



# Klimastatusbericht 2016

- **Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitorings**
- **Das phänologische Jahr in Deutschland betrachtet von 1997 bis 2016**
- **50 Jahre Beobachtung heimkehrender Zugvögel im Vogtland**
- **Das Deutsche Klimabeobachtungssystem GCOS**
- **Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 21. Jahrhundert**

**Herausgeber und Verlag:**

Deutscher Wetterdienst  
Frankfurter Str. 135  
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65  
63004 Offenbach

**Redaktion:**

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

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

**Der Klimastatusbericht im Internet:**

[www.ksb.dwd.de](http://www.ksb.dwd.de)

**ISSN 1437 - 7691**  
**ISSN 1616 - 5063 (Internet)**

Titelbild: Baumblüte, Vogelzug (Quelle: K. Friedrich); Hochwasser (Quelle: DWD)

**Urheberrecht**

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

## Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

global gesehen war das Jahr 2016 das bisher wärmste Jahr seit dem Beginn der flächendeckenden Wetteraufzeichnungen. Auch in Deutschland wurde wieder ein sehr warmes Jahr beobachtet. Das Jahr 2016 belegte den Platz 8 in der Rangfolge der wärmsten Jahre seit 1881, den es sich aber mit den Jahren 1934, 1989, 1990, 1999, 2006 und 2008 teilen musste. Außergewöhnlich war im Jahr 2016 vor allem die Witterungsperiode von Ende Mai bis Anfang Juni. In dieser Zeit kam es durch stationäre Niederschlagsereignisse zu extremen lokalen Hochwassersituationen. Die Orte Braunsbach und Simbach/Inn werden dabei in Erinnerung bleiben. Im September ging der Sommer in die Verlängerung und brachte uns einen der wärmsten Septembermonate sein Beginn der flächendeckenden Wetterbeobachtung.

Weitere Ergebnisse der Klimaüberwachung, der Agrarmeteorologie und der Ozonbeobachtungen in Deutschland sowie ein Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten“.

In diesem Klimastatusbericht werden auch wieder mehrere Sonderthemen beleuchtet. Neben der Betrachtung des phänologischen Jahres für den Zeitraum 1997-2016 aus Sicht der Pflanzenentwicklung wird auch auf die Entwicklung der Ankunftsstermine von Zugvögeln in den zurückliegenden 50 Jahren geblickt.

Außerdem werden in einer umfangreichen Tabelle die Extremereignisse seit dem Jahr 2001 in Deutschland dokumentiert. Und kurz werden die Aufgaben des Deutschen Klimabeobachtungssystems, dem deutschen Beitrag zu dem Global Climate Observing System (GCOS), genannt.

Freuen Sie sich also auf einen interessanten Klimastatusbericht, der dieses Jahr bereits in der 20. Ausgabe erscheint.

Ihr

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'K. J. Schreiber', written in a cursive style.

Klaus-Jürgen Schreiber  
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>Die Witterung in Deutschland 2016</b>	<b>5</b>
<b>Extremwertkarte</b>	<b>18</b>
<b>Das Strahlungsjahr 2016</b>	<b>19</b>
<b>Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2016</b>	<b>20</b>
<b>Objektive Wetterlagenklassen 2016</b>	<b>25</b>
<b>Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2016</b>	<b>32</b>
<b>Wetterrückblick Wein 2016</b>	<b>48</b>
<b>Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre</b>	<b>50</b>
<b>Ozon in der Stratosphäre</b>	<b>56</b>
<b>Rückblick auf das Klima in Europa im Jahr 2016</b>	<b>59</b>
<b>Das Klima 2016 im globalen Maßstab</b>	<b>83</b>
<b>Das phänologische Jahr in Deutschland betrachtet von 1997 bis 2016</b>	<b>89</b>
<b>50 Jahre Beobachtung heimkehrender Zugvögel im Vogtland</b>	<b>91</b>
<b>Das Deutsche Klimabeobachtungssystem GCOS</b>	<b>99</b>
<b>Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 21. Jahrhundert</b>	<b>100</b>
<b>Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen</b>	<b>112</b>
<b>Autorenverzeichnis</b>	<b>113</b>

## Die Witterung in Deutschland 2016

K. Friedrich, F. Imbery

Mit einer Mitteltemperatur von 9,5°C war das Jahr 2016 wieder ein sehr warmes Jahr. Die Jahre 1934, 1989, 1990, 1999, 2006 und 2008 erreichten die gleiche Mitteltemperatur und belegen somit die Plätze 8 bis 14. Damit ergibt sich gegenüber der international gültigen Klimareferenzperiode 1961-1990 eine Abweichung von +1,3 K. Das Jahr begann recht mild. Der Januar war +1,5 K zu warm, der Februar sogar +2,9 K. Die folgenden Monate waren wärmer als normal, blieben aber unter +2 K Abweichung. Der Monat September erreichte eine Anomalie von +3,6 K. Der Oktober und der November waren etwas kühler als normal, der Dezember wieder etwas wärmer. Zusammen mit dem Dezember 2015 war der Winter 2015/2016 extrem mild. Richtiger Hochsommer stellte sich erst im letzten Augustdrittel ein und reichte bis Mitte September. Die erste Novemberhälfte war recht frostig. Winterliche Witterung konnte sich aber auch im Dezember nicht durchsetzen.

Im Vergleich zu 1961-1990 waren insgesamt 10 Monate des Jahres zu warm und nur 2 zu kalt (Oktober und November).

Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr als Ganzes gesehen zu trocken. Mit 733,1 mm erreichte es 92,9 % der vieljährigen Mittelwerte und war damit im Vergleich zur Bezugsperiode um -55,8 mm zu trocken. Als 92.-nassestes oder 45.-trockenstes Jahr seit 1881 und als 80.-nassestes oder 37.-trockenstes seit 1901 ordnet es sich in die zu trockenen Jahre der Klimazeitreihen ein. Damit waren die letzten 6 Jahre trockener als im vieljährigen Mittel.

Bei der Betrachtung der Einzelmonate sind erhebliche Unterschiede erkennbar. 8 Monate waren trockener und entsprechend 4 Monate nasser als normal. Im Juni wurden die meisten Niederschläge beobachtet. Mit 115,5 mm wurde das Niederschlagssoll um +36,5 % übertroffen. Der trockenste Monat war der Dezember mit lediglich 26,5 mm und einem Niederschlagsdefizit von -62,3 %. Nur der Januar, der Februar und der Juni waren deutlich feuchter als normal. Die Monate März, August, September und Dezember waren deutlich zu trocken.

Insgesamt brachte das Jahr 2016 im Deutschlandmittel 1607,4 Sonnenstunden und lag damit geringfügig über dem vieljährigen Mittelwert. Der Überschuss betrug +63,4 Stunden oder +4,1 % gegenüber der internationalen Referenzperiode. Damit ordnet sich das Jahr als 31.-sonnenscheinreichstes Jahr seit 1951 in die vorliegende Klimazeitreihe ein.

Der höchste Sonnenscheinüberschuss wurde mit +69,7 % im Dezember beobachtet, eine Abweichung von +26,5 Stunden. Im Oktober schien die Sonne nur an 61,4 Stunden, dies entspricht einem Defizit von -43,4 %. Nach den Monaten August und Mai war der September mit 215,2 Stunden der 3.-sonnenscheinreichste Monat des Jahres 2016.

Das Thermopluviogramm (Abb. 1) zeigt Abweichungen der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2016 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Flächenmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Flächenmittel vom klimatologischen Flächenwert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen Flächenmittels der Niederschlagshöhe im Verhältnis zum vieljährigen Flächenmittel in Prozent [%].

Für den Winter werden der Dezember des zurückliegenden Jahres und die Monate Januar und Februar des gezeigten Jahres betrachtet. In der Abb. 1 wird deutlich, wie warm vor allem der Winter und der Sommer und damit das Jahr 2016 waren. Nur der Oktober und der November waren kälter als normal.

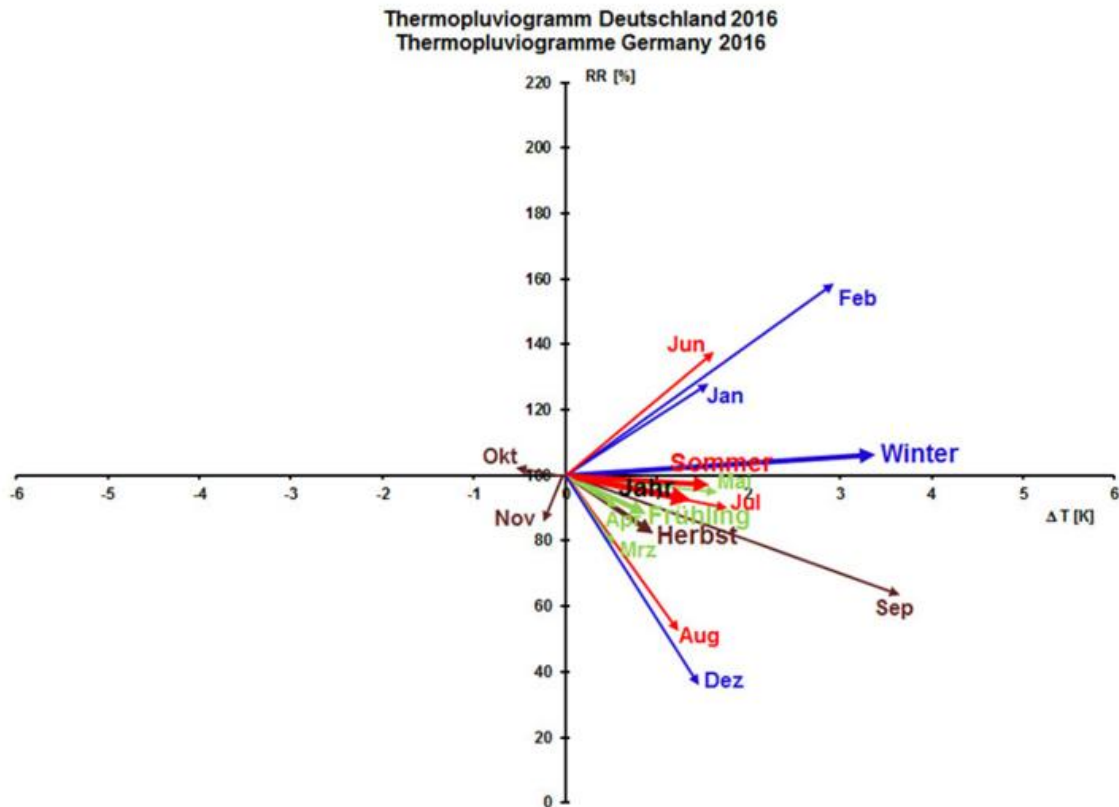


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2016 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Der Nordosten Deutschlands lag Anfang des Monats **Januar 2016** im Einfluss trockener und kalter Luft aus Skandinavien und Russland, während der Südwesten noch durch feucht-warme mediterrane Luftmassen beeinflusst wurde. Mitte Januar herrschte dann in ganz Deutschland winterliches Wetter mit verbreitetem Dauerfrost. Im letzten Drittel herrschten aufgrund einer südwestlichen Strömung wieder in ganz Deutschland milde Temperaturen. Damit begann nach dem sehr milden Dezember 2015 auch 2016 mit einer positiven Temperaturanomalie mit überdurchschnittlich vielen Niederschlägen und einer durchschnittlichen Anzahl an Sonnenstunden.

Milde Luftmassen prägten die erste Monatshälfte des Monats **Februar 2016**. Erst ab der Monatsmitte konnten für kurze Zeit gebietsweise typische Februartemperaturen beobachtet werden. An eine darauf folgende sehr milde Phase schloss sich zum Monatsende wieder eine etwas kühlere Phase mit monatstypischen Temperaturen an. Immer wieder wurden im Monatsverlauf Niederschläge beobachtet. Insgesamt führte die Niederschlagssumme zu einem deutlichen Überschuss. Trotz einiger recht sonniger Tage am Monatsende konnte das Sonnenscheinsoll nicht erreicht werden.

