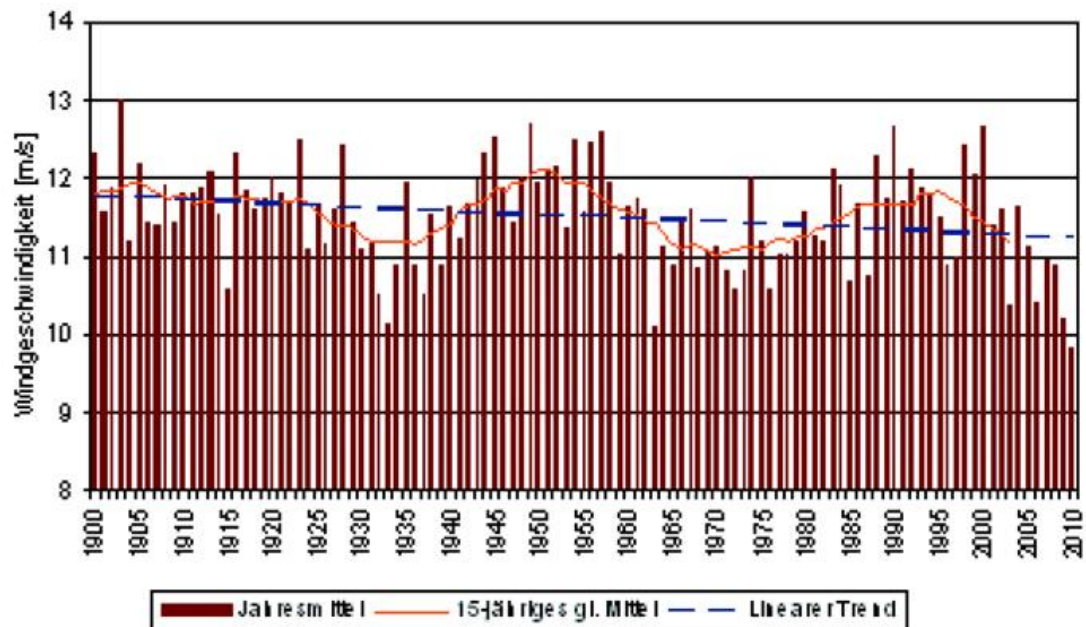


Abb. 3: Jahresmittel des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

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 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 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.

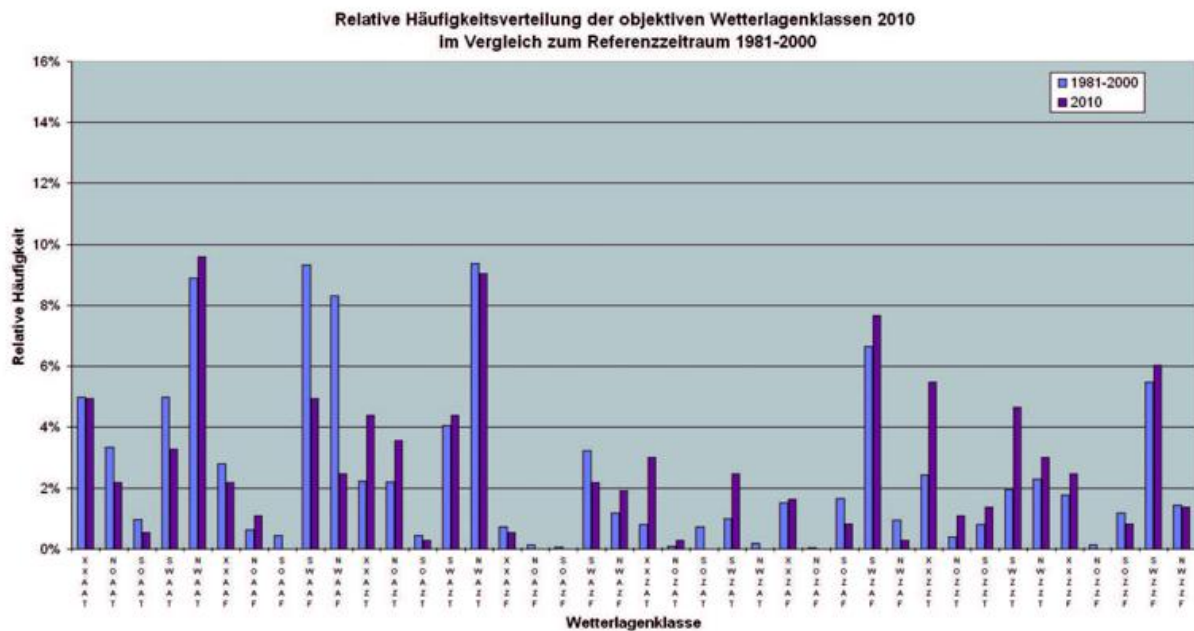


Abb. 4: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2010 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000

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 zyklonalen 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.

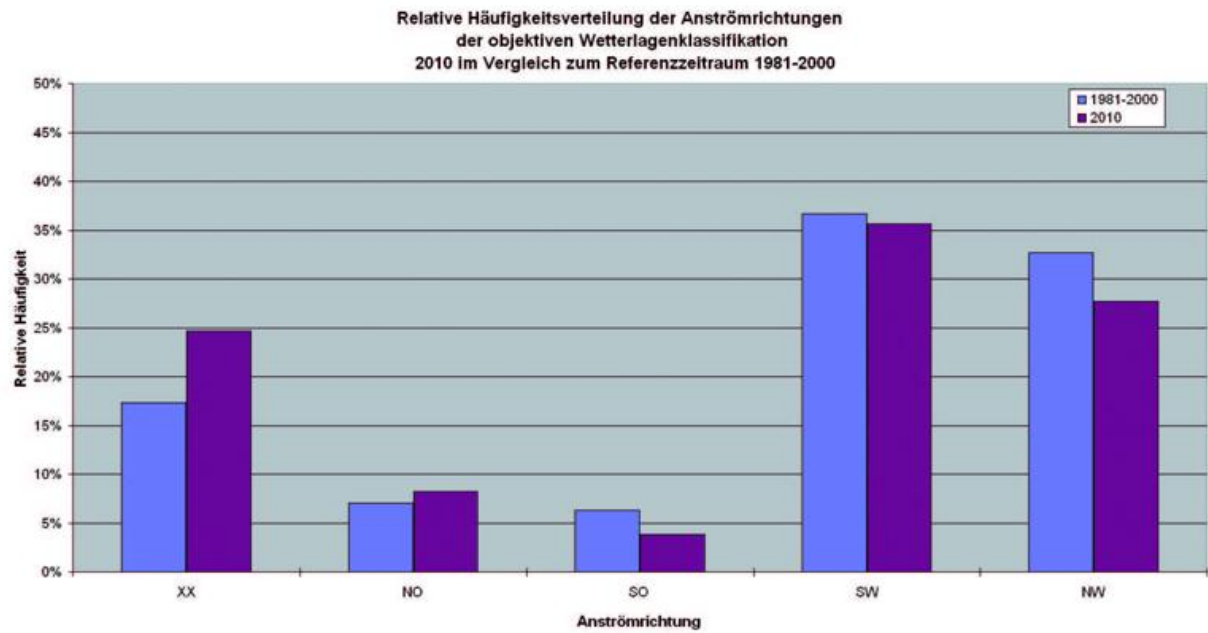


Abb. 5: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2010 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000.

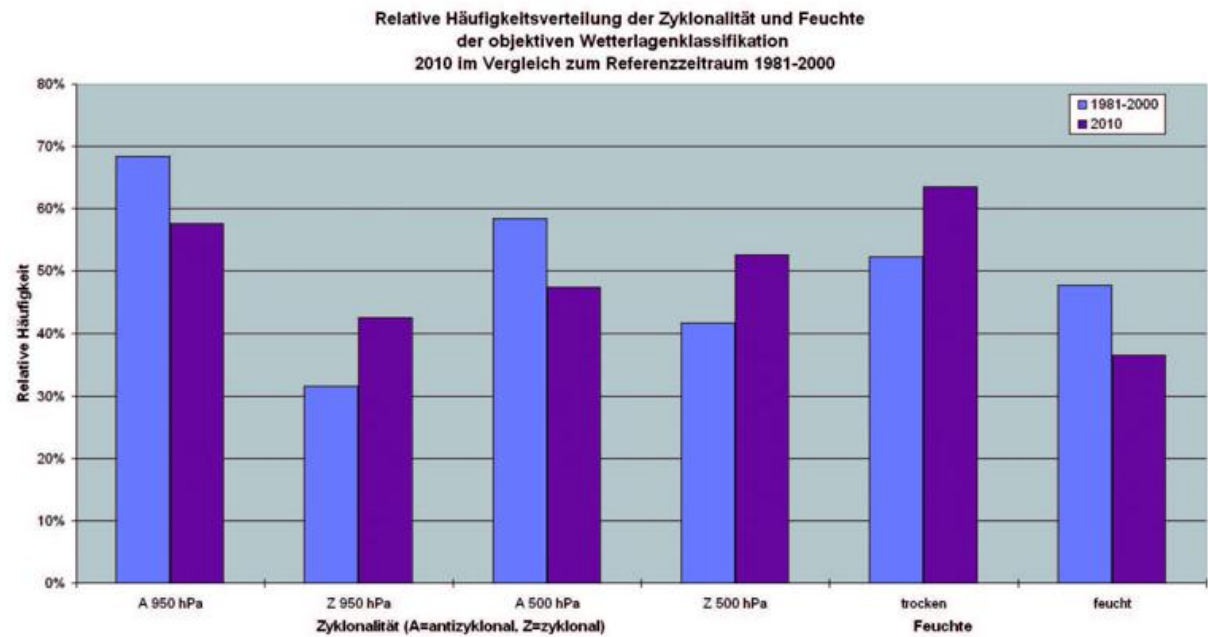


Abb. 6: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2010 im Vergleich zum 20jährigen Zeitraum 1981-2000.

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
NÖ	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	82	116	132	52	106	90	133	53	87	138	138	116	109

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 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 und 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.