Der extrem milde Dezember und der sehr milde Februar führten insgesamt zu einem sehr milden **Winter 2015/16**. Über den Jahreswechsel fielen die Tempe-

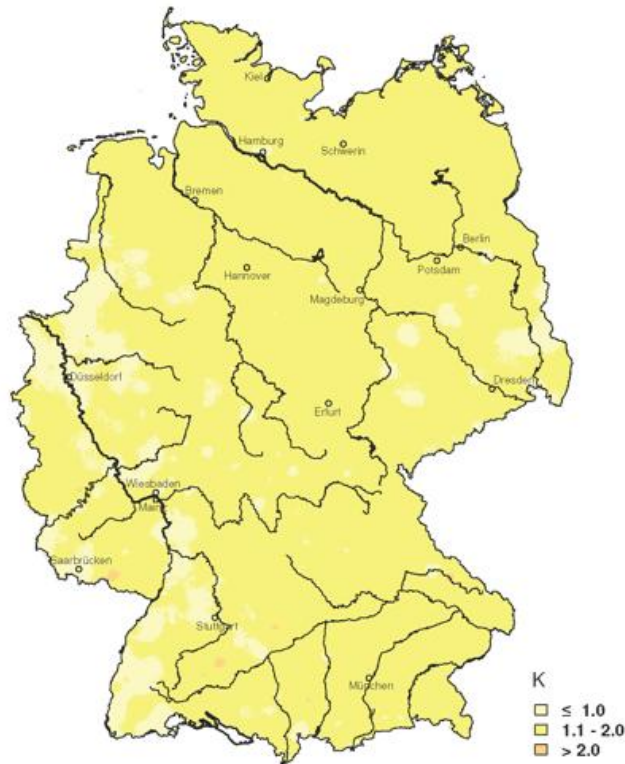
raturen im Nordosten deutlich unter die vieljährigen Mittelwerte und Mitte Januar über etwa eine Woche in ganz Deutschland. Ende Februar erreichten die Temperaturen jahreszeitlich typische Werte. Sonst wurden deutlich zu warme Temperaturen beobachtet.

Der Dezember war zu trocken. Im Januar und Februar wurden überdurchschnittliche Niederschlagsmengen beobachtet. Aufgrund der hohen Temperaturen fiel allerdings selten Schnee bzw. blieb er auch in höheren Lagen nicht lange liegen. Der Dezember war der sonnenscheinreichste Wintermonat. Die Summe der Sonnenscheinstunden blieb im Februar unter dem vieljährigen Mittel.

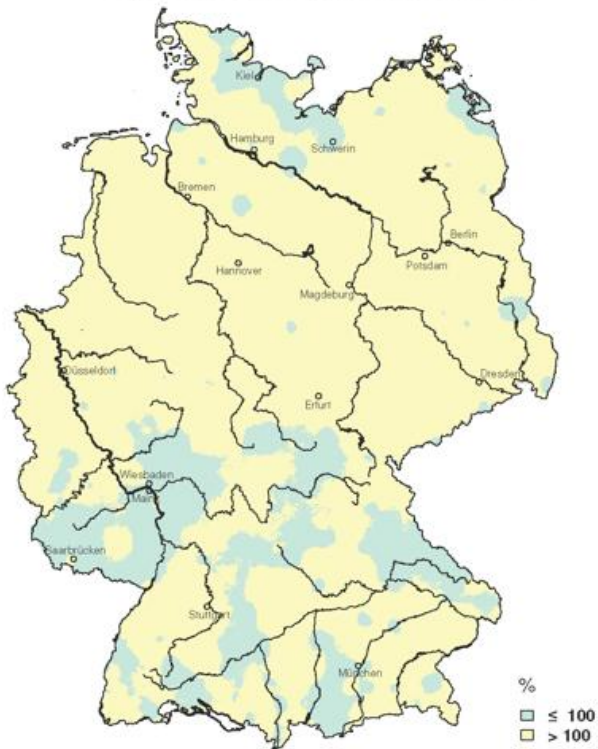
Kühlere Luftmassen prägten die erste Hälfte des Monats **März 2016** in den meisten Teilen Deutschlands. Erst zum Monatsende stiegen die Temperaturen deutlich an und führten dazu, dass die Monatsmitteltemperatur die vieljährigen Mittelwerte überstieg. Trotz der deutschlandweiten geringeren Niederschläge konnte die mittlere Sonnenscheindauer nicht erreicht werden. Nur in der Mitte Deutschlands wurde die vieljährige Monatssumme der Niederschläge übertroffen. In Nord- und Süddeutschland gab es Gebiete, in denen nur 50 % der vieljährigen Niederschlagssumme beobachtet wurde. Im Nord- und Südwesten lag die monatliche Sonnenscheindauer über den Normalwerten.

Trotz regional zum Teil starker Abweichungen war der **April 2016** im Mittel ein sehr durchschnittlicher Monat. So lag die Monatsmitteltemperatur für ganz Deutschland im Mittelfeld der langjährigen Rangfolge der Aprilmonate.

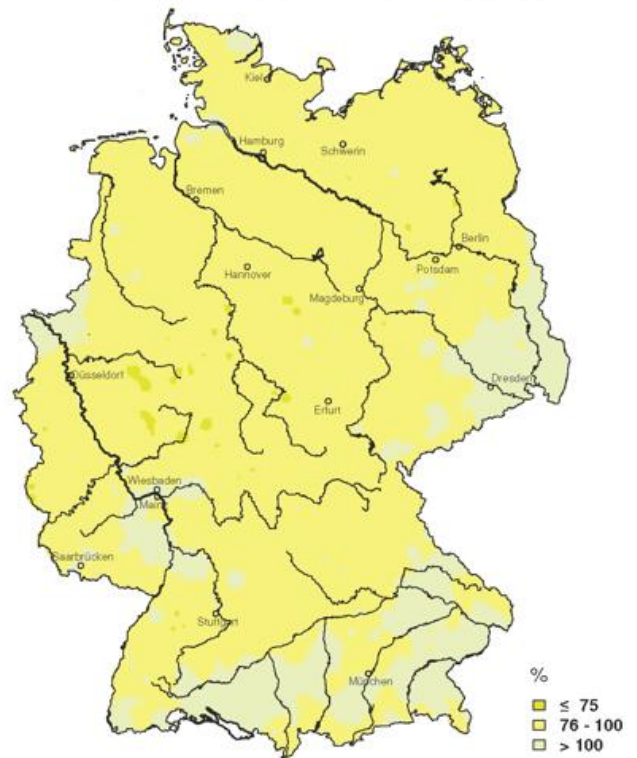
**Temperaturabweichung Jahr 2016  
vom vieljährigen Mittel 1961-1990  
Temperature Anomaly Year 2016**



**Sonnenscheindauer Jahr 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Sunshine Year 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**

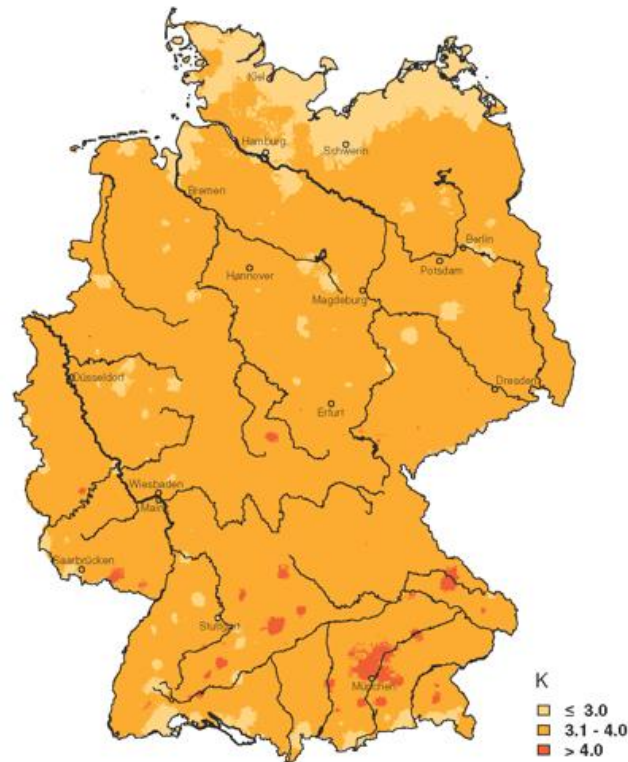


**Niederschlagshöhe Jahr 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Precipitation Year 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**

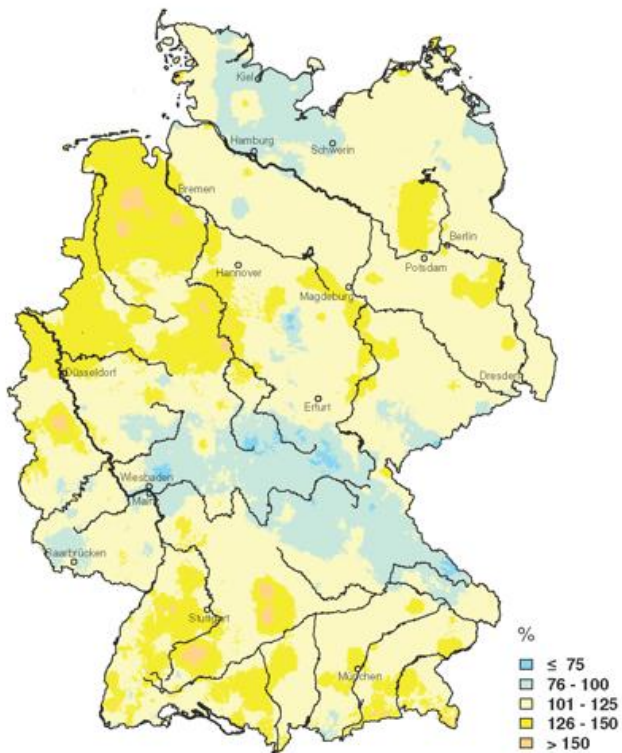


**Abb. 2:** Jahresabweichung 2016 vom vieljährigen Mittel 1961-1990

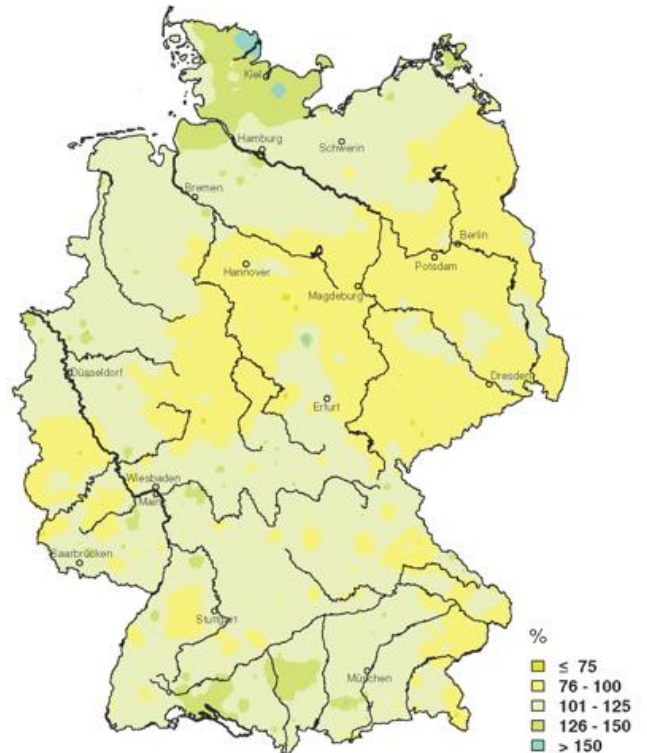
**Temperaturabweichung Winter 2015/16  
vom vieljährigen Mittel 1961-1990  
Temperature Anomaly Winter 2015/16**



**Sonnenscheindauer Winter 2015/16  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Sunshine Winter 2015/16  
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Winter 2015/16  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Precipitation Winter 2015/16  
in percent of the long-term mean 1961-1990**



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

Allerdings prägten kühle polare Luftmassen die dritte Monatsdekade in den meisten Teilen Deutschlands. Auch die Niederschlagssummen waren für ganz Deutschland eher durchschnittlich, mit einem prägnanten Niederschlagsüberschuss im Südwesten und Niederschlagsdefiziten im Osten. Dementsprechend wenige Sonnenstunden gab es im Süden und überdurchschnittlich viele Sonnenstunden im Osten und Nordosten.

Einem warmen Monatsstart in den **Mai 2016** folgte ein deutlicher Temperatureinbruch zur Monatsmitte pünktlich zu den Eisheiligen. In der Mitte der dritten Monatsdekade lagen die Tagesmitteltemperaturen gebietsweise nochmals unter den vieljährigen Mittelwerten. Insgesamt war der Mai aber deutlich zu warm. Die höchsten Anomalien wurden im Norden mit über +2 K beobachtet. Im Süden lagen die Mittelwerte etwas über dem vieljährigen Mittel, nur im Südwesten darunter. Bis zur Mitte der dritten Monatsdekade war der Mai sehr trocken. Starke Schauer und Gewitter zogen ab Fronleichnam besonders über den Süden Deutschlands und führten meist kleinräumig zu erheblichen Überschwemmungen. Nördlich der Mainlinie blieb die Niederschlagssumme meist unter dem Monatsoll. Im Nordosten fielen weniger als 25 mm. Dafür wurden in dieser Region die meisten Sonnenstunden beobachtet.

Alle drei **Frühlingsmonate 2016** waren wärmer und trockener. Die größte Temperaturanomalie wurde im Mai beobachtet, März und April lagen nur leicht über dem vieljährigen Mittelwert. Die Niederschlagssummen der Einzelmonate lagen etwas unter dem vieljährigem Mittel, der März war der trockenste Monat der drei Frühlingsmonate. Der Mai brachte die höchste Anzahl an Sonnenscheinstunden und hatte auch einen Überschuss als Einzelmonat. Im März wurden die wenigsten Sonnenstunden beobachtet, aber nicht nur weil er sein Monatsoll nicht erreichte.

Mit regional zum Teil ausgeprägten Abweichungen war der **Juni 2016** ein zu warmer Monat. So lag die Monatsmitteltemperatur für ganz Deutschland im Mittelfeld der langjährigen Rangfolge der Junimonate. Insbesondere der Nordosten des Landes wies zum Teil starke positive Temperaturanomalien auf. Mit markanten Stark- und Extremniederschlagsereignissen in vielen westlichen und südlichen Regionen Deutschlands lag die mittlere Niederschlagssumme im Juni 2016 in Deutschland über dem vieljährigen Mittel. Dies trotz trockener Bedingungen in einem breiten Streifen von München über Nürnberg, Erfurt, Magdeburg, Berlin nach Stralsund. Demensprechend wenige Sonnenstunden gab es im Süden und Westen und überdurchschnittlich viele Sonnenstunden im Osten und Nordosten.

Mit regional nur geringfügigen Abweichungen war der **Juli 2016** zwischen +1 und +2 K zu warm. Der Monat begann meist etwas kühler als normal und hatte zu Beginn der zweiten Monatsdekade unterdurchschnittliche Temperaturen. Sonst lagen die Tagesmitteltemperaturen

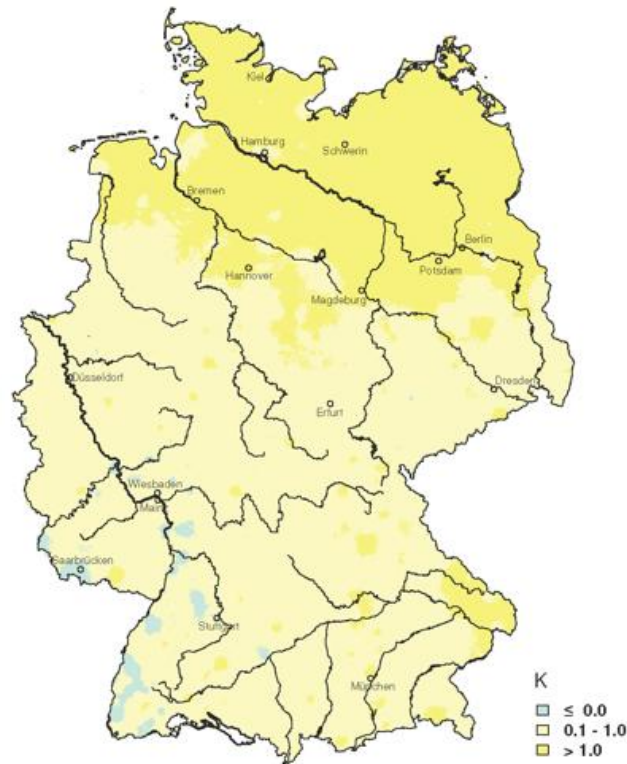
über dem vieljährigen Mittel. In den kühleren Phasen wurden meist Niederschläge beobachtet. In der Summe blieb aber die Niederschlagsmenge des Julis für ganz Deutschland unter dem vieljährigen Mittel. Dabei ergaben sich räumlich starke Unterschiede. Während der Juli besonders im Westen deutlich zu trocken ausfiel (teilweise unter 50 % der normalen Niederschlagsmenge) erreichte die Niederschlagssumme in Teilen Bayerns und im Osten Deutschlands Abweichungen von 150 %. Die Anzahl der Sonnenstunden blieb fast in ganz Deutschland unter dem vieljährigen Mittel. Nur im Süden Deutschlands, in Teilen von Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen überschritt die Summe der Sonnenscheinstunden in größeren Gebieten das vieljährige Mittel. Insgesamt blieb aber die Anzahl der Sonnenstunden unter dem vieljährigen Wert.

Die **Augusttemperatur 2016** lag im landesweiten Mittel mit +1,2 K über dem vieljährigen Mittelwert. Dies lag unter anderem an einer für Ende August ausgesprochen intensiven Hitzeperiode mit Höchsttemperaturen bis zu 37,9°C. Dabei war der August ausgesprochen trocken. Das Flächenmittel der Niederschläge erreichte in diesem Monat nur ca. 60 % der vieljährigen Niederschlagssummen. Die Sonnenscheindauer stieg dank des sehr sonnigen Monatsendes verbreitet auf bis zu 130 % der mittleren Sonnenscheindauer für diesen Monat.

Im **Sommer 2016** folgte einem etwas zu warmen Juni mit zum Teil extremen Starkniederschlagsereignissen im Süden und im Westen ein unauffälliger Juli mit durchschnittlichen Temperatur- und Niederschlagswerten. Der August war im Mittel ebenfalls nur leicht zu warm mit einem ausgeprägten Niederschlagsdefizit. Somit war der Sommer 2016 insgesamt etwas zu warm. Es ergab sich über die Sommermonate ein geringes Niederschlagsdefizit und eine mittlere Anzahl an Sonnenscheinstunden.

Der **September 2016** war ein ausgesprochen warmer, trockener und sonnenscheinreicher Herbstbeginn (meteorologischer Herbst: September bis November). Zusammen mit 2006 war es der bisher wärmste Septembermonat seit dem Beginn der flächendeckenden Messung im Jahr 1881. Zwischen 9. und 15. September kehrte deutschlandweit der Sommer zurück. Oft wurden sogar Heiße Tage ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) beobachtet. Nach einer kühleren Phase kletterten die Temperaturen im letzten Monatsdrittel erneut auf gebietsweise sommerliche Temperaturen ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ). Größere Niederschlagsmengen fielen nur am 4./5. September und in der kühleren Phase zwischen 16. und 20. September. Das nun schon über 3 Monate andauernde Niederschlagsdefizit führte vor allem im Norden und Westen zu sehr geringen Bodenfeuchten. Dafür hatte die Sonne oft die Gelegenheit zu scheinen. Fast deutschlandweit konnten zwischen 25 und 50 % mehr Sonnenscheinstunden beobachtet werden.

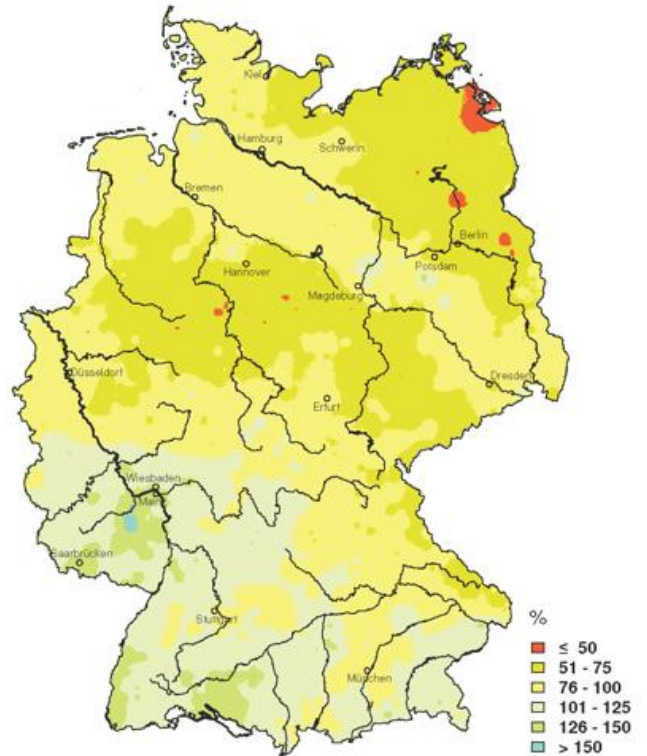
**Temperaturabweichung Frühling 2016  
vom vieljährigen Mittel 1961-1990  
Temperature Anomaly Spring 2016**



**Sonnenscheindauer Frühling 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Sunshine Spring 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**

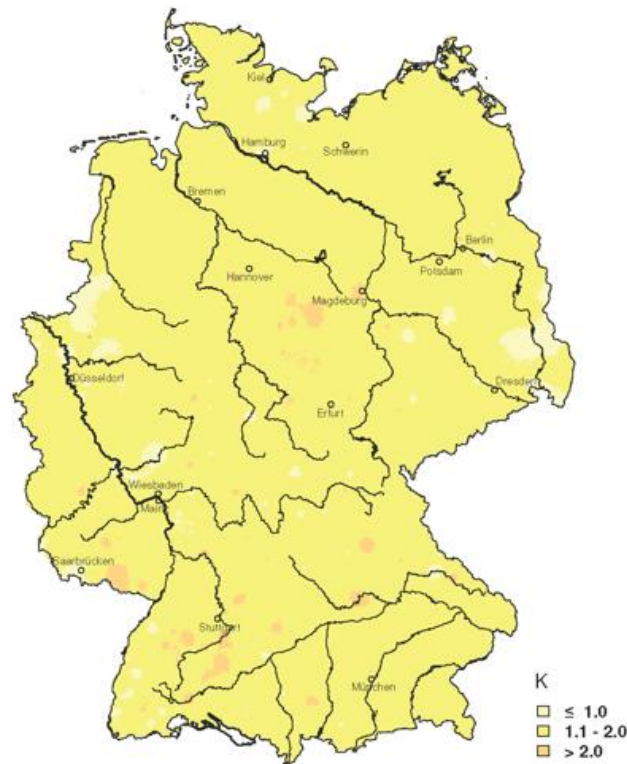


**Niederschlagshöhe Frühling 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Precipitation Spring 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**



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

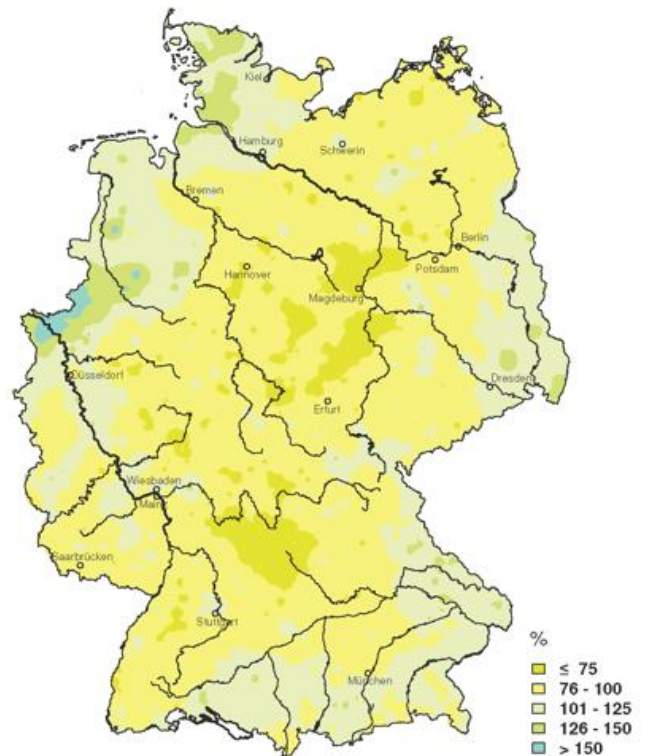
**Temperaturabweichung Sommer 2016  
vom vieljährigen Mittel 1961-1990  
Temperature Anomaly Summer 2016**



**Sonnenscheindauer Sommer 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Sunshine Summer 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Sommer 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Precipitation Summer 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**



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

Der **Oktober 2016** war ein zu kühler Herbstmonat. Bei relativ trüben Bedingungen lag der Mittelwert der Lufttemperatur unter dem vieljährigen Mittel. Die Niederschlagssumme lag im Bereich der vieljährigen Mittelwerte, allerdings mit zum Teil deutlichen regionalen Über- und Unterschreitungen. In Teilen von Nordrhein-Westfalen und Brandenburg betrug die negative Abweichung unter -1 K im Vergleich zum vieljährigen Mittel. Temperaturen über dem vieljährigen Mittel gab es nur vereinzelt in Bayern, Hessen und in den Küstenregionen. Besonders starke Niederschlagsüberschüsse wiesen Teile von Niedersachsen, Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern auf, während an der Nordseeküste und dem westlichen Rheinland-Pfalz zum Teil nur 50 % der langjährigen Niederschlagssummen erreicht wurde.