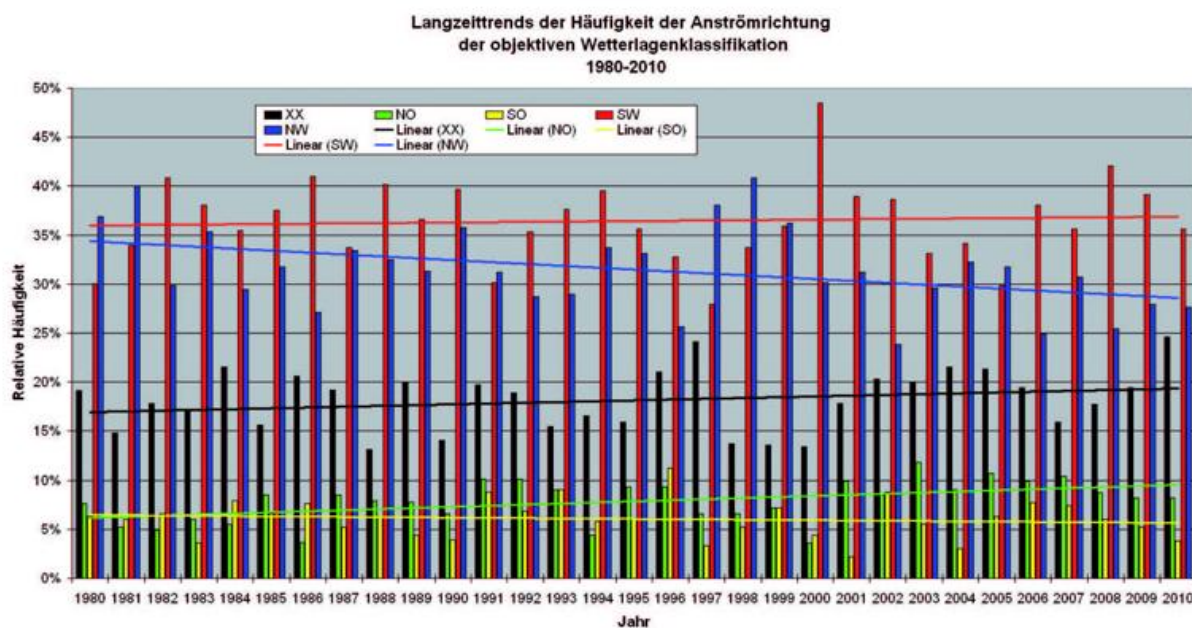


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

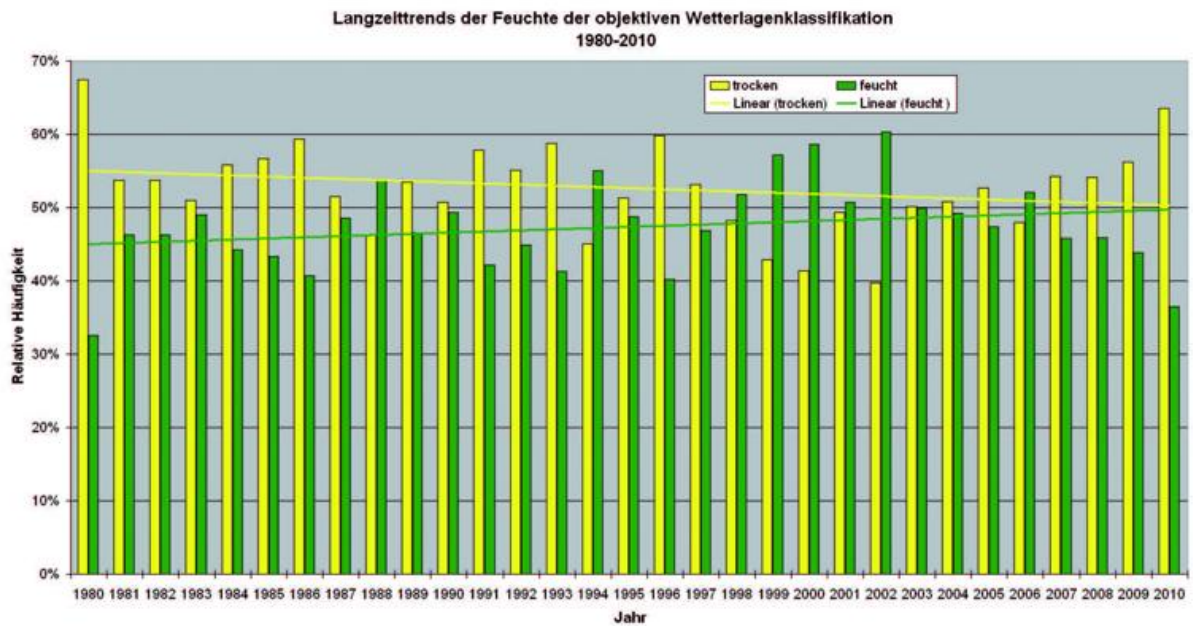


Abb. 8: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

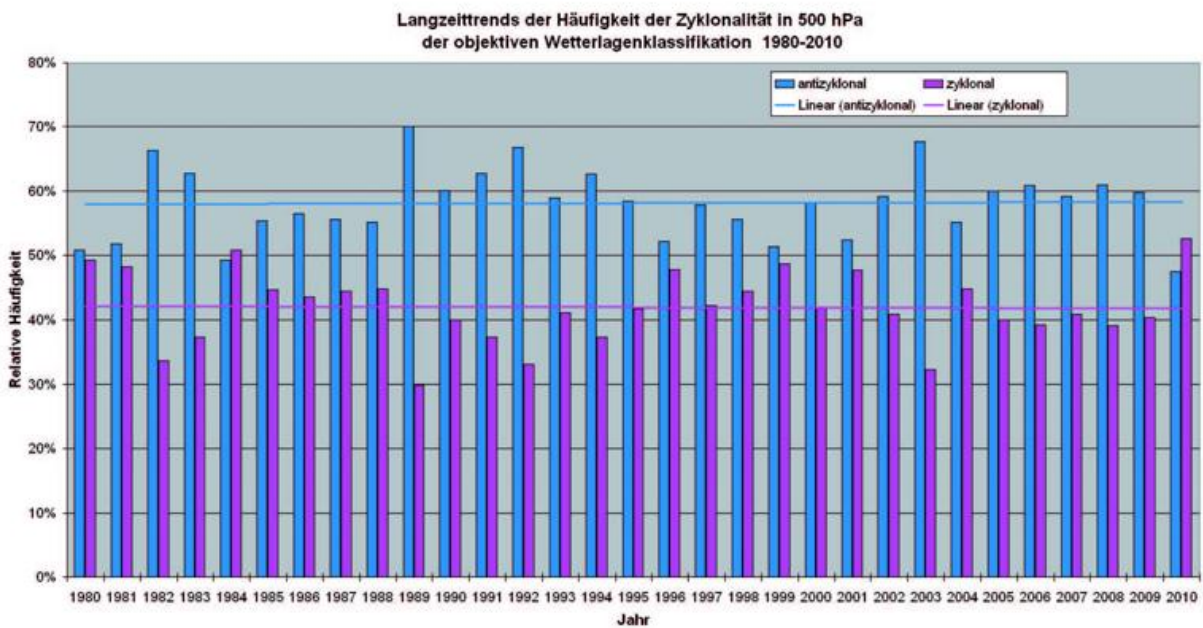


Abb. 9: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

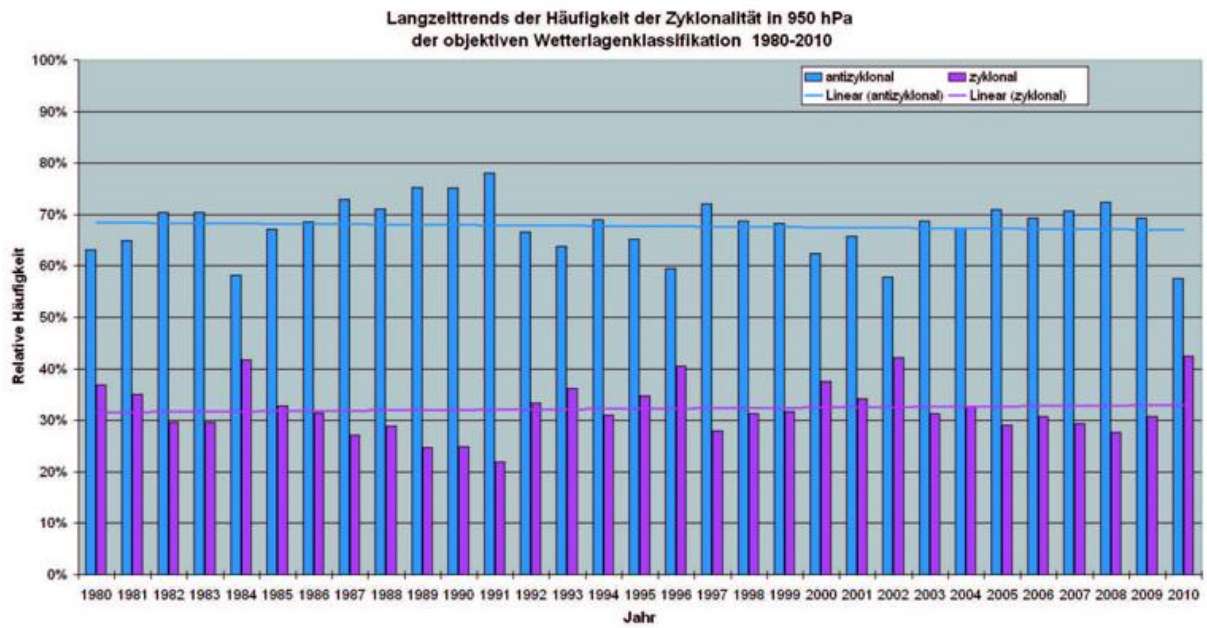


Abb. 10: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2010.

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 einer 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.

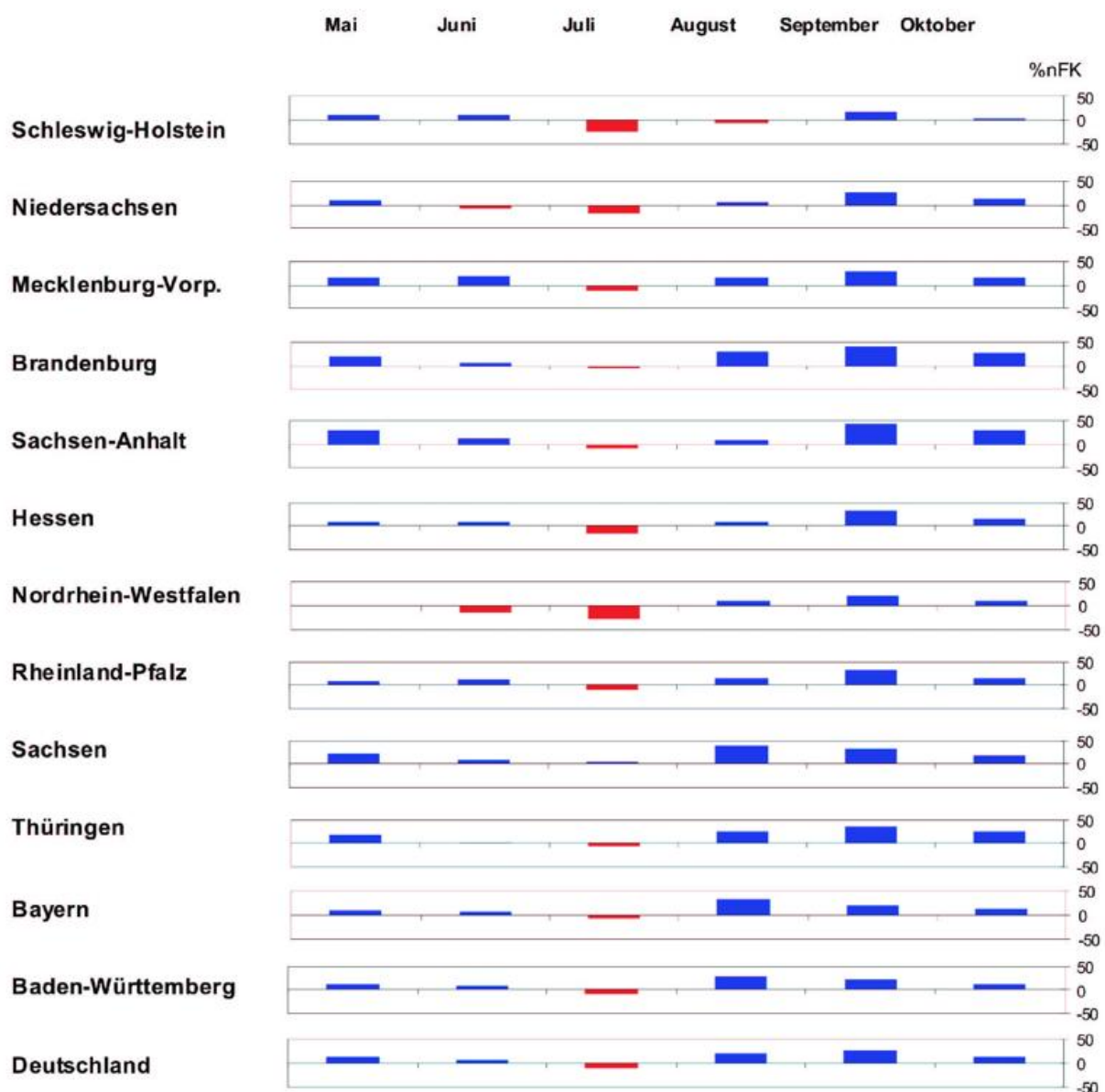


Abb. 15: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (% NFK) im Jahr 2010 vom langjährigen Mittelwert 1962 – 2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht).

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 Mittelwert im Jahr 2010

	Januar		Februar		März			April			Mai			Juni						
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D				
Schleswig-Holstein	-1,9	-4,9	-1,8	-4,5	0,9	-0,1	105,6	2,7	1,4	0,8	119,8	72,2	-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	3,9	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	5,1	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	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 = Krümmenbodenfeuchte, %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. Ähnliche 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.

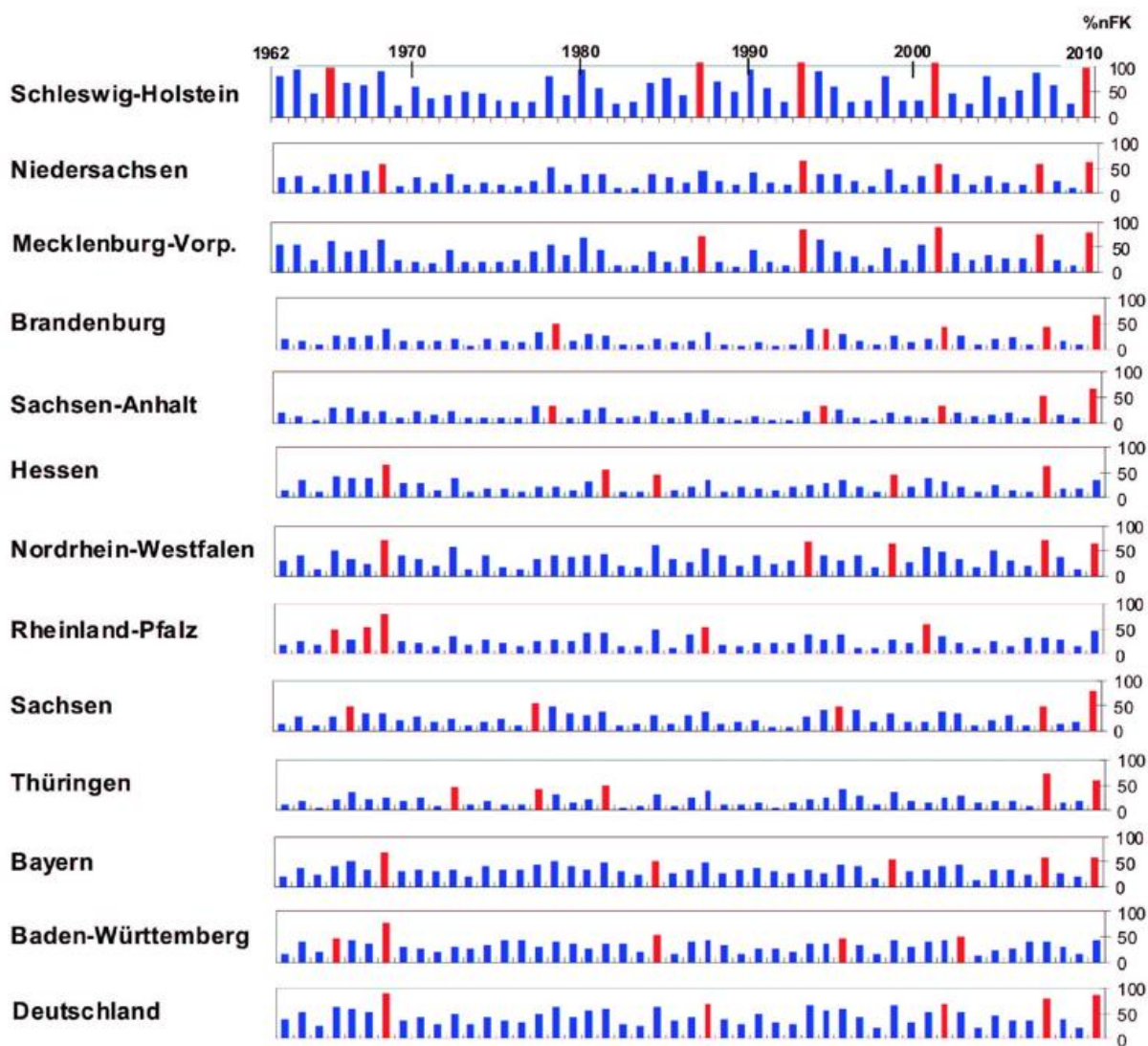


Abb. 16: Bodenfeuchtezustand (% nFK) jeweils Ende September, 1962 – 2010, für schwere Böden, Zuckerrüben, rot = fünf höchsten Bodenfeuchten seit 1962

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 Weinjahrgänge 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.

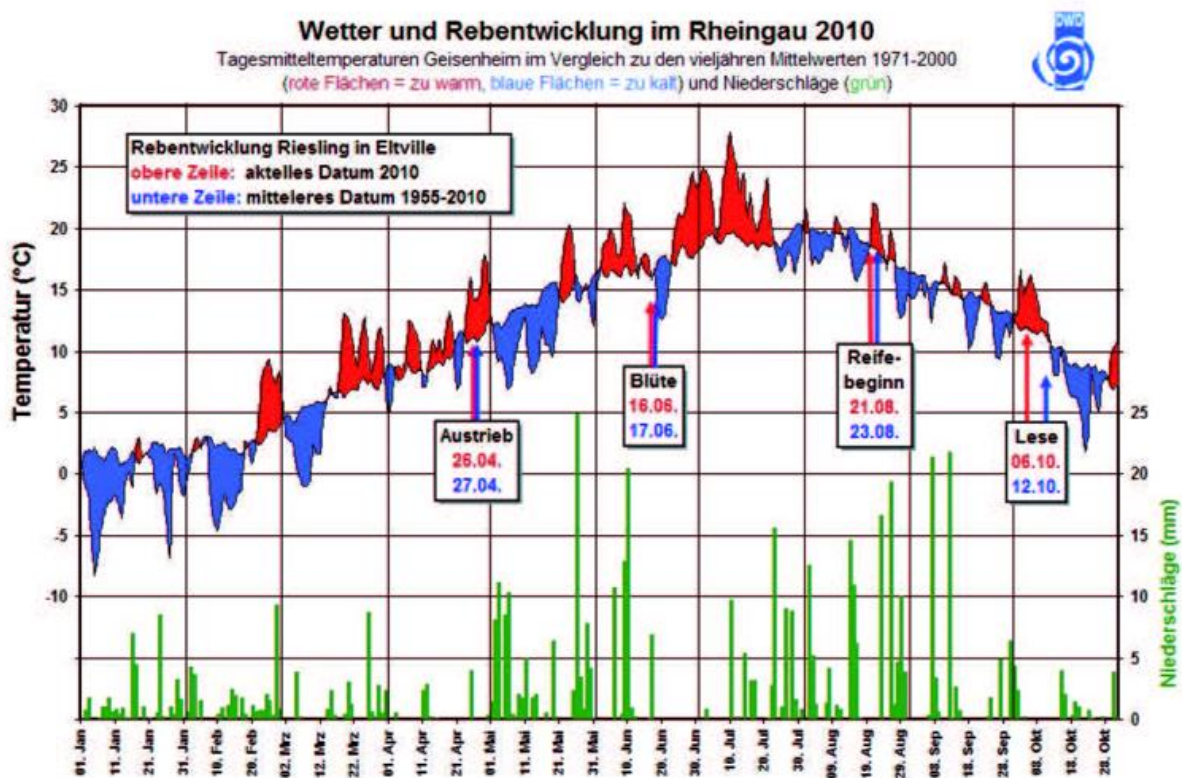


Abb. 17: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2010

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 Meridional Komponente 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 Höhenträge 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.