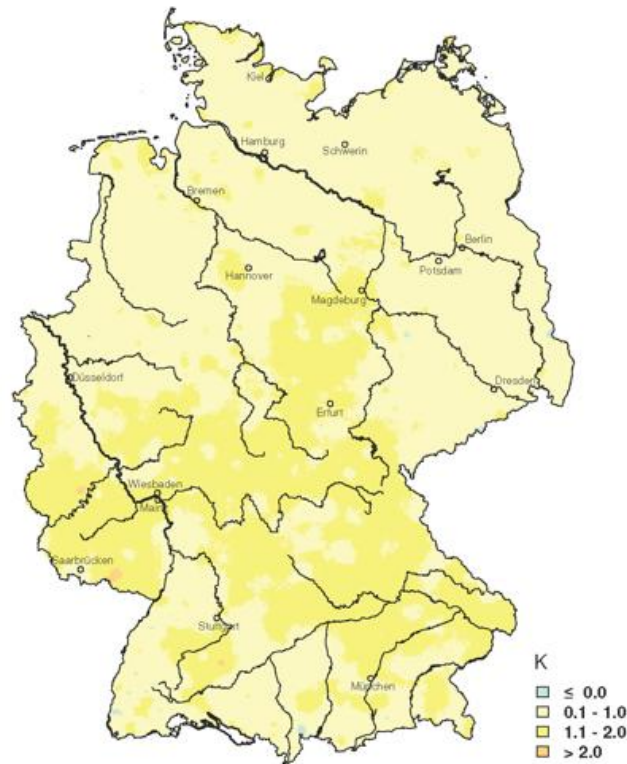
Der **November 2016** war ein leicht zu kühler Herbstmonat. Sowohl die erste Monatshälfte wie auch die letzten Novembertage waren deutlich zu kühl, während ab Mitte des Monats milde Temperaturen vorherrschten. Bei relativ durchschnittlichen Sonnenscheinstunden lag der Mittelwert der Lufttemperatur unter dem vieljährigen Mittel. Die Niederschlagssumme lag leicht unter den vieljährigen Mittelwerten. In Teilen von Niedersachsen und Schleswig-Holstein betrug die negative Abweichung unter -1 K. Die Niederschlagssumme im Monat November lag damit im mittleren Bereich der bisher für November beobachteten Niederschläge.

Während der September 2016 bedeutend wärmer als der vieljährige Mittelwert war, lagen der Oktober und November dieses Jahres unter den vieljährigen Mittelwerten. Daraus resultierte deutschlandweit für den gesamten **Herbst 2016** nur eine leichte positive Abweichung. Dabei lag die deutschlandweite Niederschlagssumme unter den üblichen Werten, die Sonnenscheindauer leicht über den langjährigen Strahlungswerten, allerdings mit hoher zeitlicher Variabilität. Während der September einen hohen Überschuss an Sonnenstunden erlebte, war der Oktober deutlich zu trüb. Der November wies eine durchschnittliche Anzahl an Sonnenstunden auf. Somit liegt der Herbst 2016 in der oberen Hälfte der Rangfolge der Sonnenscheindauer seit 1951.

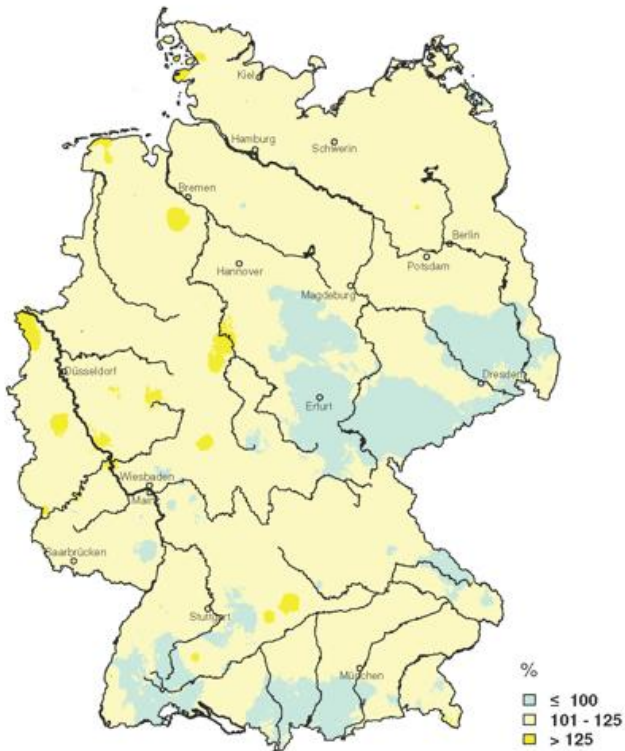
Der **Dezember 2016** war ein milder, ausgesprochen trockener und sonnenscheinreicher Winterbeginn (meteorologischer Winter: Dezember bis Februar). Nach einem recht kühlen Start brachte eine südwestliche Strömung milde und meist trockene Luft nach Deutschland. In der Monatsmitte bewegten sich die Temperaturen auf einem für die Jahreszeit typischen Niveau. Um die Weihnachtsfeiertage war es wieder recht mild. Zum Jahresende fielen die Temperaturen auf normale bzw. leicht unterdurchschnittliche Werte. Im Norden wurden Temperaturanomalien von über +2 K beobachtet. Nur im Oberrheingraben und im Saarland blieben die Temperaturen unter den vieljährigen Mittelwerten. Südwestlich der

Elbe war es deutlich zu trocken. In Baden-Württemberg, dem südlichen Rheinland-Pfalz und Hessen und weiten Teilen Bayerns wurden weniger als 10 mm Niederschlag beobachtet. Auf Grund der teilweise milden Temperaturen und der Niederschlagsarmut konnte sich in den Hochlagen der Mittelgebirge bzw. der Alpen noch keine nennenswerte Schneedecke ausbilden. Hochdruckeinfluss und ausgeprägte Inversionslagen führten zu vielen Sonnenstunden in den höheren Lagen.

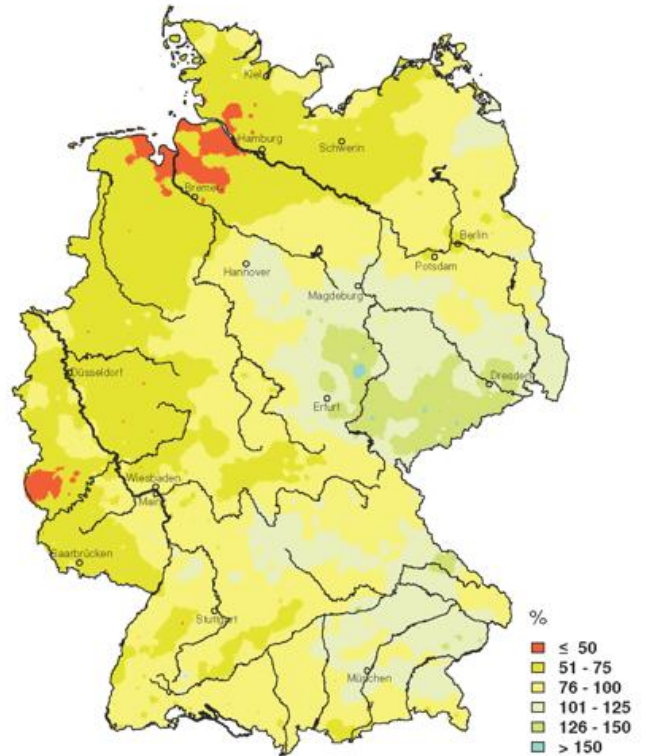
**Temperaturabweichung Herbst 2016  
vom vieljährigen Mittel 1961-1990  
Temperature Anomaly Autumn 2016**



**Sonnenscheindauer Herbst 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Sunshine Autumn 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Herbst 2016  
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990  
Precipitation Autumn 2016  
in percent of the long-term mean 1961-1990**



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

In den Tab. 1-4 sind die Anzahl der Tage, an denen bestimmte klimatische Bedingungen herrschten, die Gebietsmittelwerte der Temperatur, der Niederschlagshöhe und der Sonnenscheindauer für die deutschen Bundesländer in den einzelnen Monaten, sowie in den meteorologischen Jahreszeiten und im gesamten Jahr zusammengestellt. Dabei ist jeweils der aktuelle Wert zusammen mit der Abweichung vom Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990 angegeben.

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich Charakteristika des Jahres wieder. Die Anzahl der Eistage (Temperaturmaximum < 0°C) ist deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Die Anzahl der Frosttage (Temperaturminimum < 0°C) liegt etwas unter dem vieljährigen Mittel. Die Wintermonate Januar und Februar waren vergleichsweise mild. Zwar fiel die Minimumtemperatur in diesen Monaten oft unter die Null-Grad-Marke, aber die Maximumtemperatur blieb meist darüber. In Thüringen und Bayern wurden die meisten Eistage beobachtet. Über ganz Deutschland wurden aber nur etwa 50 % der sonst üblichen Eistage registriert. Die Anzahl der beobachteten Frosttage lag bei etwa 90 % des vieljährigen Mittels. Der milde Winter ist auch an der geringen

Anzahl von Schneedeckentagen zu erkennen. Hier wurden weniger als die Hälfte der sonst üblichen Anzahl von Schneedeckentagen registriert. Die späte Hitzeperiode ab Mitte August bis in den September führte zu überdurchschnittlich vielen Sommertagen (Temperaturmaximum ≥ 25°C) und Heißen Tagen (Temperaturmaximum ≥ 30°C). Bei den Sommertagen lag die Anzahl bei etwa dem 1,5-fachen. Die Anzahl der Heißen Tage lag Deutschlandweit 2-mal höher als normal.

Die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 10 mm erreichte nur in einigen Bundesländern das vieljährige Mittel. Deutschlandweit blieb die Anzahl der Tage bei etwa 90 %. Auch bei der Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 20 mm und mindestens 30 mm wurden nicht die vieljährigen Mittel erreicht. In vielen Bundesländern wurden keine Tage mit Niederschlag über 30 mm beobachtet. In Bayern und Baden-Württemberg gab es zwar Ende Mai und Anfang Juni Starkniederschlagsereignisse die zu erheblichen Überschwemmungen führten, trotzdem wurde auch in diesen Bundesländern die übliche Anzahl von Tagen mit Niederschlagsmengen über 30 mm nicht erreicht.