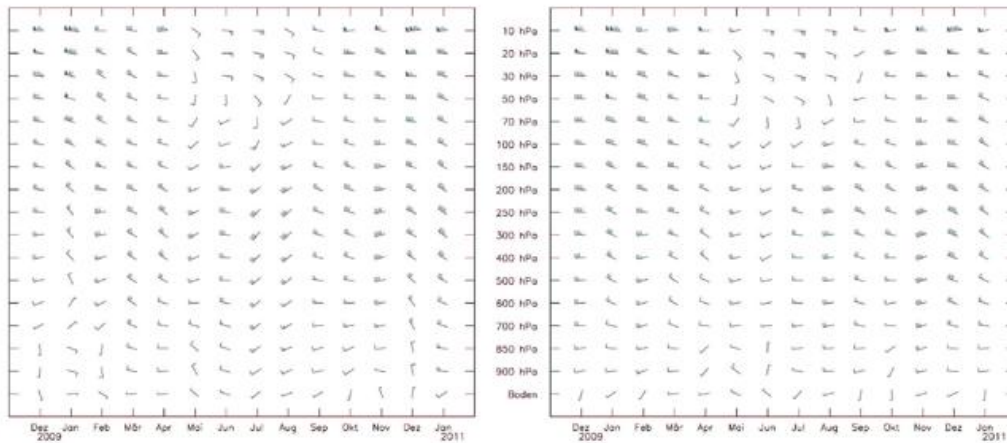
Jährlicher Gang des Höhenwindes nach monatlichen Mittelwerten 2010

00 und 12 Uhr UTC

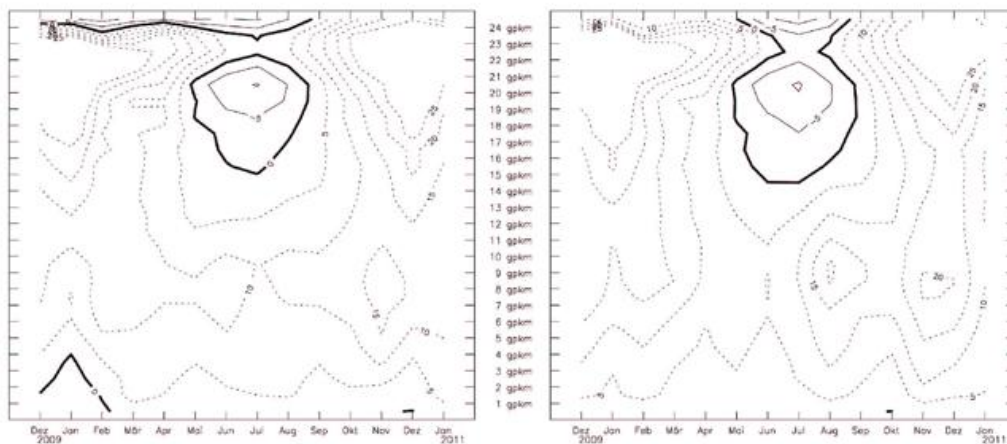
Schleswig

Stuttgart

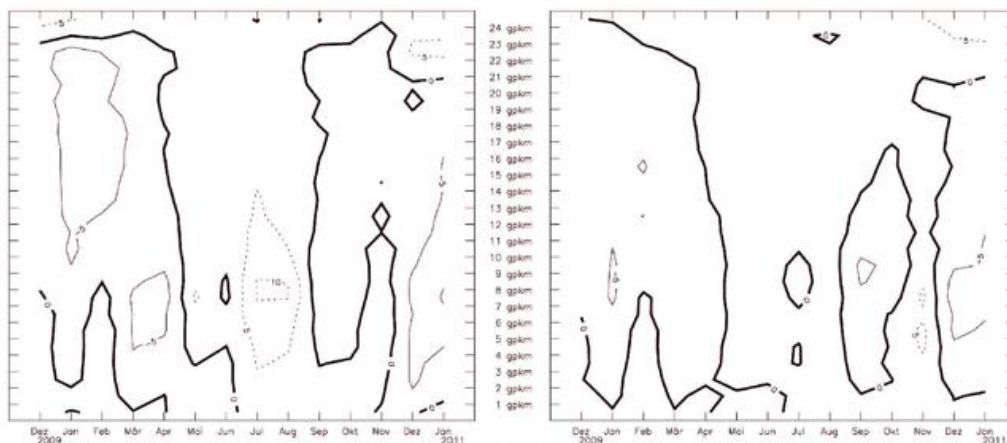
Mittlere Luftversetzung



Zonalkomponenten



Meridional Komponenten



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

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

Angaben der Zonal- und Meridional Komponenten 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 Monathälfte 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.

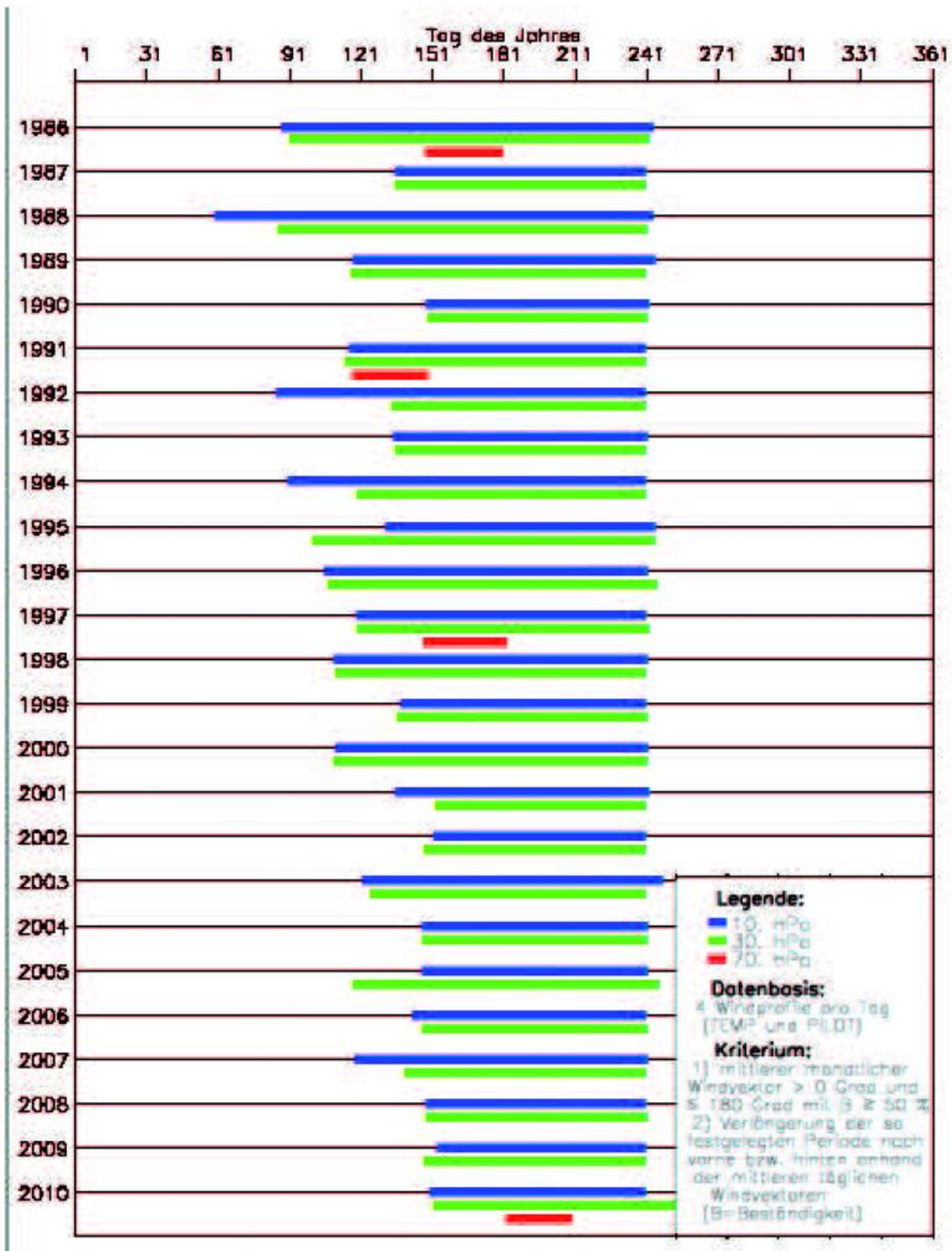


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1986-2010

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.

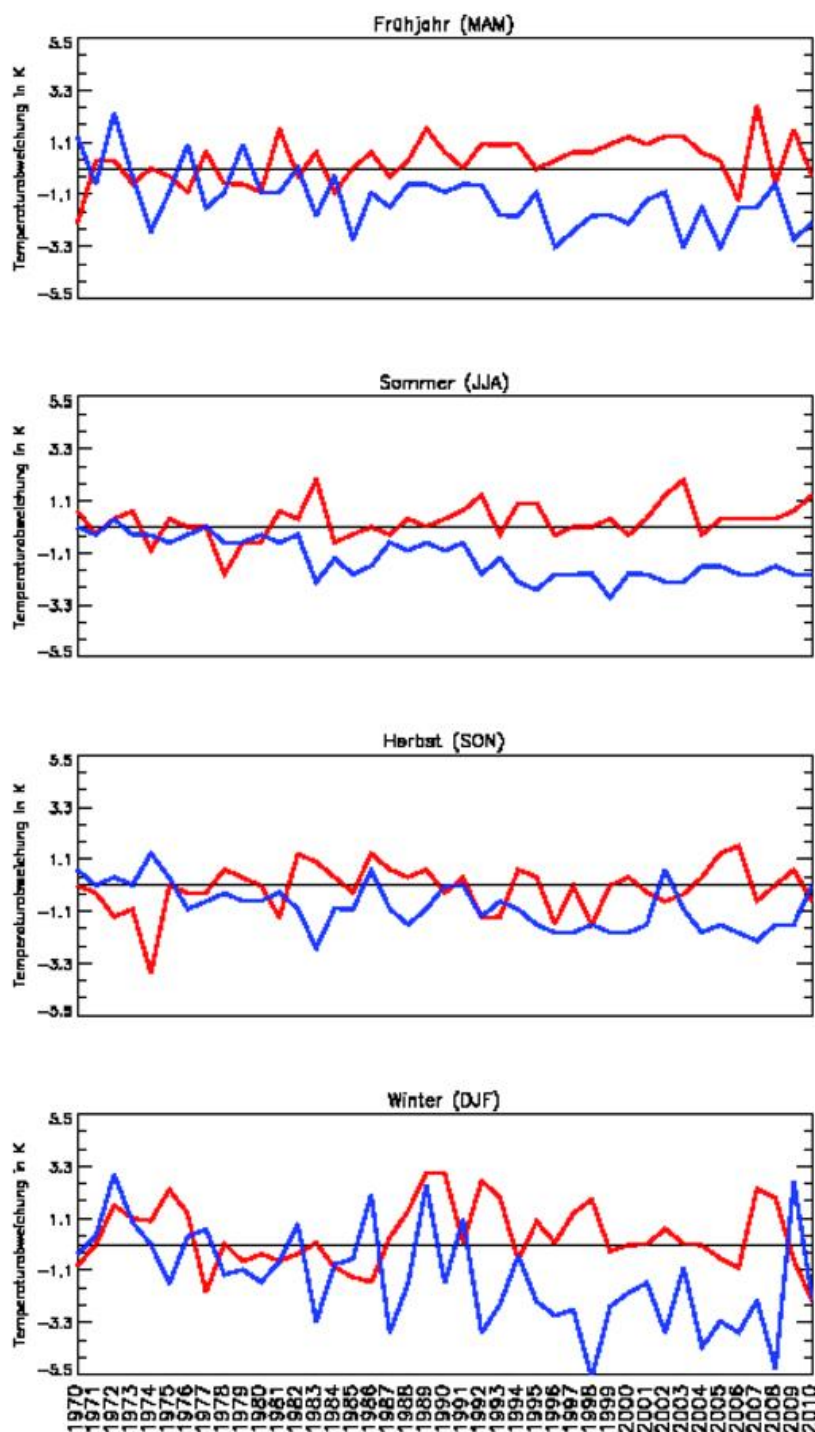


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2010 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

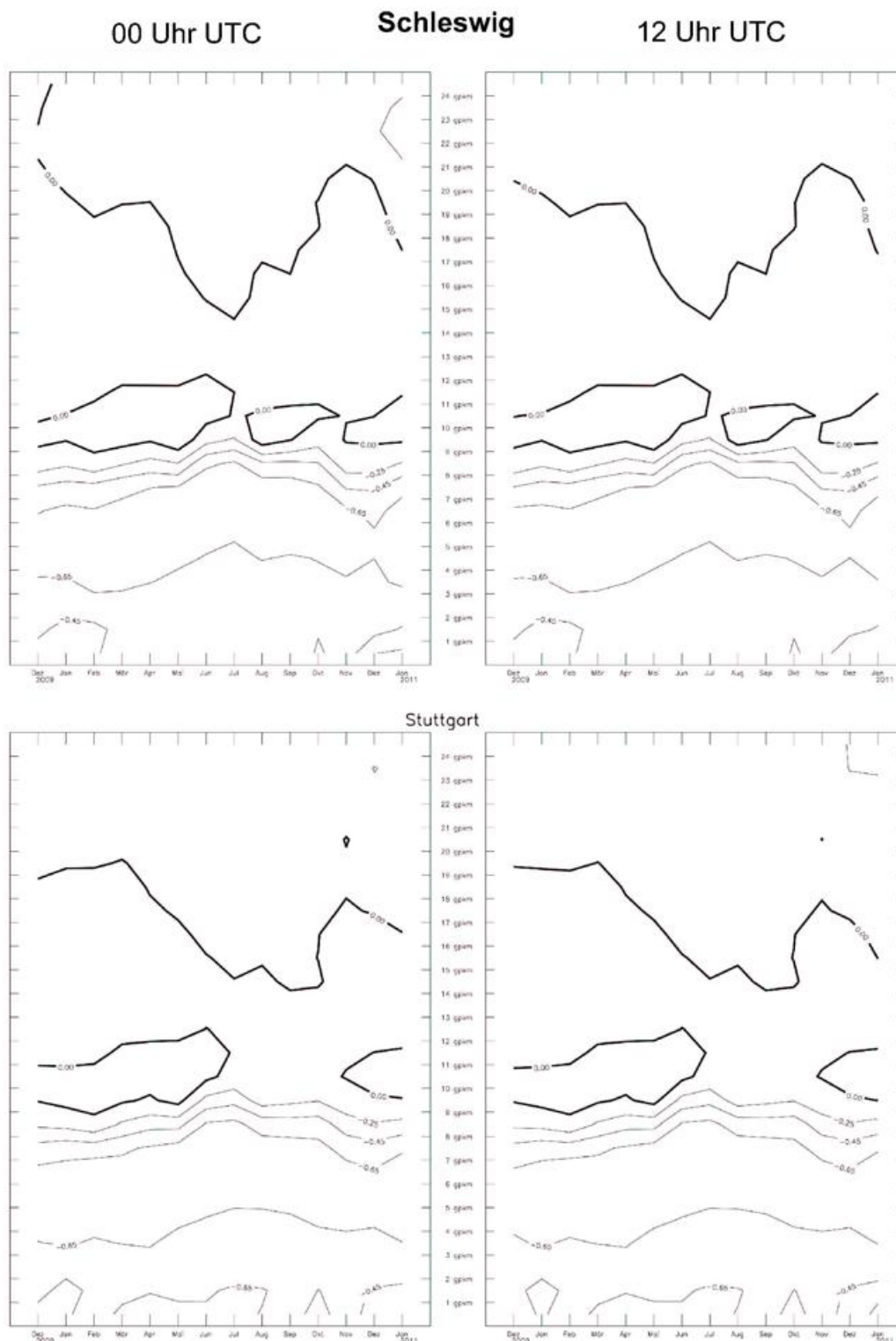
Die Stratosphäre war 2010 in allen Jahreszeiten im Mittel zu kühl. Im Februar wurde zwar wieder eine plötzliche Stratosphärenwärmung (Sudden Stratospheric Warming SSW) beobachtet (NCEP_National Centers for Environmental Prediction Daten für die Nordhemisphäre;

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 Temperatur 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 $-80,0^{\circ}\text{C}$ 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. Stratosphärenenerwärmung 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 ($^{\circ}\text{C}$)	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-KÖNIGSPOLDER (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-ÖBERSTEIN (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 Baltischen Staaten 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 betragen 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 Südsandinavien, 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 °C, 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.