Land	Eistage (Maximum unter 0°C)		Frosttage (Minimum unter 0°C)		Sommertage (Maximum mind. 25°C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30°C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit einer Schneedecke	
	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90	2016 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	13,6	66,3	70,8	100,5	33,6	158,3	6,2	200,3	18,3	100,2	3,0	97,4	0,0	0,0	12,3	40,1
Bremen	10,2	56,3	70,4	102,0	36,8	179,9	7,5	267,0	15,2	91,2	2,5	87,5	0,0	0,0	13,5	50,0
Berlin	11,3	46,4	71,1	87,8	62,6	174,1	11,9	169,8	8,7	73,3	1,1	45,0	0,0	0,0	14,0	37,4
Schleswig-Holstein	10,5	49,7	67,2	88,3	25,1	166,9	2,6	164,0	18,2	88,3	3,0	81,2	0,0	0,0	8,9	26,5
Niedersachsen	9,6	46,6	70,9	94,3	38,5	172,6	8,8	270,7	14,8	82,4	3,0	89,0	0,0	0,0	13,3	41,6
Nordrhein-Westfalen	4,9	28,4	65,5	93,0	38,4	153,5	10,3	255,8	19,7	82,8	3,7	73,3	0,0	0,0	9,7	31,2
Rheinland-Pfalz	7,6	35,0	71,2	84,3	44,0	152,1	10,3	206,8	21,6	97,4	4,4	91,1	0,0	0,0	14,2	37,8
Saarland	7,1	37,1	72,9	90,8	46,7	156,4	11,4	237,0	28,8	100,1	6,2	89,9	0,0	0,0	8,4	27,9
Baden-Württemberg	11,3	42,2	93,8	92,4	50,9	163,8	10,1	213,8	28,7	95,4	7,6	92,8	2,1	76,1	27,2	46,4
Hessen	12,4	48,3	81,6	90,8	45,1	162,6	10,7	242,0	16,9	78,9	3,5	75,4	0,1	8,0	15,7	35,6
Bayern	17,5	50,6	101,5	89,2	48,8	165,7	7,7	196,9	26,7	94,5	7,6	99,9	1,7	68,0	30,5	43,0
Mecklenburg-Vorpommern	11,9	45,2	75,3	91,6	35,9	182,1	6,0	229,1	9,1	71,6	1,4	61,5	0,0	0,0	10,9	27,0
Brandenburg	12,3	47,4	81,7	94,0	59,0	170,4	11,3	175,5	9,7	83,2	2,2	96,6	0,0	0,0	13,8	35,4
Sachsen-Anhalt	10,6	42,8	79,6	94,2	57,6	180,8	14,4	248,8	9,5	79,6	2,5	98,1	0,0	4,6	13,8	36,5
Sachsen	14,5	45,8	89,5	94,7	49,5	158,5	8,9	162,0	18,1	104,9	4,3	110,7	1,3	103,8	26,5	48,0
Thüringen	17,2	50,5	90,8	89,1	42,7	166,9	10,0	261,4	15,7	87,1	3,4	89,6	0,3	27,6	24,4	42,3
Deutschland	12,0	45,6	82,8	91,3	45,4	166,1	9,2	218,0	18,9	89,3	4,4	91,1	0,6	44,1	18,8	39,9

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

Mitteltemperatur

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

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

Niederschlagshöhe

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	2016	Proz. von 1961-90	
Hamburg	56,0	94,5	107,0	256,6	35,8	65,1	56,7	114,2	42,8	73,4	119,3	169,9	75,0	97,2	47,0	66,6	31,6	46,4	30,1	50,2	46,2	68,7	56,1	79,7	135,4	83,1	241,3	110,7	105,0	55,3	211,5	121,3	705,7	94,1
Bremen	65,2	109,8	86,5	215,5	36,3	71,4	56,6	118,2	40,9	68,4	117,8	161,0	55,3	73,6	36,5	51,6	29,0	47,2	22,4	38,4	46,5	70,8	35,5	55,5	133,8	84,4	209,6	95,7	99,0	52,8	193,6	117,6	628,7	86,5
Berlin	44,0	103,9	45,8	130,3	26,2	71,2	32,9	81,7	27,1	49,8	73,8	105,6	54,2	101,7	37,2	63,0	15,5	34,0	44,4	127,1	38,5	80,5	47,8	89,6	86,3	65,6	165,2	90,7	99,4	76,7	118,1	90,5	487,6	85,1
Schleswig-Holstein	68,0	105,8	92,0	221,3	34,0	64,6	55,1	112,3	35,8	67,0	109,3	158,5	78,7	98,3	65,4	89,4	45,6	60,5	57,3	78,2	51,3	61,7	50,0	68,3	125,0	80,6	253,5	114,1	154,2	66,5	233,0	128,5	742,6	94,2
Niedersachsen	67,6	109,0	81,2	183,6	37,0	67,6	50,3	96,8	42,7	69,7	115,8	151,6	58,4	80,3	39,8	56,6	26,0	43,3	48,3	86,9	50,5	76,0	35,4	50,6	129,9	77,3	214,0	97,5	124,8	68,6	189,2	106,7	652,9	87,6
Nordrhein-Westfalen	94,9	123,5	95,0	165,2	54,1	76,0	53,1	85,9	49,4	68,7	157,2	186,5	47,8	58,0	45,9	63,0	19,3	28,8	56,2	90,1	71,1	90,4	26,7	30,3	158,6	76,4	250,9	104,8	146,6	70,4	239,3	107,4	770,6	88,1
Rheinland-Pfalz	77,9	116,9	91,4	159,7	68,1	107,2	65,9	115,2	88,1	125,5	137,3	180,2	44,9	62,4	29,6	42,4	22,8	38,1	53,7	84,7	56,3	74,9	10,8	14,2	222,2	116,4	211,8	97,2	132,7	66,9	205,2	102,7	745,9	92,5
Saarland	114,0	132,7	132,4	184,7	93,8	118,6	86,3	135,5	87,6	111,0	145,6	181,1	38,8	53,8	22,0	30,1	28,4	40,9	56,1	73,2	73,3	77,1	10,9	11,1	267,6	120,7	206,5	91,5	157,8	65,4	281,0	110,1	889,2	94,2
Baden-Württemberg	123,1	164,3	95,2	140,4	55,9	79,6	100,4	129,3	121,1	126,7	148,8	139,2	71,0	78,3	51,0	64,1	41,8	59,8	63,0	93,1	77,2	94,3	6,1	7,4	277,4	114,0	270,9	92,8	182,1	83,0	247,5	110,5	854,9	97,5
Hessen	74,9	118,6	80,3	154,3	62,3	101,2	51,0	86,7	66,2	93,9	103,0	128,9	57,8	79,5	32,2	46,3	30,9	53,8	56,1	95,1	58,1	58,1	14,9	19,3	179,6	94,1	193,0	86,9	145,1	77,3	195,4	101,3	687,8	86,7
Bayern	100,1	150,7	83,5	144,1	47,7	76,4	60,5	86,4	109,5	121,2	133,4	119,3	110,2	108,8	70,5	69,6	71,0	98,3	52,3	85,1	70,5	100,6	14,1	18,7	217,6	97,7	314,1	99,9	193,9	95,2	217,0	108,0	923,3	98,2
Mecklenburg-Vorpommern	42,4	93,7	56,9	181,1	26,4	64,3	30,3	72,4	29,1	56,7	64,8	103,5	61,1	93,2	39,5	67,3	15,2	29,9	54,1	128,7	45,4	87,2	52,5	100,8	85,9	64,0	165,5	88,6	114,7	79,1	139,1	106,9	517,9	87,1
Brandenburg	41,2	102,1	47,0	144,3	29,5	81,1	29,5	72,1	34,4	64,0	80,0	124,2	56,4	105,0	35,8	61,0	18,3	41,0	55,5	150,9	39,2	86,7	44,9	90,1	93,3	71,2	172,3	97,5	112,9	89,1	116,6	94,8	511,9	91,8
Sachsen-Anhalt	42,5	109,8	46,2	139,0	30,1	75,7	23,1	53,4	48,6	93,7	67,6	107,6	47,4	90,8	24,6	42,0	35,5	85,4	69,2	166,3	34,4	80,2	25,1	53,8	101,8	75,4	139,6	80,3	129,1	107,5	110,8	93,0	484,6	88,5
Sachsen	54,8	112,2	61,9	145,3	45,8	98,1	40,7	71,0	46,3	69,3	102,5	134,2	83,2	120,8	42,1	54,6	60,2	109,2	87,2	184,9	44,2	84,4	46,5	77,3	132,8	77,7	227,9	102,5	191,6	123,9	142,1	93,5	715,5	102,3
Thüringen	60,5	118,6	69,9	157,8	50,8	97,9	37,5	64,3	50,4	76,6	81,4	103,8	68,5	109,5	32,7	47,2	53,6	105,2	67,3	141,0	46,5	82,7	20,3	32,0	138,6	78,7	182,7	86,9	167,3	108,0	161,7	101,4	639,4	91,3
Deutschland	77,3	127,1	77,8	157,6	45,5	80,5	53,3	91,5	67,7	95,2	115,5	136,5	70,0	90,2	46,1	69,7	39,1	63,9	67,0	102,1	57,3	86,4	26,5	37,8	166,5	89,6	231,7	96,8	153,4	83,7	191,5	106,0	733,1	92,9

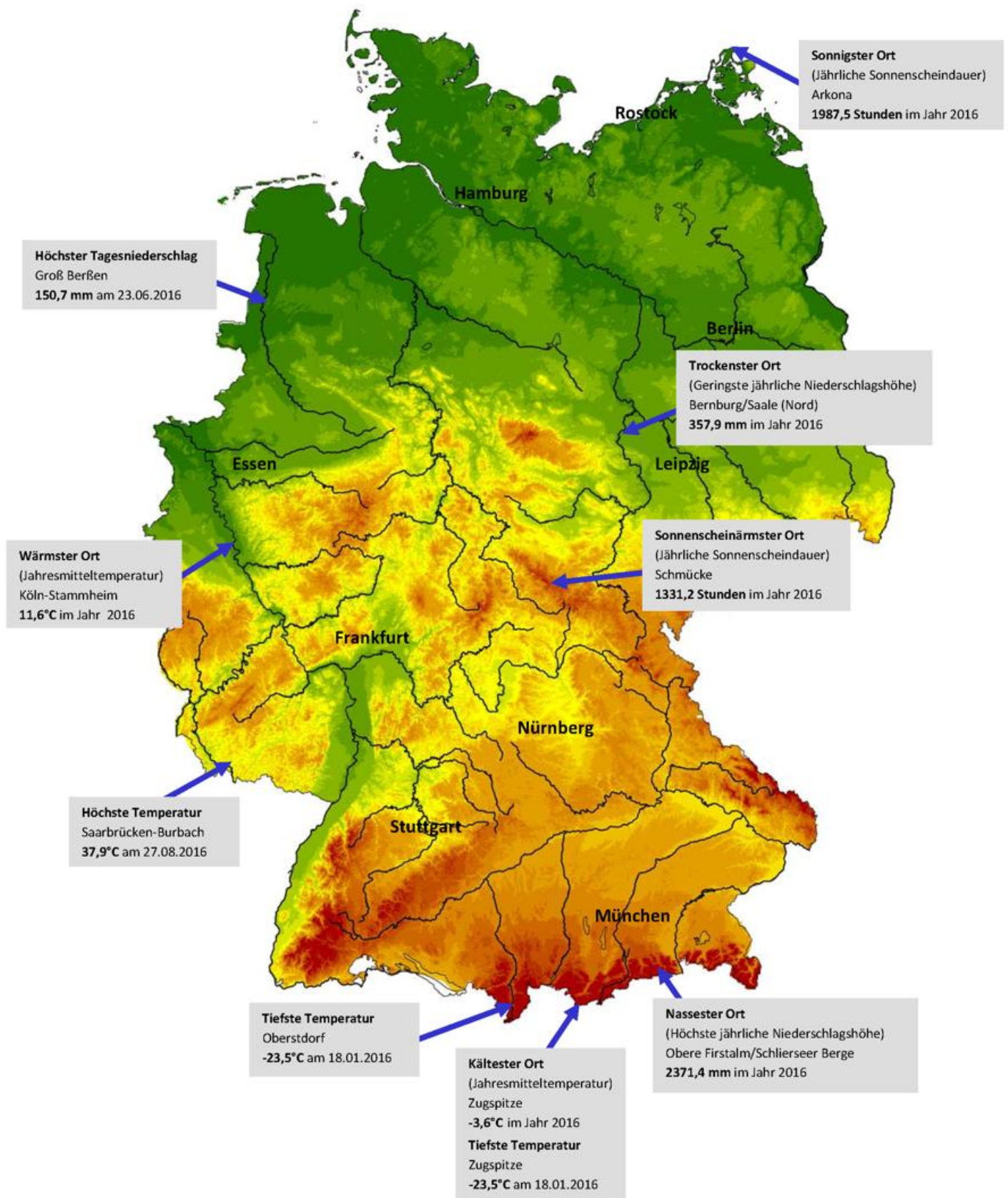
Tab. 3: Gebietsmittel der Niederschlagshöhe in mm und Abweichung von der internationalen Referenzperiode in %

Sonnenscheindauer

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90	Proz. von 2016	1961-90		
Hamburg	27,0	69,7	62,6	97,8	96,7	96,0	148,4	94,9	254,9	119,5	207,3	96,1	179,6	89,2	203,5	101,3	206,8	149,0	54,5	56,5	62,5	127,1	40,3	128,4	499,9	106,3	590,4	95,5	323,8	113,8	128,0	95,7	1544,1	102,5
Bremen	44,9	114,5	81,8	121,0	110,5	108,9	160,4	103,6	241,9	117,8	185,1	90,9	198,0	103,1	198,9	103,0	206,3	152,3	66,2	67,9	57,2	112,9	46,7	139,7	512,7	111,1	582,0	98,8	329,7	116,2	172,8	123,6	1598,0	108,4
Berlin	47,5	111,3	62,7	89,0	98,9	82,1	176,6	110,8	252,9	112,2	257,9	113,9	203,8	91,2	211,3	98,6	243,5	156,1	47,4	43,4	67,8	135,3	52,4	150,2	530,4	104,6	672,9	101,3	358,6	113,7	177,9	120,8	1724,5	105,5
Schleswig-Holstein	35,2	89,5	65,9	101,8	103,3	98,9	151,4	92,1	255,6	114,7	208,1	92,5	178,0	94,9	208,0	98,8	208,9	145,9	58,1	59,3	67,9	134,9	32,6	94,2	510,4	103,8	594,1	92,1	335,0	114,9	135,0	97,7	1573,2	100,4
Niedersachsen	44,8	117,0	74,4	112,9	99,6	97,5	164,3	108,5	238,3	118,2	188,5	94,3	190,3	99,4	204,2	106,5	205,1	152,1	55,7	56,5	57,6	119,2	51,3	163,1	502,2	110,4	583,1	100,0	318,5	112,9	167,5	123,8	1474,3	108,1
Nordrhein-Westfalen	52,6	126,4	72,4	100,1	97,4	94,4	159,7	108,1	205,1	110,2	160,5	87,4	181,7	97,0	215,7	118,1	214,2	158,6	70,7	66,2	57,7	109,8	72,2	195,0	466,2	105,8	557,9	100,8	342,7	116,4	190,0	125,9	1564,0	108,6
Rheinland-Pfalz	45,2	111,7	54,4	74,5	96,7	87,6	141,4	93,5	185,6	97,0	143,4	74,8	192,4	91,8	236,0	122,1	216,0	143,2	70,0	66,8	56,3	106,9	63,2	166,0	423,7	93,6	571,7	96,1	342,3	111,1	161,8	106,6	1500,8	99,6
Saarland	43,7	110,7	52,9	69,7	91,7	80,6	122,7	79,2	176,7	89,9	133,4	65,5	203,3	90,0	238,9	118,4	213,9	135,5	80,2	75,5	55,6	104,3	68,6	173,1	393,1	84,1	575,7	91,2	349,7	110,2	153,3	99,0	1483,7	94,4
Baden-Württemberg	57,0	116,9	48,1	63,1	113,4	96,9	134,9	89,5	186,5	98,6	163,6	81,2	235,9	103,1	252,3	122,5	213,0	128,2	88,0	75,4	56,9	92,5	95,2	214,0	434,9	95,2	651,8	102,4	358,0	104,0	209,0	123,4	1644,9	102,4
Hessen	43,2	120,8	48,3	69,9	87,8	82,3	156,4	103,1	200,4	103,5	159,2	83,0	184,9	90,6	235,3	123,9	207,3	145,7	55,6	55,9	50,9	117,7	53,6	168,9	444,6	98,4	579,4	98,9	313,9	110,2	139,2	102,1	1483,0	101,6
Bayern	51,1	103,0	51,9	66,7	105,5	88,7	153,0	99,6	194,9	100,7	175,1	87,7	216,0	97,7	247,4	123,3	216,8	135,1	75,1	63,7	62,1	109,2	68,2	156,1	453,4	97,3	638,5	102,5	354,0	105,6	184,9	108,1	1617,2	101,4
Mecklenburg-Vorpommern	46,7	114,2	67,0	99,5	99,3	87,5	173,8	103,9	273,3	116,0	249,2	105,5	190,3	85,5	209,2	96,4	233,0	150,9	44,3	42,3	68,4	130,6	42,2	115,5	546,4	105,8	648,8	96,0	345,6	110,9	156,5	108,7	1696,7	102,9
Brandenburg	49,6	113,5	66,2	94,2	97,5	81,3	176,1	108,3	266,2	114,2	253,8	112,7	203,6	91,2	213,6	100,3	236,9	151,6	44,6	40,7	64,8	128,5	56,0	164,5	529,9	104,5	670,9	101,4	345,3	109,4	179,0	119,5	1717,9	105,1
Sachsen-Anhalt	54,5	128,4	65,4	96,6	92,9	84,9	176,5	116,1	246,1	119,4	235,9	115,2	202,8	96,0	219,5	110,7	212,9	148,0	41,8	40,1	61,5	121,8	65,8	185,0	515,5	110,3	658,3	107,9	316,2	105,9	175,3	120,6	1675,6	110,1
Sachsen	51,4	103,7	58,5	83,2	86,1	78,5	167,1	111,8	225,9	112,4	216,2	107,7	207,0	98,7	225,9	113,7	213,3	144,3	39,5	33,5	67,1	125,2	83,6	203,9	479,2	104,1	649,2	106,6	320,0	100,2	184,7	115,0	1641,8	106,0
Thüringen	54,5	127,8	49,0	71,0	81,3	77,0	164,6	111,7	215,9	110,6	190,5	98,2	191,6	93,4	235,0	122,2	200,9	140,3	41,2	38,5	53,7	110,5	74,1	205,2	461,9	103,1	617,1	104,3	295,8	99,0	156,4	105,8	1552,4	104,5
Deutschland	49,4	113,3	60,2	84,2	90,1	89,1	158,6	103,2	219,5	108,9	190,7	93,6	201,3	95,5	227,2	113,9	215,2	143,9	61,4	56,6	60,3	114,3	64,5	169,6	477,1	102,3	619,3	100,9	336,9	108,4	174,8	114,3	1607,4	104,1

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

## Extremwertkarte



## Das Strahlungsjahr 2016

M. Gerber

Das deutschlandweite Flächenmittel der Solarstrahlung von 1079 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr 2016 liegt mit 2,4 % über dem vieljährigen Mittelwert (1981-2010) von 1054 kWh/m<sup>2</sup>. Seit 2003 überschreitet der jeweilige Jahreswert den Mittelwert, unterbrochen nur durch das Jahr 2013, in dem es ein geringeres Strahlungsangebot gab.

Die räumliche Verteilung des Strahlungsangebots zeigt wie erwartet die höchsten Werte im Süden Deutschlands südlich des Mains, gefolgt von der Nordosthälfte. Die geringsten Werte werden in der Nordwesthälfte registriert. Jahreswerte der Globalstrahlung unterhalb 950 kWh/m<sup>2</sup> werden im Sauerland erreicht, die höchsten Werte der Einstrahlung werden in höheren Lagen der Alpen verzeichnet mit über 1250 kWh/m<sup>2</sup>. Regional bevorzugt zeigen sich in Norddeutschland Bereiche an der Nordseeküste sowie insbesondere Rügen an der Ostseeküste, aber auch in einigen Gebieten im Binnenland von Mecklenburg-Vorpommern. In Ostdeutschland wies die Region zwischen Spree, Havel und Elbe örtlich ein besonders hohes Strahlungsangebot aus. Fast überall in der Nordhälfte Deutschlands liegt die solare Einstrahlung mit bis zu 6 % über den vieljährigen Mittelwerten. Auffällig in

Süddeutschland ist das sehr geringe Strahlungsangebot im Südschwarzwald; auch im Saarland, Rheinland-Pfalz und dem Süden von Hessen liegen die Jahressummen mit 2 bis 7 % unter den langjährigen Werten, während im übrigen Bereich in der Südhälfte Deutschlands die Mittelwerte mit 1 bis 4 % überschritten werden.

In den ersten drei Monaten des Jahres unterschreitet das deutschlandweite Mittel der Globalstrahlung die langjährigen Werte. Ab April werden mindestens 100 % des Monatssolls erreicht, Spitzenreiter ist der besonders strahlungsreiche September mit 123 %, gefolgt von 112 % im Dezember. Nur der sehr strahlungsarme Oktober liegt bei 80 % des Sollwertes.



Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2016

## Die Witterung in den deutschen Küstengebieten 2016

C. Lefebvre, J. Radtke

Global gesehen war das Jahr 2016 das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen. Deutschlandweit reiht sich das Jahr 2016 mit einer Mitteltemperatur von 9,5°C auf Rang 8 der wärmsten Jahre seit Beginn der Messungen ein. In den deutschen Küstengebieten lagen die Jahresmitteltemperaturen zwischen 9 und 11°C und damit +1 bis knapp +2 K über dem vieljährigen Mittel des Referenzzeitraumes 1961-1990. Damit war 2016 im Küstenraum bei maximalen Abweichungen von ± 0,2 K an den einzelnen Stationen genauso warm wie das Vorjahr. 10 von 12 Monaten zeichneten sich durch ein überdurchschnittliches Temperaturniveau aus. Dabei zeigte der Jahresgang der Temperatur einen bemerkenswerten Verlauf (vgl. Abb. 1), denn der September war ungewöhnlich warm. An der Nordseeküste war er sogar der wärmste Monat des Jahres, während an der Ostseeküste der Juli noch etwas wärmer ausfiel (Abb. 1). Die Wintermonate waren insgesamt wieder zu mild. Durchweg zu kühl fiel an den Küsten nur der November aus. Die Abweichungen waren mit bis zu -1 K jedoch gering. Verbreitet wies auch der Oktober leicht unterdurchschnittliche Temperaturen auf.

Das Jahr begann mit einem leicht erhöhten Temperaturniveau im Januar an der Nordseeküste, während die Monatsmitteltemperaturen an der Ostseeküste östlich von Rügen leicht unter dem Durchschnitt lagen. Der Februar fiel mit +2 bis +3,5 K deutlich zu mild aus. Auch der März und ein typisch wechselhafter April mit milden und kühlen Phasen waren insgesamt zu warm. Die Abweichungen blieben jedoch unter +2 K. Der Mai fiel mit Monatsmitteltemperaturen von 12 bis 15°C verbreitet um +2 bis +3 K zu warm aus. Die Sommermonate blieben überdurchschnittlich warm. Am 23. und 24. Juni traten an der Ostsee die ersten Höchsttemperaturen von 30 bis 32°C auf, womit, ungewöhnlich für Juni, 1 bis 2 Heiße Tage registriert wurden (Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30°C). Richtiger Hochsommer stellte sich erst im letzten Augustdrittel ein und reich-

te bis Mitte September. Die Hitzewelle in der letzten Augustdekade sorgte vielerorts für den wärmsten Tag des Jahres. Im Nordseeraum wurde er mit Temperaturen von bis zu 31,8°C in Bremerhaven am 25. August verzeichnet, im Ostseeraum mit bis zu 33,4°C in Greifswald am 26. August. An der Nordsee blieben die nächtlichen Tiefstwerte am 26. August vielfach über 20°C, womit eine Tropennacht verzeichnet wurde und neue Rekorde für die höchste Tagestiefsttemperatur aufgestellt wurden: Die bisherigen Dekadenrekorde von 1997 wurden u.a. mit Tiefstwerten von 20,6°C auf Sylt und von 20,1°C auf Helgoland überboten. Der September brach weitere Rekorde. Deutschlandweit war er zusammen mit 2006 der wärmste Septembermonat seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen im Jahr 1881. An den Küsten wurden mit Monatsmitteltemperaturen zwischen 17 und 18,5°C entlang der Nordsee und 16 bis 18°C an der Ostsee vielerorts neue Rekordwerte aufgestellt. Das Mittel 1961-1990 wurde um +3 bis +4 K übertroffen. Bemerkenswert am September 2016 war die ungewöhnlich lange Phase mit hochsommerlichen Temperaturen vom 7. bis zum 16. September, in der bis zu 7 Sommertage (Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 25°C) verzeichnet wurden, normal ist höchstens einer. Ungewöhnlich war auch, dass - wie schon im Juni - noch ein Heißer Tag registriert wurde. Der Oktober beendete das überdurchschnittliche Temperaturniveau der Vormonate. Die erste Novemberhälfte brachte frühwinterliche Temperaturen. Im Dezember konnte sich dann aber eine winterliche Witterung nicht durchsetzen und so fiel dieser Monat mit Anomalien von +2 bis +3,5 K wieder deutlich zu mild aus.