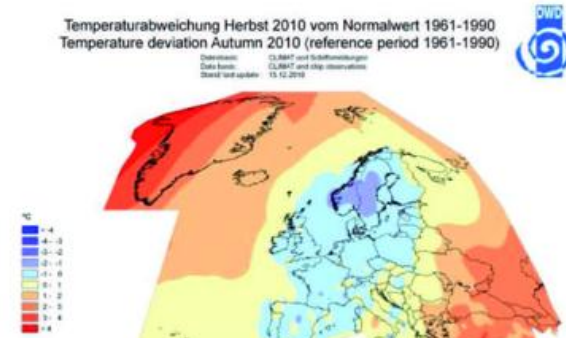
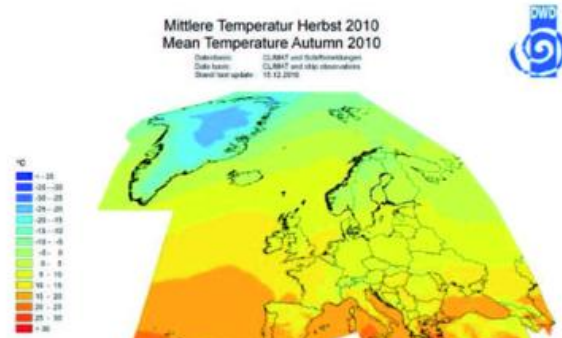
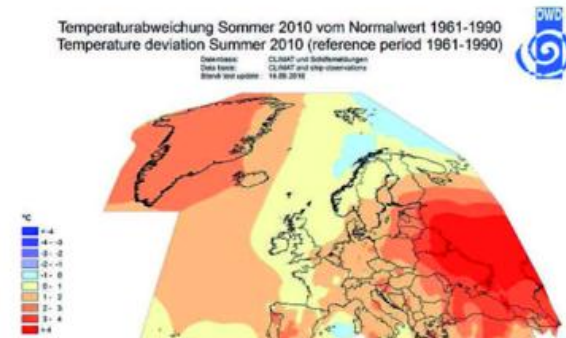
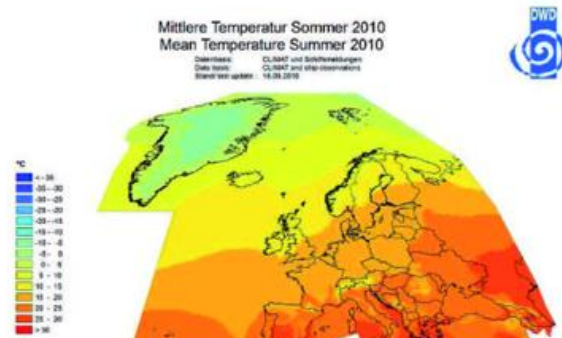
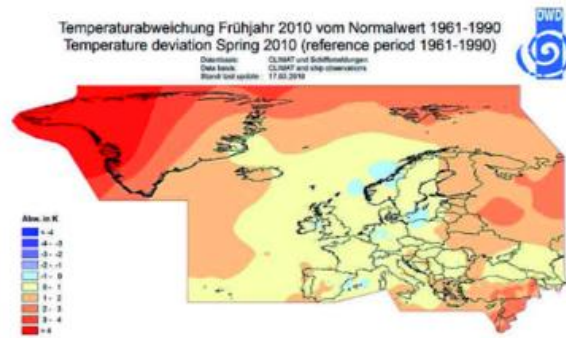
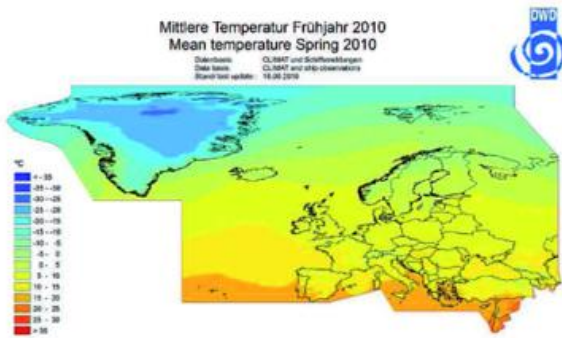
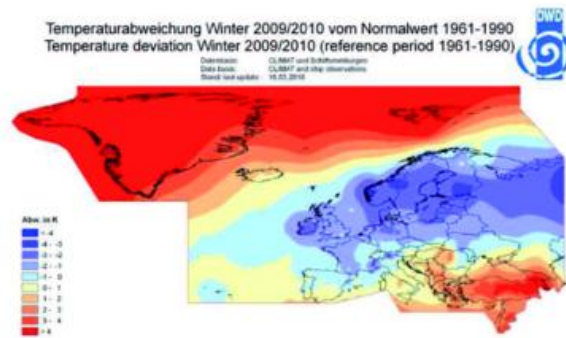
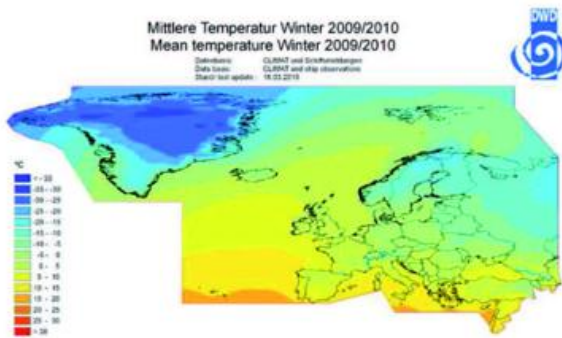


Abb. 1a: Mittlere Lufttemperatur (2m) in Grad C im Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

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.

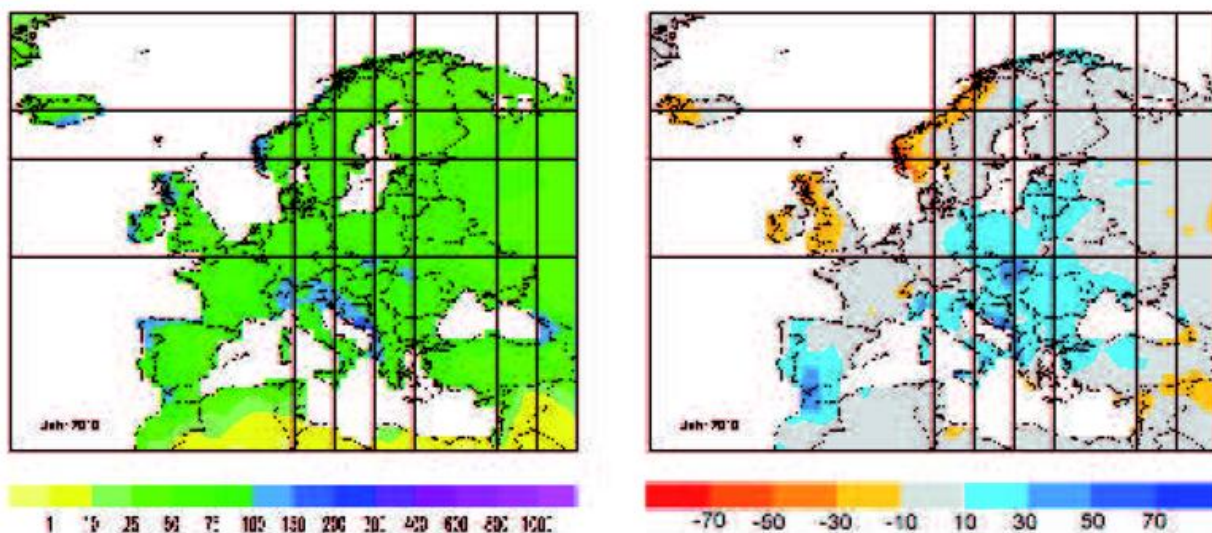


Abb.2a: Niederschlagshöhe in mm/Monat im Jahr 2010
Abb.2b: Niederschlagsanomalie im Jahr 2010 als Abweichung in mm/Monat vom Mittelwert des Zeitraums 1951-2000

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.

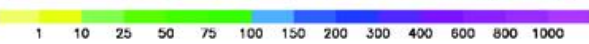
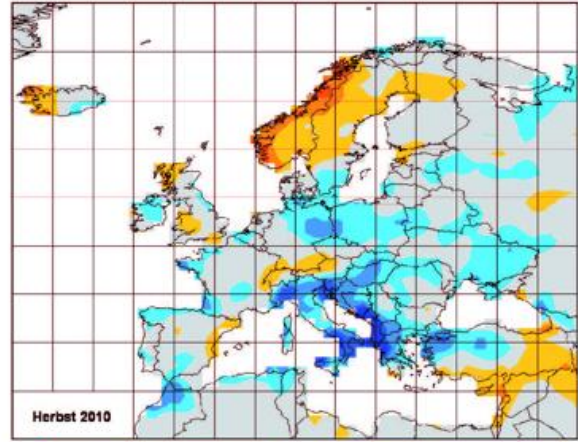
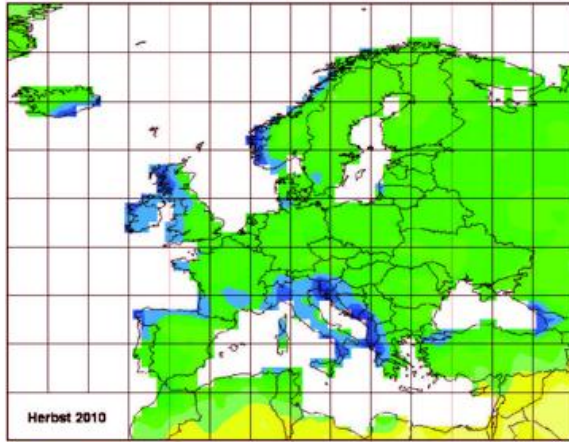
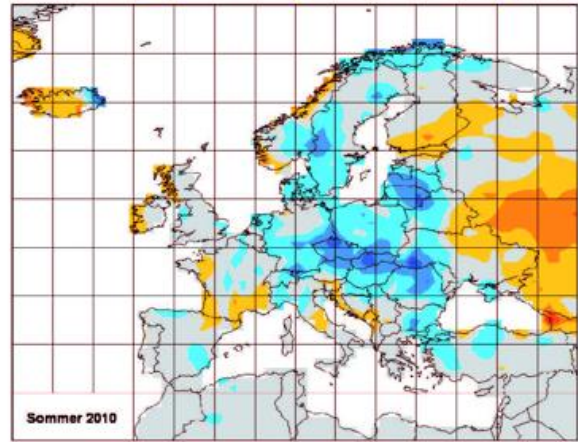
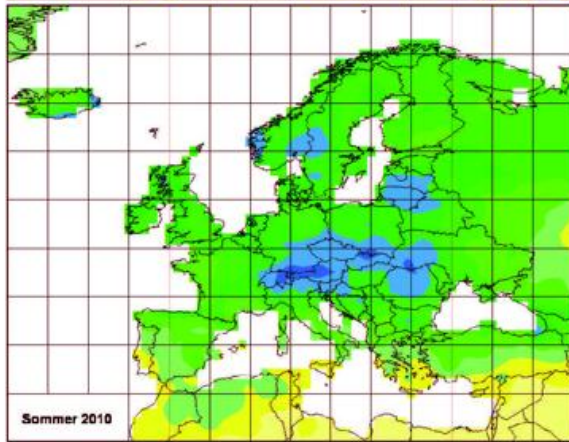
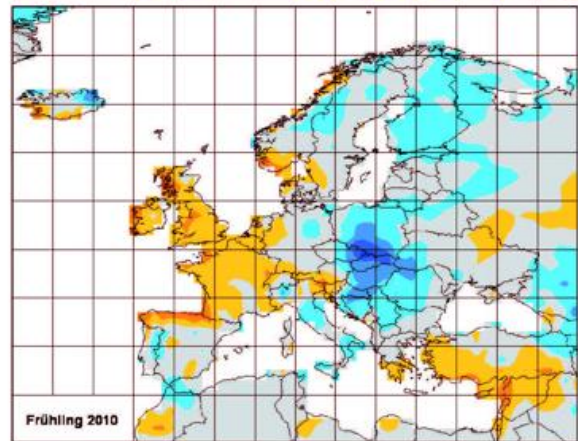
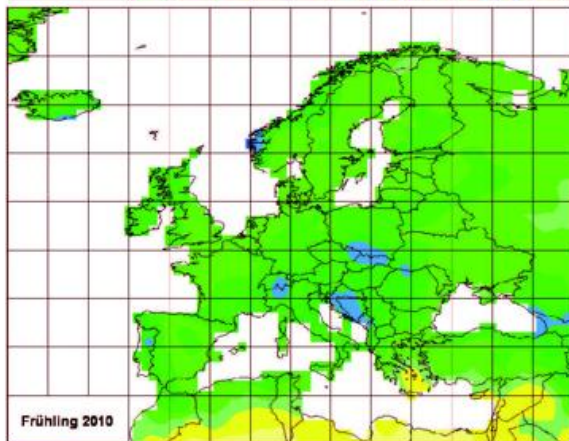
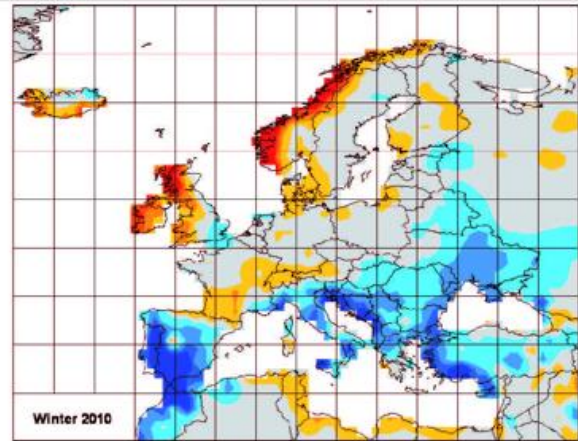
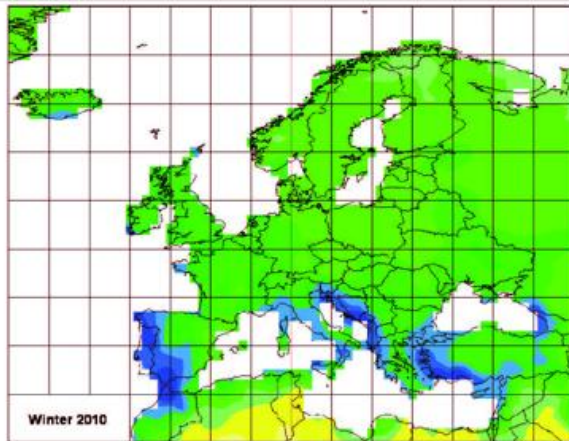


Abb.3a: Niederschlagshöhe für die Jahreszeiten in mm/Monat

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.