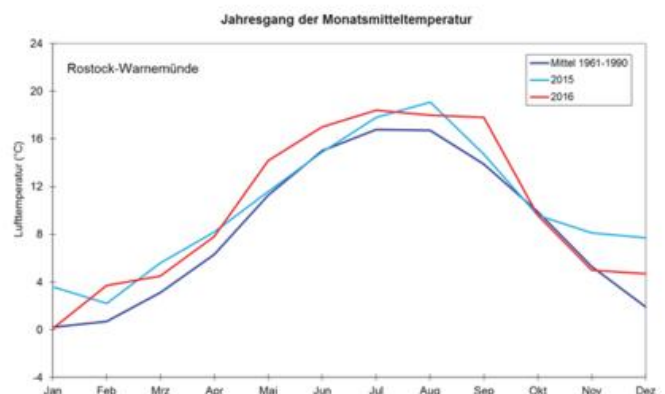
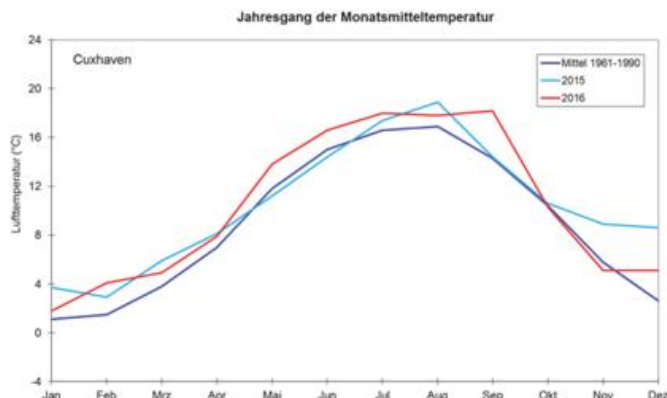


Abb. 1: Jahresgang der Lufttemperatur in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Die Anzahl der Sommer- und Heißen Tage sowie Frost- und Eistage spiegelt gut die überdurchschnittliche sommerliche Wärme von Juni bis September und die Milde der Wintermonate wider. Die Zahl der Sommertage lag mit Ausnahme von Helgoland deutlich, teilweise um rund das Doppelte über dem vieljährigen Mittel. So wurden z.B. in Cuxhaven 18 statt im Mittel 9 und in Ueckermünde 36 statt im Mittel 18 Sommertage verzeichnet. List auf Sylt registrierte sogar 15 statt im Mittel 5 und Rostock-Warnemünde 28 statt im Mittel 13 Sommertage. Die Zahl der Heißen Tage lag an der Nordseeküste und an der westlichen Ostsee mit bis zu 2 meist im Bereich der Mittelwerte. An der Küste Mecklenburg-Vorpommerns war die Anzahl mit vielfach bis zu 4 Heißen Tagen doppelt so hoch und die Mittelwerte wurden um bis zu 3 Tage überschritten. Die Anzahl der Frosttage (Tage mit einem Minimum der Lufttemperatur unter 0°C) variierte von 14 auf Helgoland bis zu 80 am Kleinen Haff in Ueckermünde. Sie blieb vielerorts deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten, teilweise um 20 bis knapp 30 Tage. Nur im November gab es deutlich mehr Frosttage als üblich. Dauerfrost (Eistag: Tag mit einem Maximum der Lufttemperatur unter 0°C) trat nicht einmal halb so oft auf wie im Mittel 1961-1990. Die Zahl der Eistage bewegte sich zwischen 4 auf Helgoland und 12 in Greifswald, während im Mittel an 11 bis 28 Tagen mit Dauerfrost zu rechnen ist. Allein im Januar entsprach die Anzahl an Frost- und Eistagen den Erwartungswerten. In den übrigen Wintermonaten gab es keinen Dauerfrost.

den an der Nordsee meist an 15 bis 20, an der Ostsee an 6 bis 18 Tagen vermerkt. Dies waren vielfach rund 3 Tage weniger als üblich, teilweise jedoch bis zu 10 Tage weniger, wie auf Sylt. Helgoland verzeichnete mit 19 Tagen dagegen 2 Tage mehr als üblich. Dabei gab es insbesondere im Juni mit bis zu 5 Tagen an der Nordsee eine deutlich erhöhte Anzahl von Tagen mit großen Regenmengen.

Ungewöhnlich niederschlagsreich war der Februar. Insbesondere im Bereich der Elbemündung fiel mit Niederschlägen von mehr als 70 mm mehr als das Doppelte der Mittelwerte (Abb. 2). Der Juni war an der Nordseeküste mit Niederschlagshöhen zwischen 70 bis 160 mm ebenfalls zu nass. An mehreren Orten fielen zwischen 30 und 40 mm am Tag. Von den zerstörerischen Unwettern wie in der Südhälfte Deutschlands blieb der Norden jedoch verschont. Ungewöhnlich trocken war der September. Mit 10 bis 45 mm wurden nur 20 bis 65 % des vieljährigen Mittels erreicht. Im Oktober blieb es an der Nordseeküste weiterhin zu trocken, während es an der Ostseeküste meist überdurchschnittliche Niederschläge gab. In der Monatsbilanz zu trocken waren vor allem auch der Mai an der östlichen Ostseeküste und der Dezember an der Nordseeküste.

Bundesweit als auch an den Küsten war das Jahr insgesamt zu trocken. Im Nordseeraum fielen meist zwischen 650 und 800 mm. Vielerorts lag der Jahresniederschlag 5 bis 10 % unter dem vieljährigen Mittel 1961-1990. Im Ostseeraum fielen vielfach 450 bis 590 mm, im nördlichen Schleswig-Holstein bis 830 mm. Damit unterschritten die Niederschläge das vieljährige Mittel überwiegend um 10 bis 20 %. Lediglich eng begrenzt wie nördlich der Schlei und um Boltenhagen wurden leicht überdurchschnittliche Jahreswerte verzeichnet. Niederschlag von 1 mm oder mehr fiel im Durchschnitt an knapp 120 Tagen und damit etwas seltener als im vieljährigen Mittel. Starkniederschläge von mindestens 10 mm am Tag wur-

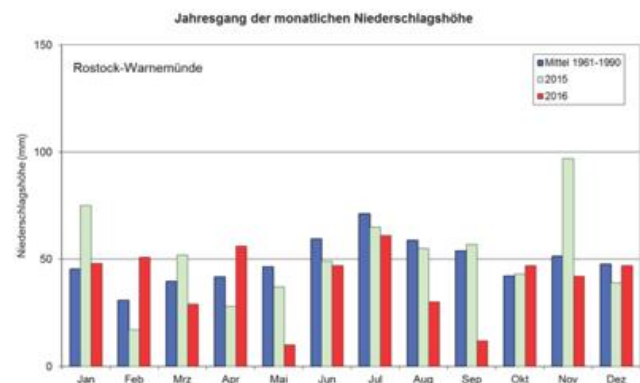
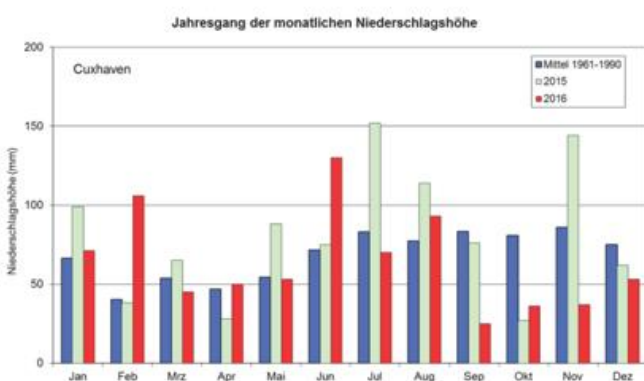


Abb. 2: Jahresgang der Niederschlagshöhe in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

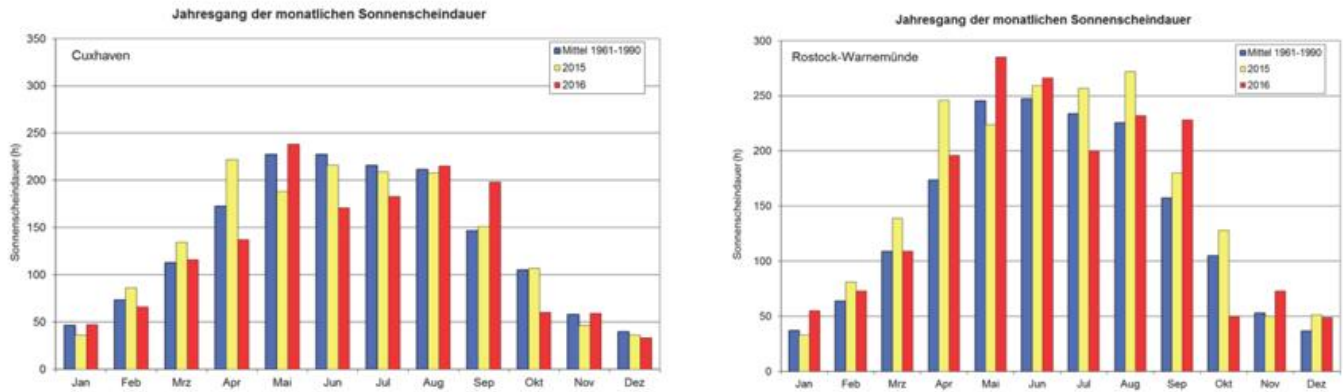


Abb. 3: Jahresgang der Sonnenscheindauer in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Eine Schneedecke bildete sich nur zu Beginn des Jahres aus. Zunächst sorgten Schneefälle an der Nordseeküste für eine sehr geringe Schneedecke Anfang Januar. Mitte Januar blieb Schnee auch an der Ostseeküste liegen. Die Schneehöhen blieben jedoch unter 10 cm.

An den deutschen Küsten schien die Sonne meist zwischen 1500 und 1800 Stunden, auf Rügen bis zu 2000 Stunden. Damit lag die Sonnenscheindauer im Bereich oder leicht über dem vieljährigen Mittel. Rügen verzeichnete ein Plus von 10 % und war wieder die sonnenscheinreichste Gegend Deutschlands. Ungewöhnlich sonnenscheinreich war der September (Abb. 3). Mehrere Stationen an der Küste meldeten neue Rekordwerte der Sonnenscheindauer. Mit 195 bis 235 Sonnenstunden an der Nordsee und 210 bis 250 Sonnenstunden an der Ostsee wurden die Durchschnittswerte um 30 bis 60 % überschritten. Sonnenscheinarm war insbesondere der nachfolgende Oktober. Hochnebel und Nebel sorgten für Defizite von 15 bis 45 % im Bereich der Nordseeküste und 40 bis 65 % an der Ostsee. Greifswald mit 43 und Ueckermünde mit 37 Sonnenstunden meldeten Minimumrekorde der Sonnenscheindauer. Der November punktete wieder mit überdurchschnittlichem Sonnenschein, insbesondere an

den Küstenabschnitten Schleswig-Holsteins, wo die Sonnenscheindauer um bis zu rund 60 % über dem Mittel lag. Während der Dezember deutschlandweit der drittsonnigste Dezember seit Beginn der Messungen war, sorgten Nebel und Hochnebel an einigen Küstenabschnitten, aber insbesondere auf Helgoland mit nur 26 Stunden (64 %) für Defizite, während andere Bereiche wie der Raum Bremerhaven und vor allem Rügen mit bis zu 58 Sonnenstunden am Kap Arkona ein Plus von 50 bis 60 % registrierten.

Nord- und Ostsee waren wieder wärmer als im Vorjahr. Die Oberflächentemperatur der Nordsee betrug im Jahresmittel 11,2°C und lag damit um 1,2 K über dem Mittelwert des Zeitraums 1971 bis 1993 (Abb. 4). Ungewöhnlich hoch war die Wassertemperatur im September. Erstmals seit Beginn der Beobachtungen im Jahr 1968 war die mittlere Meerestemperatur der gesamten Nordsee im September höher als im August, in dem üblicherweise das saisonale Maximum auftritt. Sie betrug 16,2°C und erreichte damit die Rekordtemperatur aus dem Jahr 2002. Der vieljährige Mittelwert wurde um 2,5 K überboten. Die mittlere Meeresoberflächentemperatur für das Gebiet der Deutschen Bucht lag bei 19,1°C und damit um 3,4 K über dem Durchschnitt.