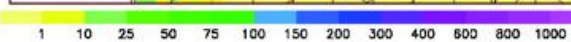
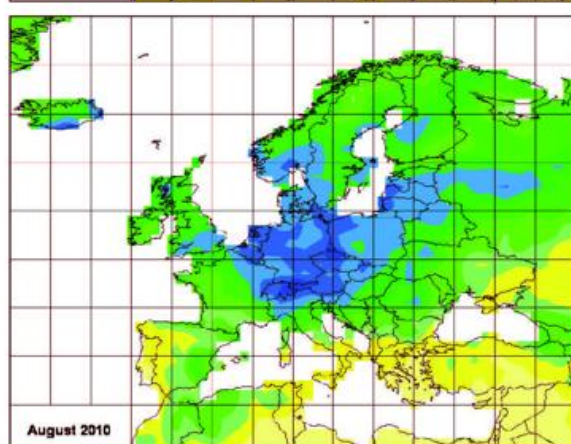
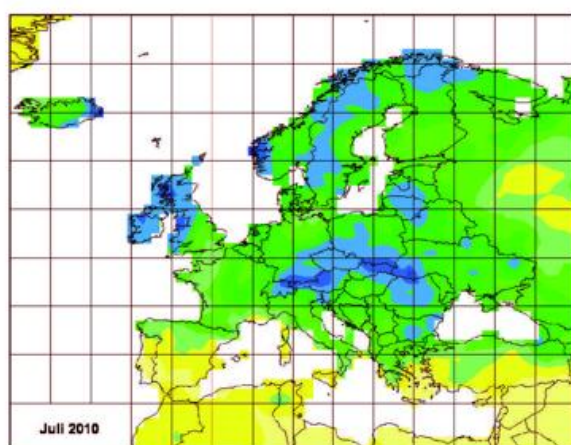


Abb.4a: Monatliche Niederschlagshöhen in mm

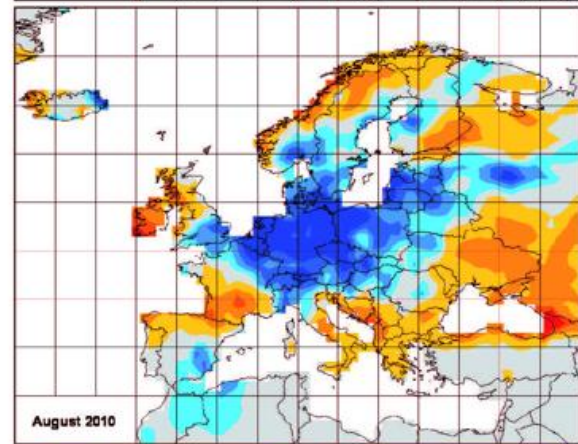
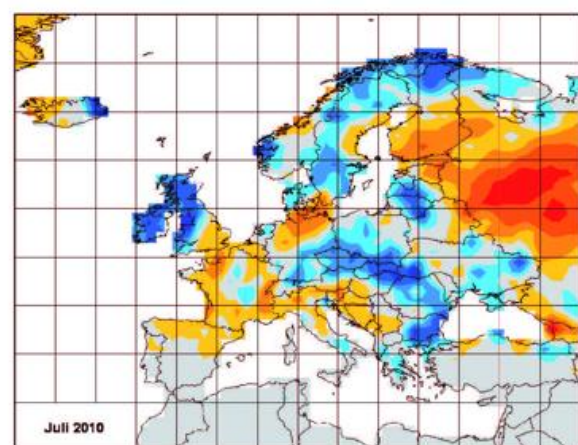


Abb.4b: Monatliche Niederschlagsanomalien in mm (Bezugszeitraum 1951-2000)

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 Südschweden 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

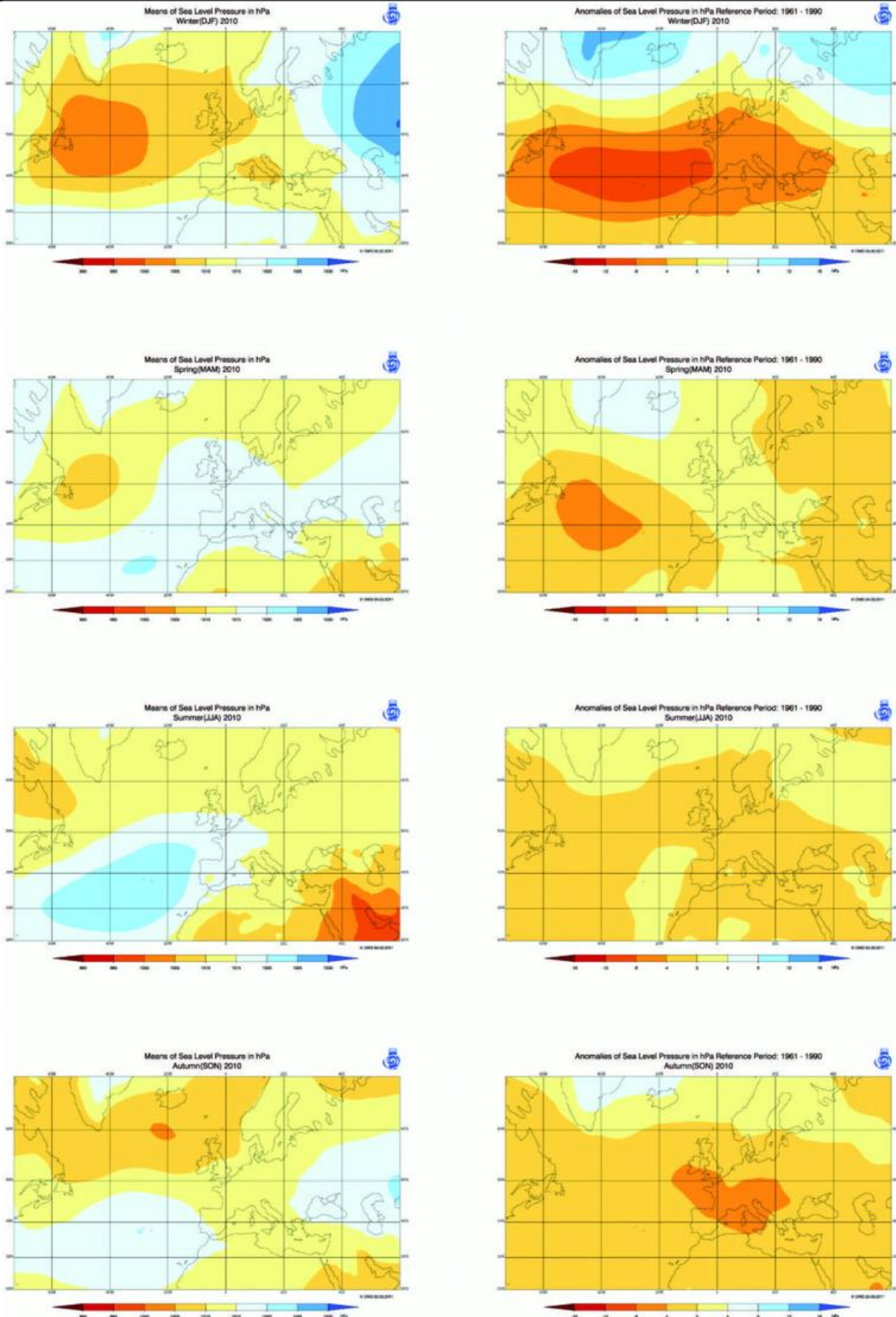


Abb. 5a: Jahresmittelwerte des Luftdrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

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.

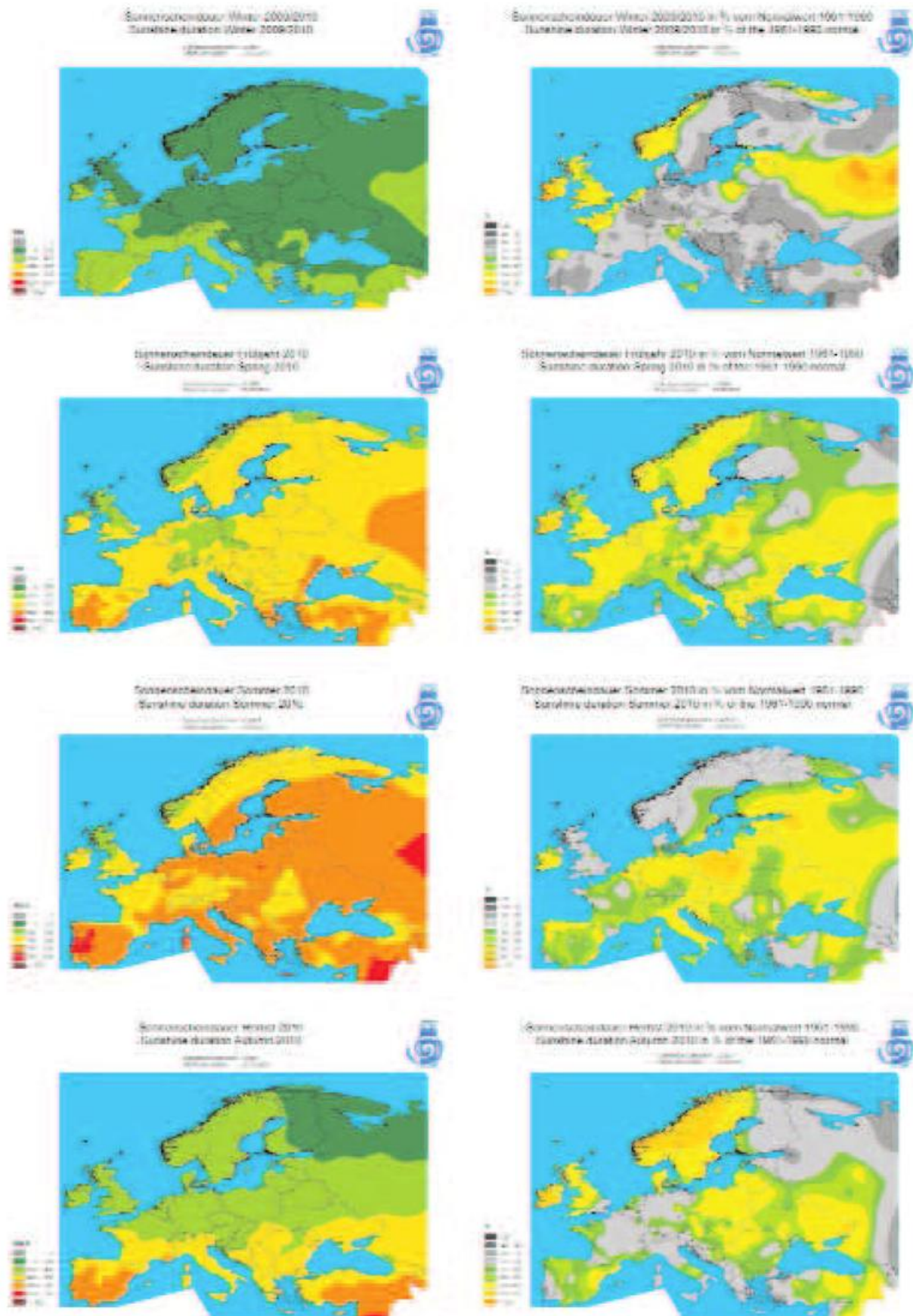


Abb. 6a: Mittlere Sonnenscheindauer für die Jahreszeiten Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010

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 kurzweilige und die langweilige 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 kurzweilige Strahlungsbilanz setzt sich aus der einfallenden kurzweiligen Strahlung und der am Boden reflektierten Strahlung zusammen, während die langweilige Strahlungsbilanz sich aus der Ausstrahlung der Erdoberfläche und der von den Wolken und Wasserdampf zurückgestrahlten langweiligen Strahlung zusammensetzt. Die Interpretation stützt sich daher bei der kurzweiligen Strahlungsbilanz in erster Linie auf den Vergleich mit der Wolkenbedeckung bzw. auch der Sonnenscheindauer und bei der langweiligen 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.

Kurzweilige Strahlungsbilanz

Im **Winter 2009/2010** gab es bei der kurzweiligen 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 kurzweiliger 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 Südkanindiens 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 kurzweiligen 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 kurzweiligen 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 kurzweiligen 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/satklm>). Es gab fast nur Heitere Tage und so gut wie keine Trüben Tage. Mit diesen wenigen Informationen kann man diese Anomalie nicht leicht verstehen. U.U. wirken sich hier auch Unsicherheitsfaktoren wie z.B. die unterschiedlichen 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 kurzweiligen Strahlungsbilanz. Auch hier findet man die analogen Entsprechungen bei der Bewölkung.

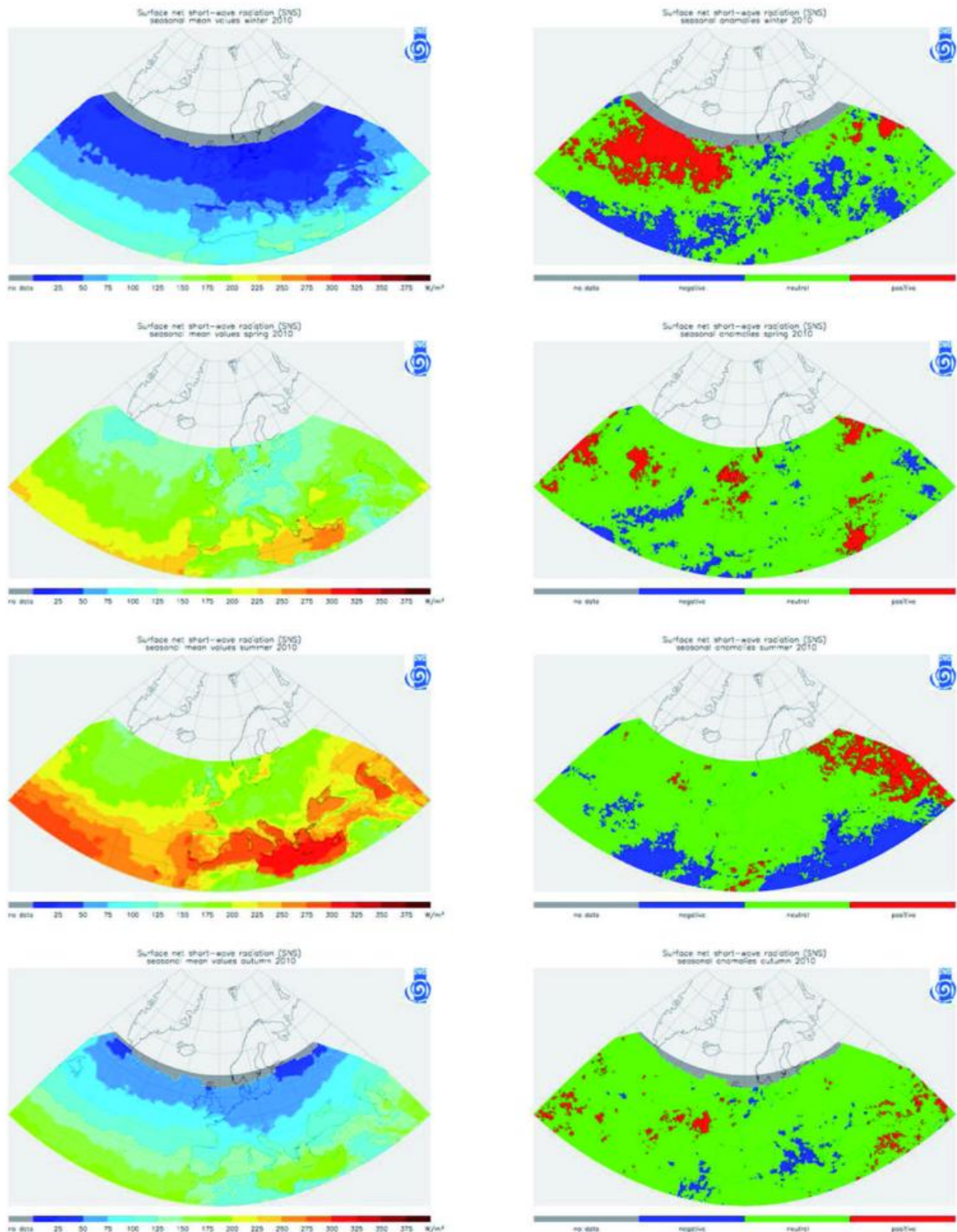


Abb. 7a: Mittlere kurzwellige Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010 (Bezugszeitraum 1983-2010)

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).

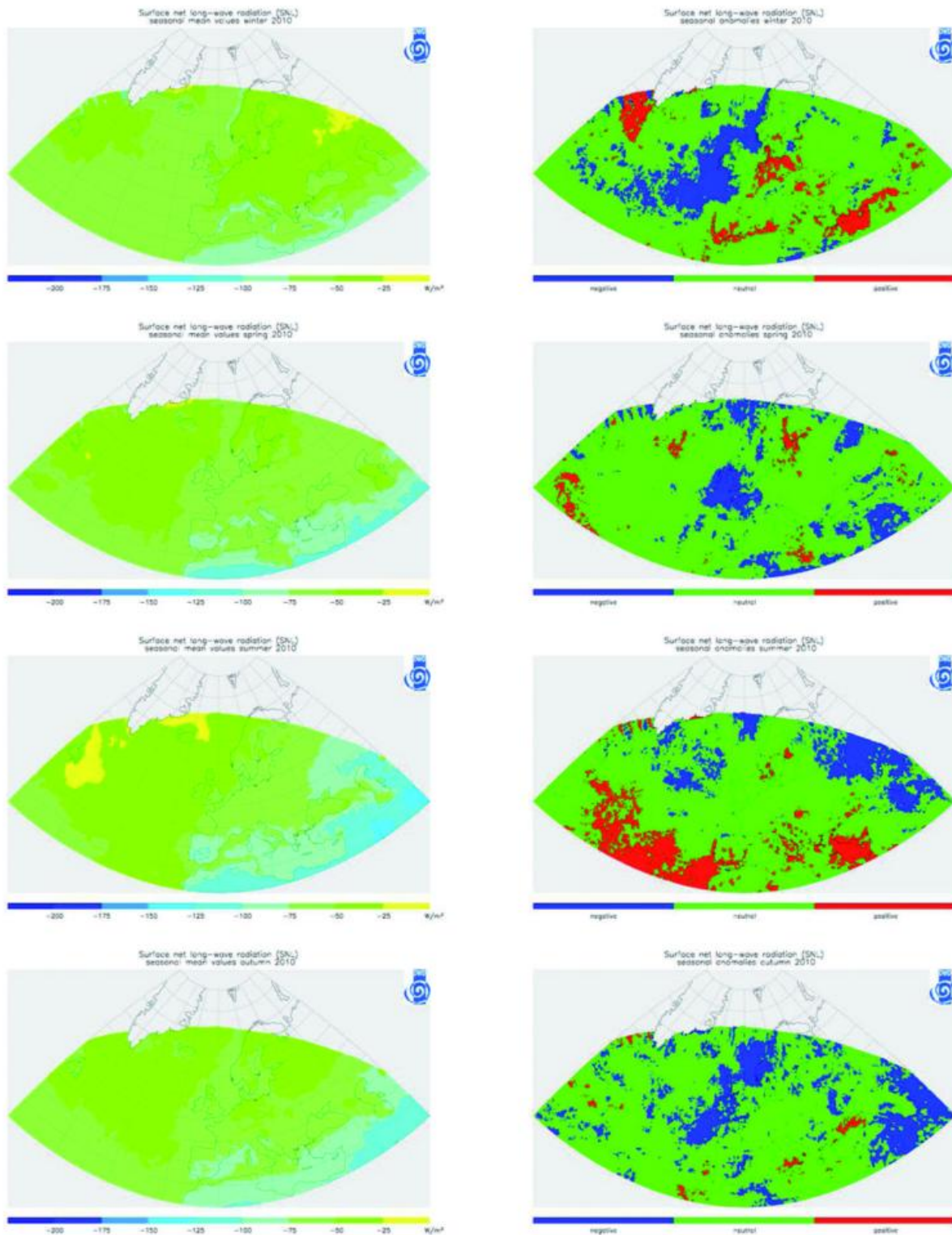


Abb. 8a: Mittlere langwellige Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (CM-SAF) für Winter 2009/2010, Frühjahr 2010, Sommer 2010 und Herbst 2010 (Bezugszeitraum 1983-2010)

Abb. 8b: Anomalien der mittleren langwelligeren Strahlungsbilanz am Erdboden nach Satellitenmessungen (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 Südsandinavien und um die Ostsee herum. Die Anzahl der Schneetage war in Südsandinavien 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 Südsandinavien 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.

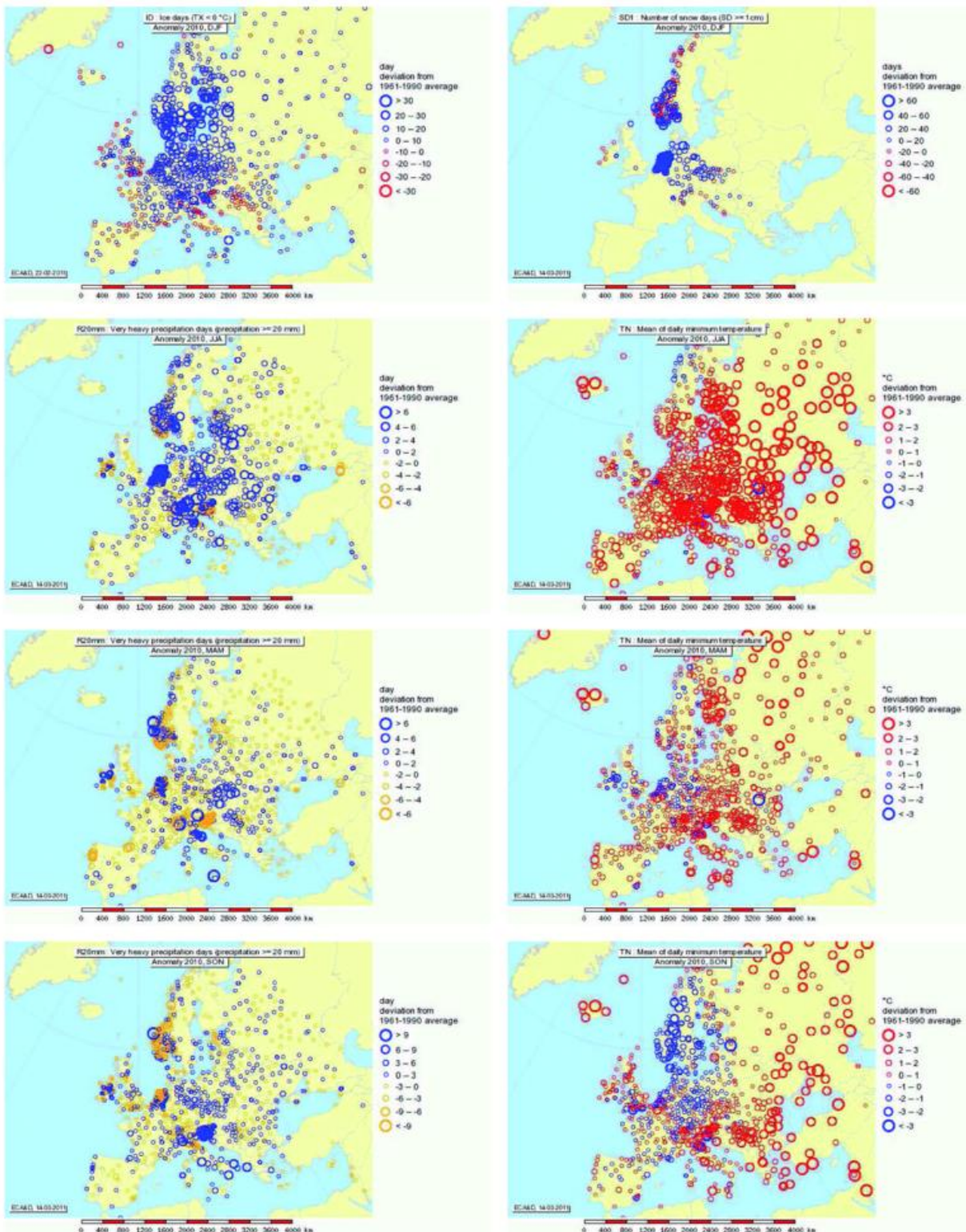


Abb. 9: Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Klimaindizes nach ECA&D: Eistage im Winter 2009/2010, Anzahl der Schneetage im Winter 2009/2010, Mittlere tägliche Minimumtemperatur im Frühjahr 2010, Anzahl der Tage mit Starkniederschlag über 20 mm im Frühjahr 2010, Mittlere tägliche Minimumtemperatur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

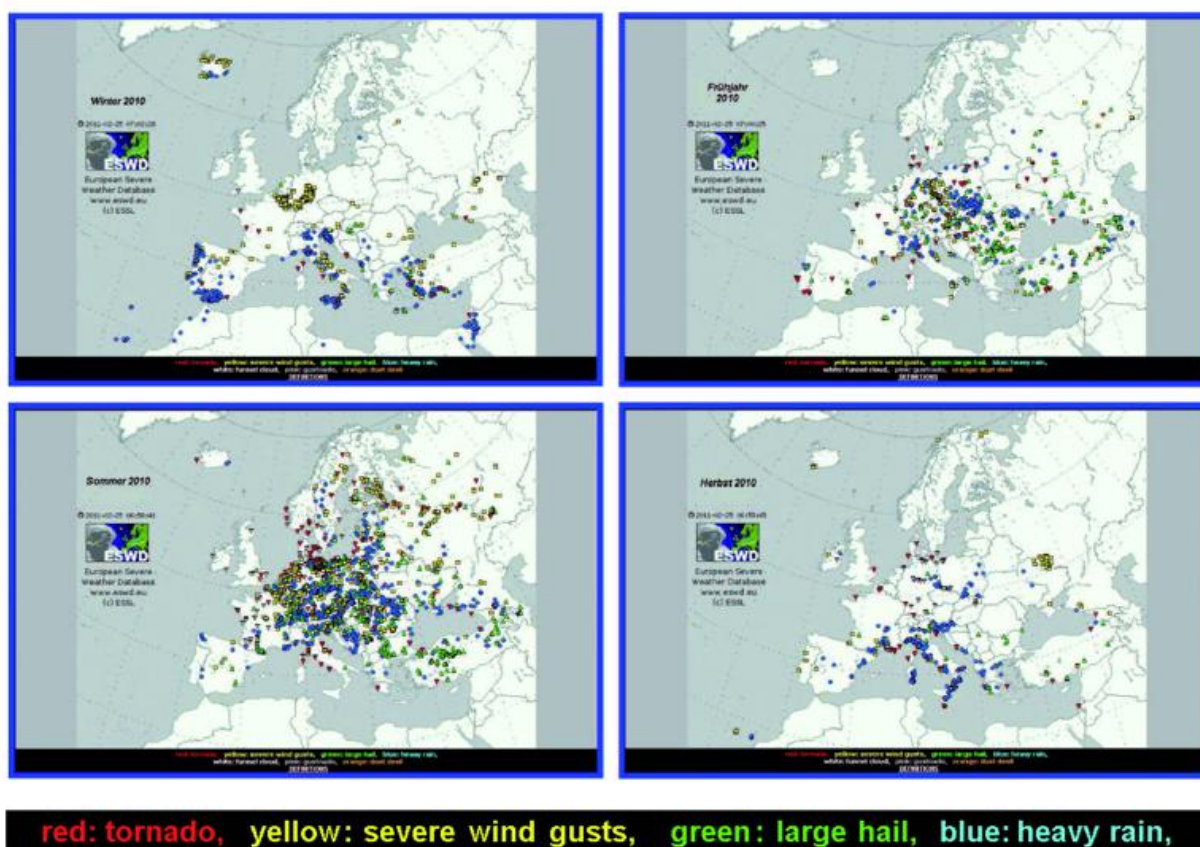


Abb. 10: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der ‚European Severe Weather Database‘ ESWD für den Winter 2009/2010, das Frühjahr 2010, den Sommer 2010 und den Herbst 2010 für die Ereignisklassen ‚Tornado‘ (rot), ‚Schwere Windbö‘ (gelb), ‚Schwerer Hagel‘ (grün) und ‚Starkniederschlag‘ (blau) und die Qualitätsstufen ‚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 Krasnodar 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>
- MétéoFrance (2010): La tempête Xynthia des 27-28 février 2010, http://climat.meteofrance.com/chart_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 Dreiländergebiet 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/uk/>
- 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 Zentral-labors (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.

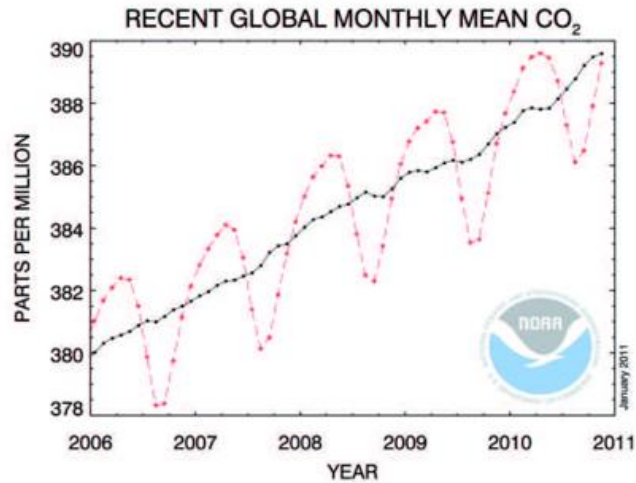


Abb. 1: Aktueller globaler CO₂-Trend von NOAA, November 2010: 389.28 ppm (Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>)

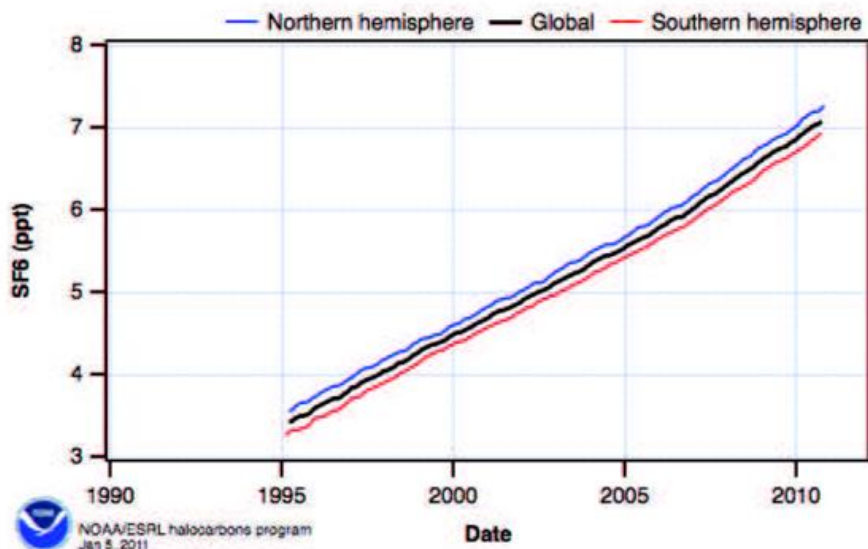


Abb. 2: Aktuelle globale SF₆-Trends von 6 in-situ und 12 flask sampling Stationen (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/SF6.html>)

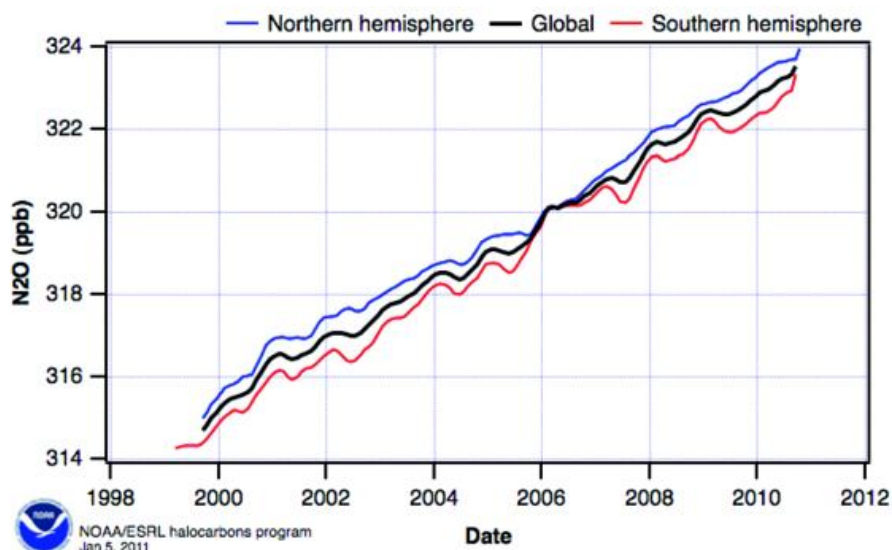


Abb. 3: Globale N₂O-Trends von NOAA ESRL von den gleichen Messstationen wie bei SF₆ (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/N2O.html>)

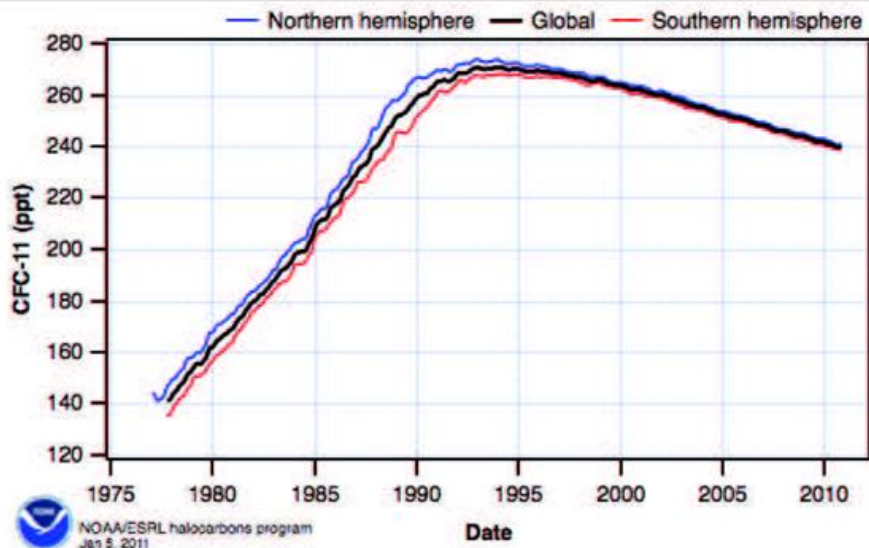


Abb.4: Mischungsverhältnisse vom Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoff CFC-11 (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/CFC11.html>)

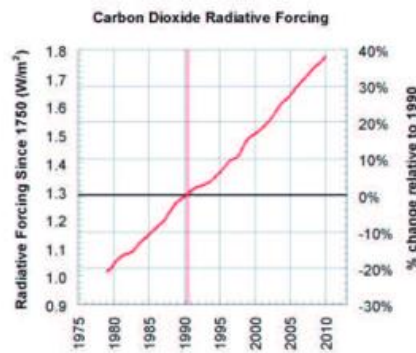


Abb. 5: Trend des Strahlungsantriebs von CO2 (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>)

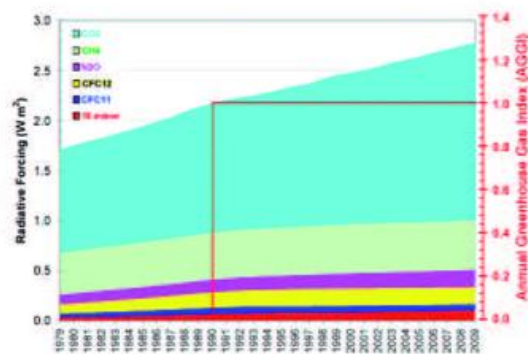


Abb. 6: Aktueller Trend der Strahlungsantriebe der wichtigsten Klimagase (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>)

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.

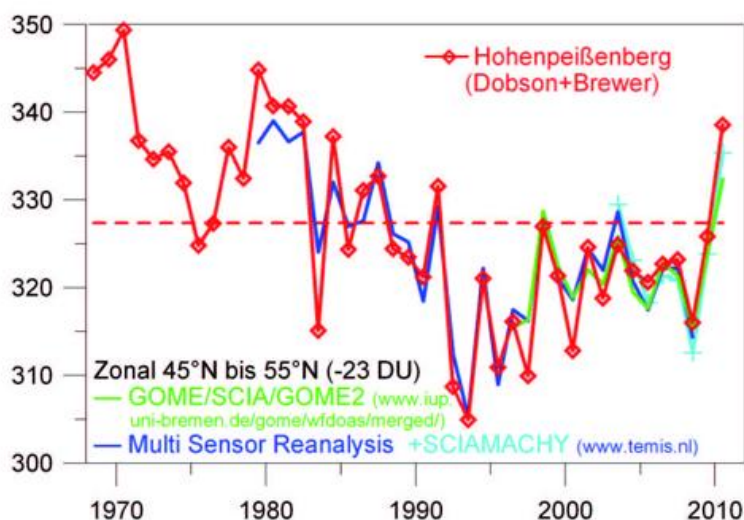


Abb. x1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus boden-gebundenen Messungen am Hohenpeißenberg, sowie zonales Mittel aus Satellitendaten der Uni Bremen und des KNMI . Die zonalen Mittel wurden um ca. 23 DU nach unten verschoben.

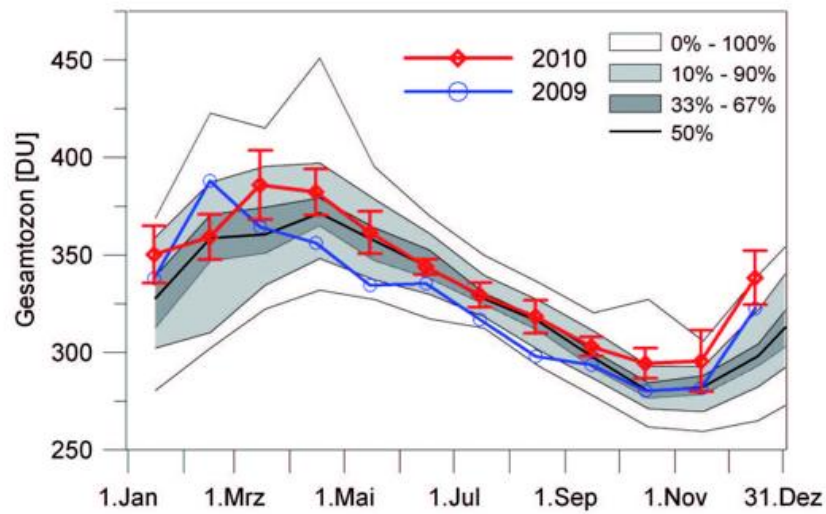


Abb. x2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2009 und 2010. Der schattierte Bereich gibt die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

total ozone anomaly 2010 (reference period 1996-2009)

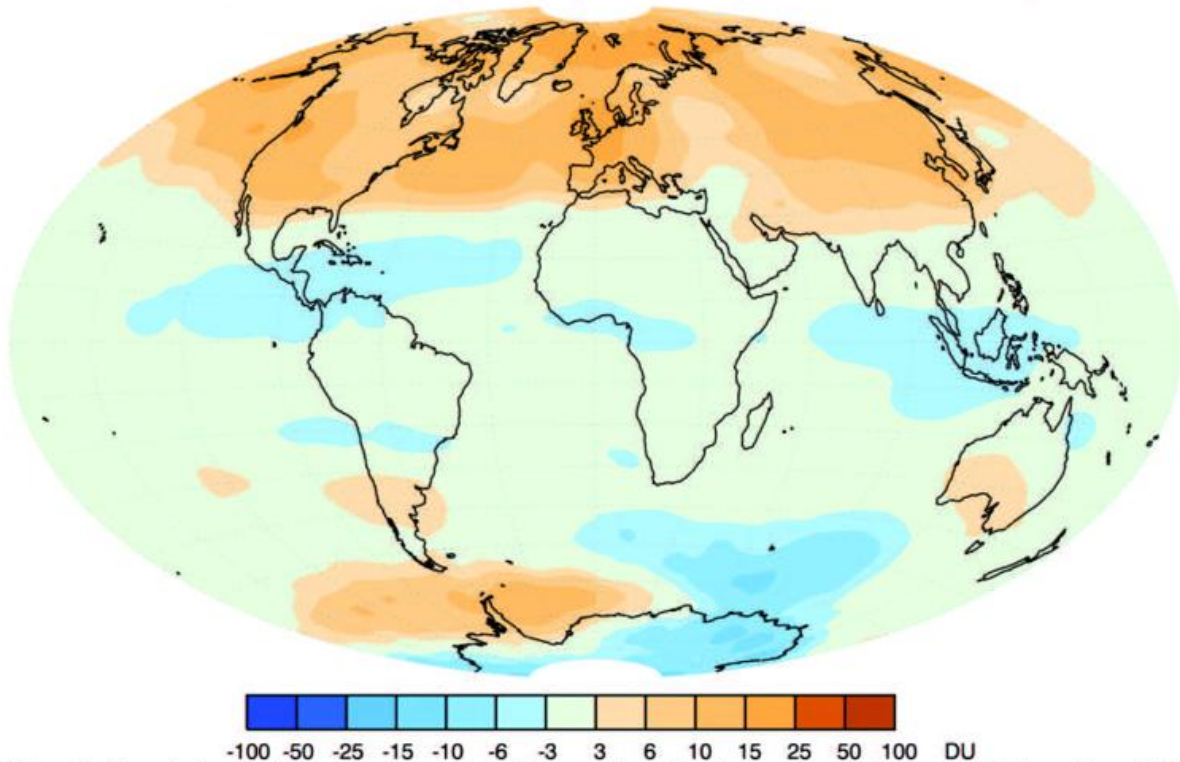


Abb. x3: Abweichung des vorläufigen Ozonjahresmittels 2010 vom langjährigen Mittel der Jahre 1996 bis 2009 aus dem zusammengesetzten GOME/SCIAMACHY/GOME2 Datensatz. Daten nur bis Ende November 2010. Quelle: www.iup.uni-bremen.de/gome/wfdoas/merged/

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 $0,53\text{ °C} \pm 0,09\text{ K}$ über dem Mittel des Referenzzeitraums 1961-1990 von $14,0\text{ °C}$ lag (WMO-No. 1074). Damit war 2010 das wärmste Jahr nach 2005 und 1998, die um jeweils $0,01\text{ K}$ 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 $0,46\text{ K}$ zum Mittel 1961-1990. Dabei war die Erwärmung in Afrika mit einer Anomalie von $0,85\text{ K}$ am größten.

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

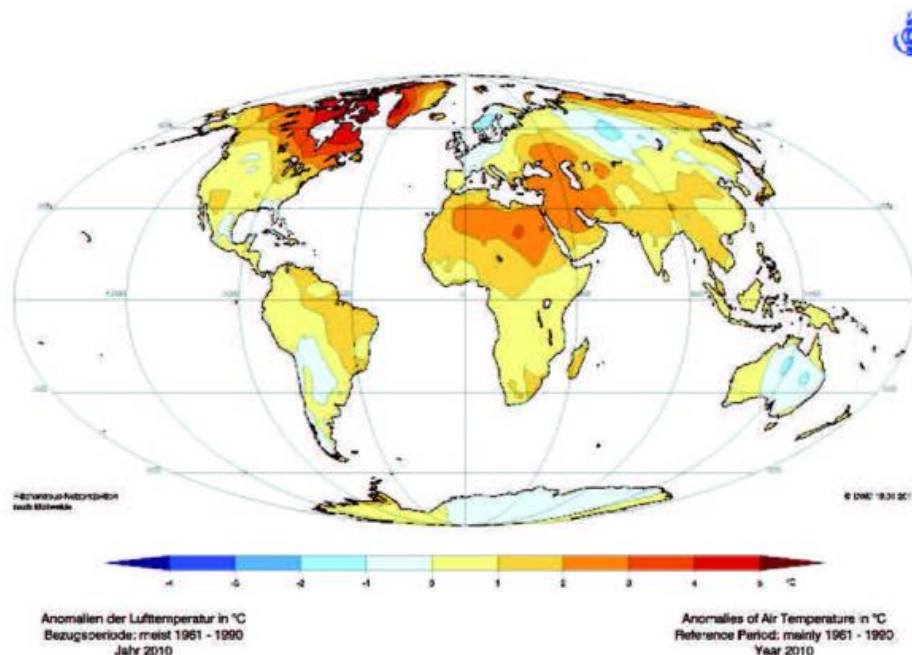


Abb. 1: Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2010 in °C

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

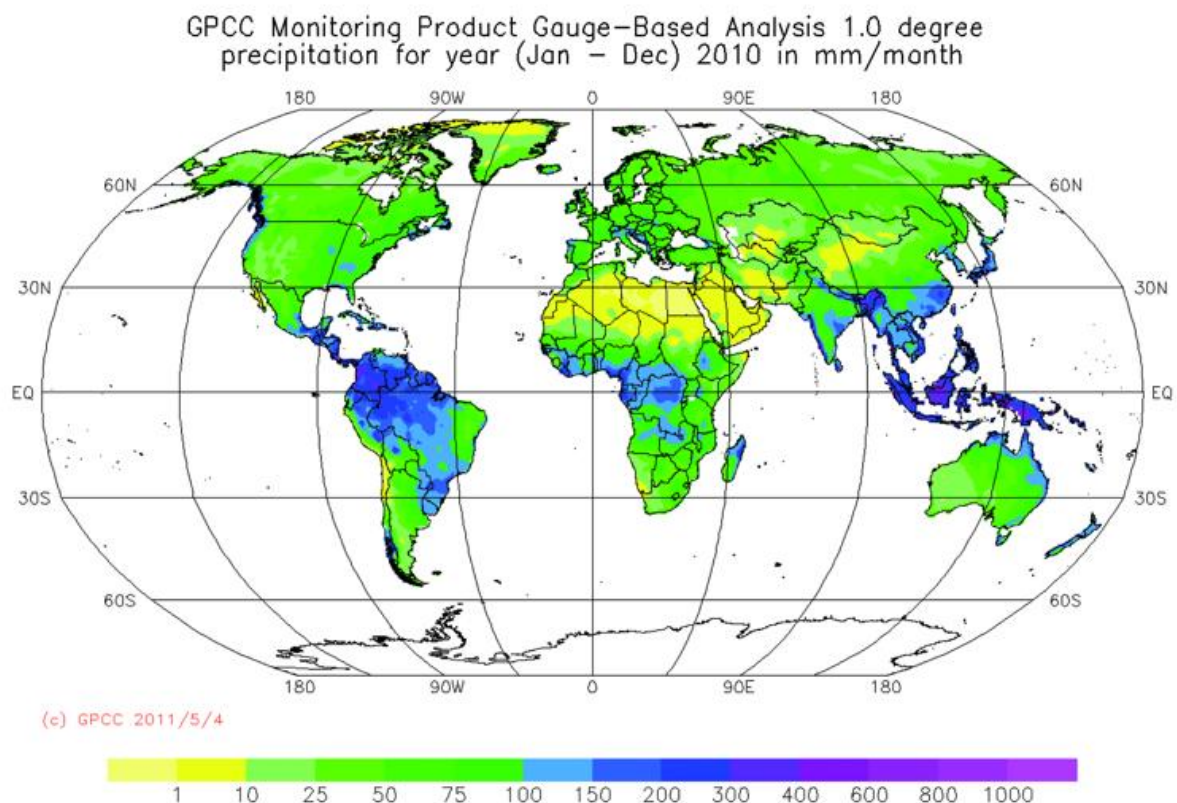


Abb. 2: Globale Verteilung des mittleren Niederschlages des Jahres 2010 in mm pro Monat

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-

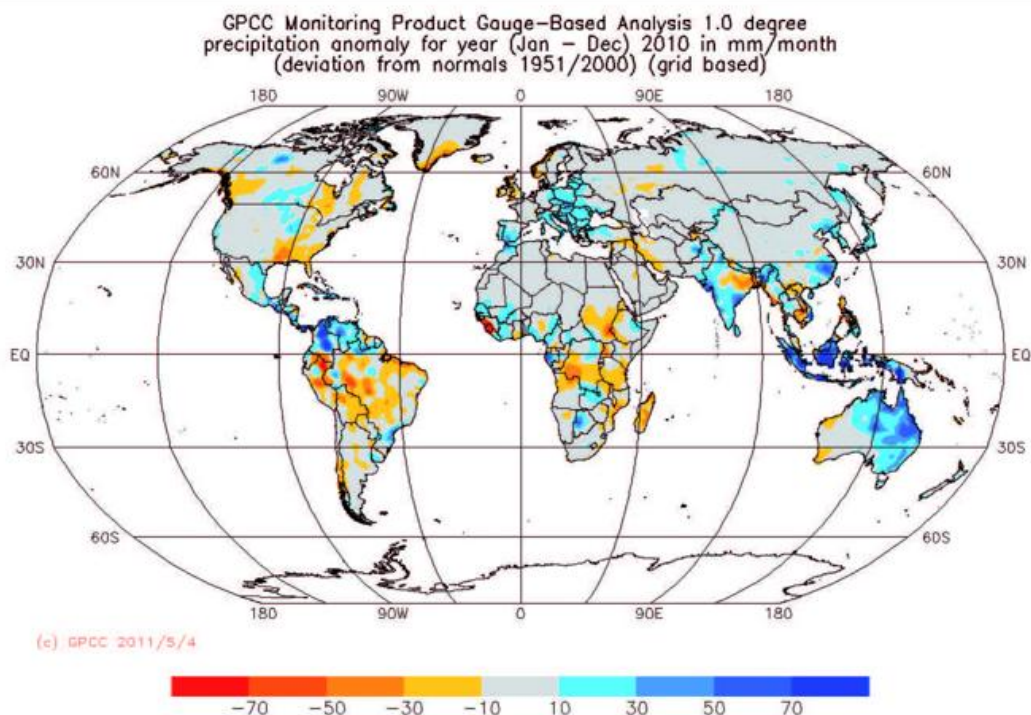


Abb. 3: Globale Verteilung der mittleren absoluten Niederschlagsanomalie des Jahres 2010 gegenüber der WZN Niederschlagsklimatologie 1951-2000

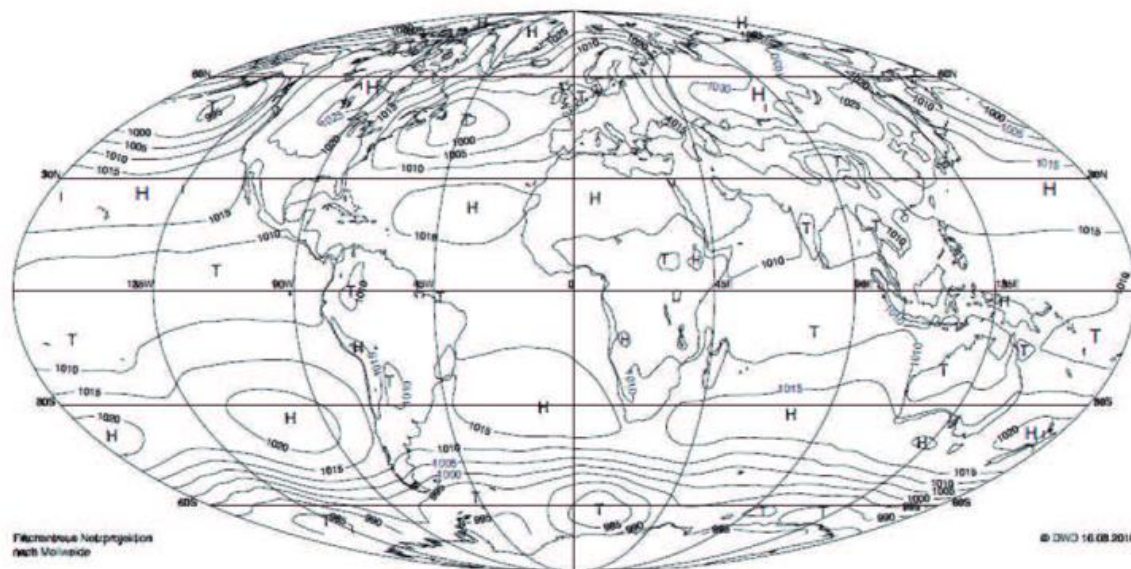
zeichnet, wobei Ungarn das nasseste Jahr seit 1901 registrierte. Aber auch im Westen und Süden der Iberischen Halbinsel, in Westafrika südlich der Sahara und im Nordwesten Südamerikas fielen mehr als 150 % des üblichen Niederschlags mit Überschwemmungen als Folge dieser zeitweise hohen Niederschläge.

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 $26,0\text{ °C}$ um $7,9\text{ K}$ über dem Mittelwert ($18,1\text{ °C}$) 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 $38,2\text{ °C}$ 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

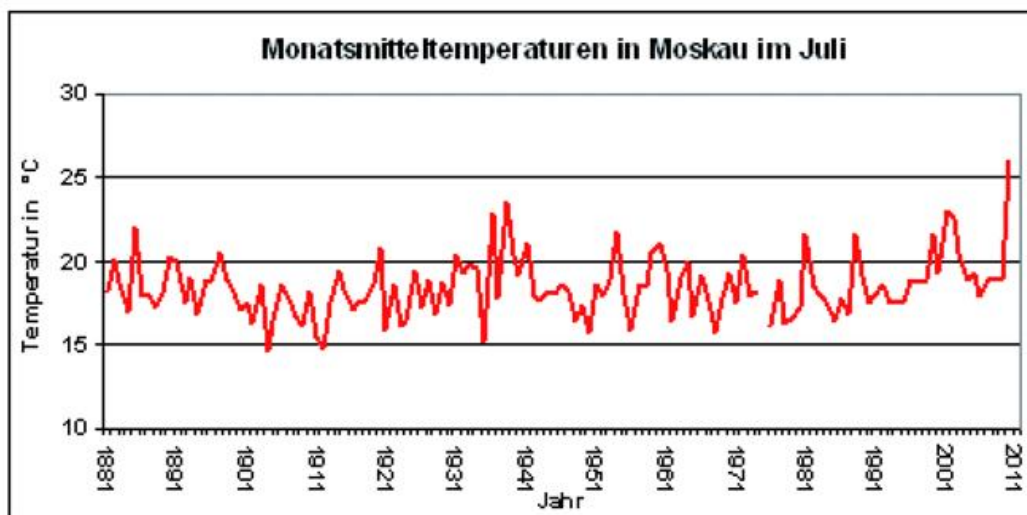


Abb. 5: Verlauf der Monatsmitteltemperatur in Moskau im Juli

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 trocken. 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

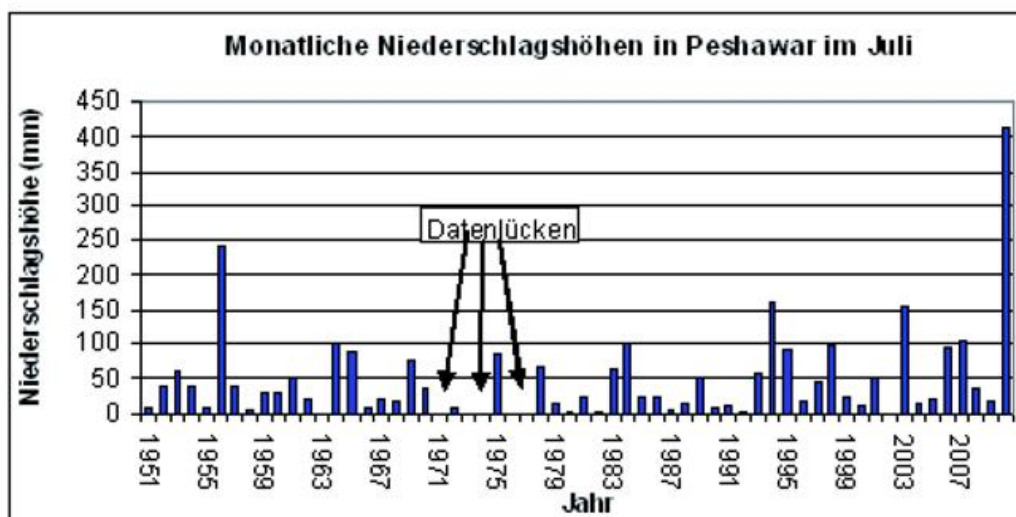


Abb. 6: Verlauf der monatlichen Niederschlagshöhe in Peschawar im Juli

fürte zu Überschwemmungen und Erdbeben 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 Erdbeben 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 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 Eisbedeckung 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.

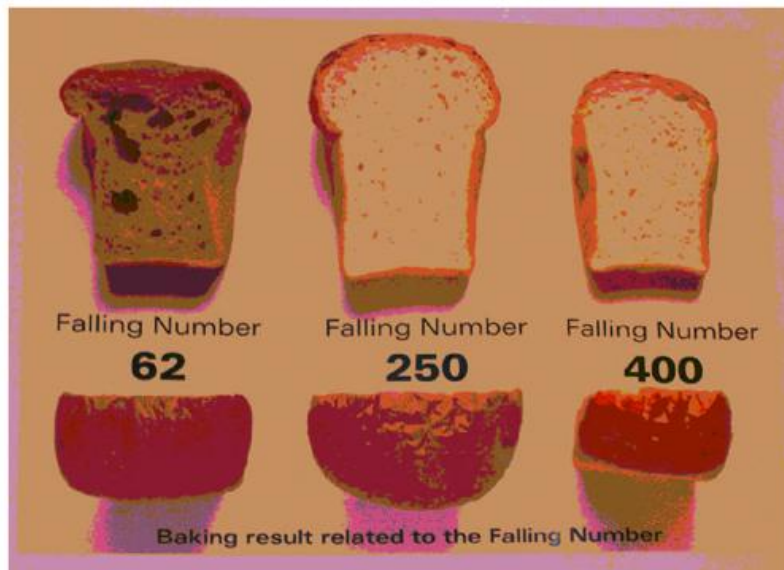


Abb. 2: eingeschränkte Backfähigkeit, Bildquelle: www.lamilanaise.com/photos/falling_number.jpg

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 Auswuchsfestigkeit, 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. Weißenstephan

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 Getreide 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 Preisunterschied 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 Technische Universität (Cottbus)
CCL	Commission on Climatology (der WMO)
CEC	Climate and Environment Consulting GmbH Potsdam
CLM	Climate Local Modell
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
COSMO-LM	Consortium 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	Evapotranspiration 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 Standardisation Organisation
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 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	
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