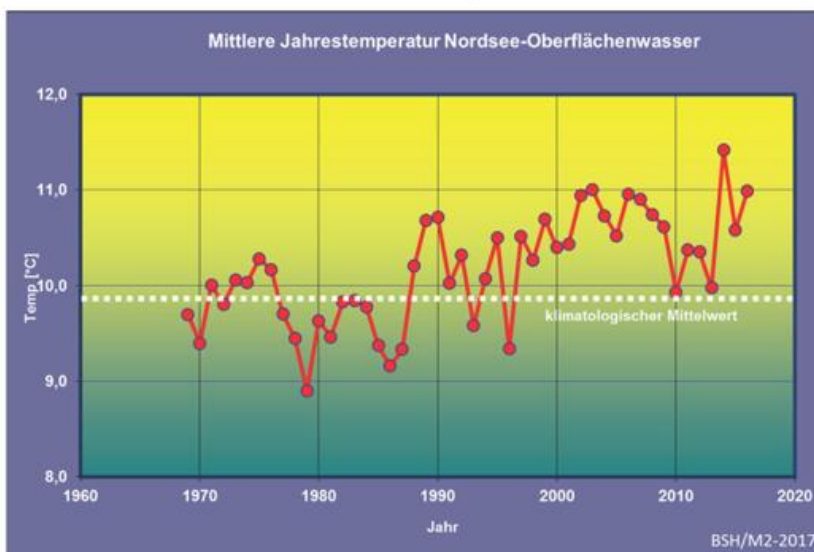


Abb. 4: Mittlere jährliche Wasseroberflächentemperatur der Nordsee, 1969-2016 (Quelle: BSH)

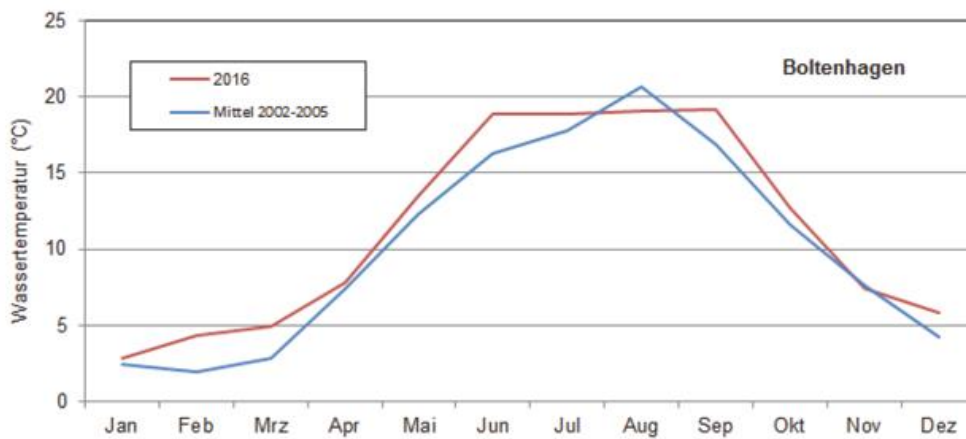


Abb. 5: Jahresgang der Wassertemperatur bei Boltenhagen

Die mittlere Oberflächentemperatur der westlichen Ostsee konnte wegen fehlender Daten nicht ermittelt werden. Werden die Messungen bei Boltenhagen herangezogen, so lag hier das Jahresmittel der Wasseroberflächentemperatur mit  $11,3^{\circ}\text{C}$  1 K über dem Mittel der Jahre 2002 bis 2005. Die monatliche Höchsttemperatur wurde mit  $19,2^{\circ}\text{C}$  ebenfalls im September gemessen (Abb.5).

Die frostigen Temperaturen führten im Januar gebietsweise zur Eisbildung. In den Boddengewässern der Ostsee und östlich von Rügen entstand gleich nach Jahresbeginn eine Eisschicht von bis zu 30 cm. Westlich der Boddengewässer blieb es eisfrei oder es bildeten sich nur geringe Eisdicken von weniger als 10 cm. An der Nordsee wuchsen vor allem in Bereichen von Häfen Eisdicken von bis zu 20 oder 30 cm heran. Das Eis schmolz aber aufgrund von milder Witterung in der letzten Januarwoche und östlich von Rügen in der 1. Februarwoche wieder ab. Erst

Mitte November bildete sich dann wieder eine dünne Eisdicke in einigen Häfen der Ostsee, die aber nach 2 Tagen wieder abgeschmolzen war.

Auswertungen des geostrophischen (aus Luftdruckwerten abgeleiteten) Windes über der Deutschen Bucht (Abb. 6) zeigen, dass 2016 zu den windschwachen Jahren zählt.

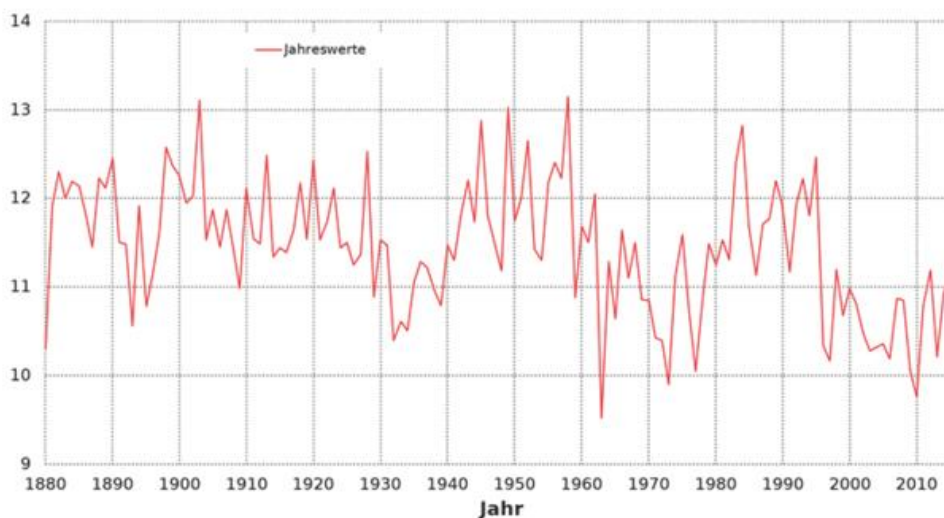
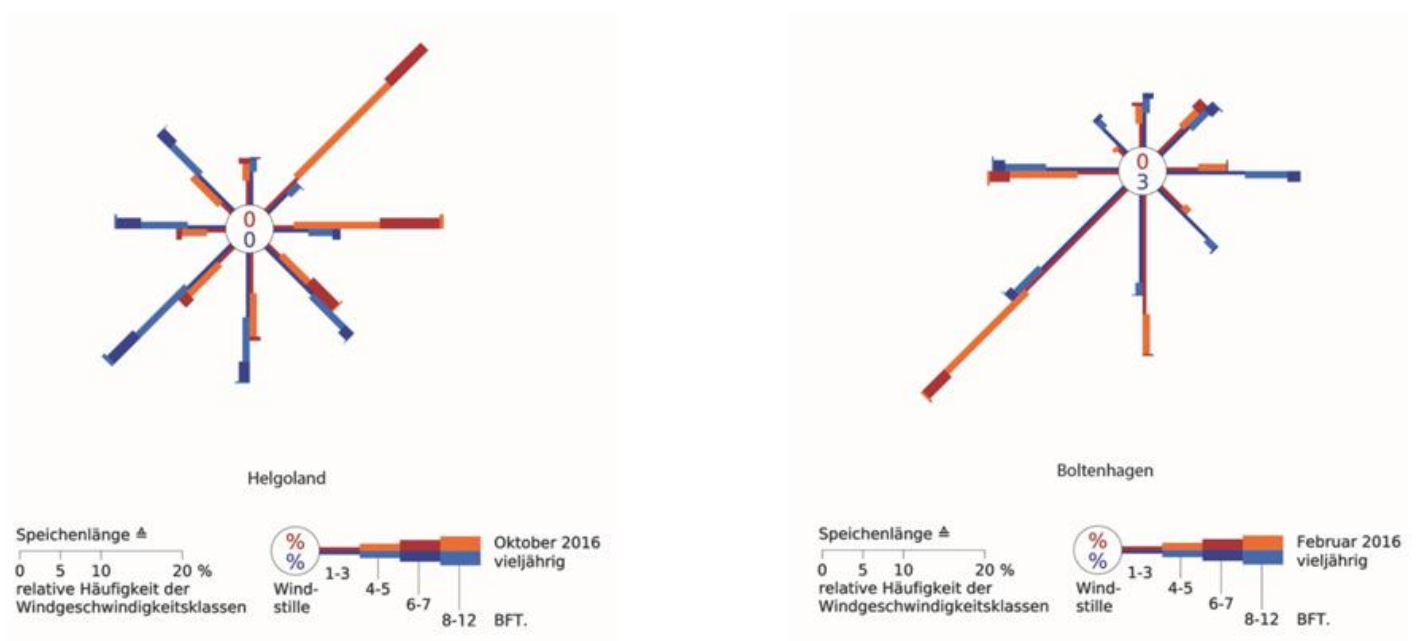


Abb. 6: Jahreswerte des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

Dennoch begann das Jahr an der Küste mit Böen, die zeitweise Windstärke 8 bis 10 Bft, vereinzelt 11 Bft erreichten, stürmisch. Anfang des Monats musste aufgrund eines starken Ostwindes und dem dadurch entstandenen Niedrigwasser die Schifffahrt zu mehreren ost- und nordfriesischen Inseln zeitweise eingestellt werden. Auch im Februar blieb es windreich bei zeitweise böigem Wind bis Bft 10. Im März löste Tief JEANNE am 28. an der Nordseeküste Böen aus, die auf Sylt sogar Orkanstärke erreichten. In den Folgemonaten gab es nur noch einzelne Tage mit stürmischen Böen, die meist noch maximal Bft 9 erreichten. Allerdings konnten im Bereich von Gewittern kräftige Böen beobachtet werden. So wurden während eines Gewitters in Boltenhagen am 24. Juni orkanartige Böen (Bft 11) registriert. Bei Nordostwind und Böen der Stärke 8 bis 10 Bft kam es Anfang Oktober (5./6.) zu einer leichten Sturmflut an der Ostsee. In der Nacht vom 27. zum 28. November gab es dort dann bei starken bis stürmischen Wind aus nordwestlichen bis westlichen Richtungen eine als leicht bis mittelschwer eingestufte Sturmflut. An der Nordsee löste am 20. November Sturmtief NANNETTE gebietsweise orkanartige Böen aus, z.B. auf Helgoland, wo Böen bis 113 km/h verzeichnet wurden. Der Dezember begann windreich an beiden Küsten und wurde um Weihnachten herum besonders stürmisch. Die Sturmtiefs ANTJE und BARBARA hinterließen mit Böen bis Bft 11, an der Nordsee vereinzelt auch Bft 12, und einer schweren Sturmflut an der Nordseeküste erhebliche Schäden und ein Todesopfer. An Nord- und Ostseeküste wurde der Fährverkehr zeitweise unterbrochen. Auf einigen ostfriesischen Inseln wie Wangerooge, Spiekeroog und Norderney landeten mehrere Schiffscontainer an, die durch den Sturm über Bord gegangen waren.

Detaillierte Berichte vom BSH zu den Sturmfluten gibt es unter: <http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Vorhersagen/Sturmfluten/Berichte/index.jsp>

Das überdurchschnittliche Temperaturniveau der Wintermonate Januar, Februar und Dezember wurde durch ein Vorherrschen von Winden aus West bis Süd hervorgerufen, die milde Luftmassen heranzuführten. Im Februar wehte der Wind aus diesen Richtungen zu rund 60 % der Zeit an der Nordsee und zu rund 70 % der Zeit an der Ostsee und damit um rund 20 % mehr als im vieljährigen Mittel (Abb. 7). Im Oktober beendeten vorherrschende Winde aus nordöstlichen bis östlichen Richtungen die Wärme des hochsommerlich anmutenden Septembers. Winde aus Nord bis Ost kamen zu rund 50 % der Zeit vor, während ihr Anteil üblicherweise nur bei 15 bis 20 % liegt.



**Abb. 7:** Windverteilungen an den Stationen Helgoland im Oktober und Boltenhagen im Dezember 2016 (orange) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2016)

## Objektive Wetterlagenklassen 2016

K. Zimmermann

### *Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation*

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt. Danach kam das operationelle erweiterte Globalmodell (GME) zum Einsatz, das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügte; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Seit dem 20.01.2015 wird die operationelle ICON- Vorhersage genutzt. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.

Kriterien für die Einteilung der Wetterlagenklassen sind die Zirkulationsformen der Atmosphäre (Zyklonalität) in 950 und 500 hPa, die großräumige Anströmrichtung in 700 hPa und der Feuchtegehalt der Troposphäre. Dadurch ergeben sich 40 verschiedene Wetterlagenklassen. Die Methode ist jederzeit nachvollziehbar mit dem gleichen Ergebnis. Es gibt keine unbestimmten Fälle. Aus diesen Gründen wird der Anspruch auf die Bezeichnung „**Objektive Wetterlagenklassifikation**“ abgeleitet. Das Verfahren wird seit dem 01.07.1979 angewendet, so dass inzwischen eine über 30-jährige Zeitreihe täglicher Wetterlagenklassen vorliegt.

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

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

**aa z<sub>950</sub> z<sub>500</sub> f mit:**

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

**z<sub>950</sub> z<sub>500</sub>**   =:    **Zyklonalität in**  
**950 bzw. 500 hPa:** Z = zyklonal, A = antizyklonal;

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

**Beispiel:**

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

*Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2016*

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2016 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

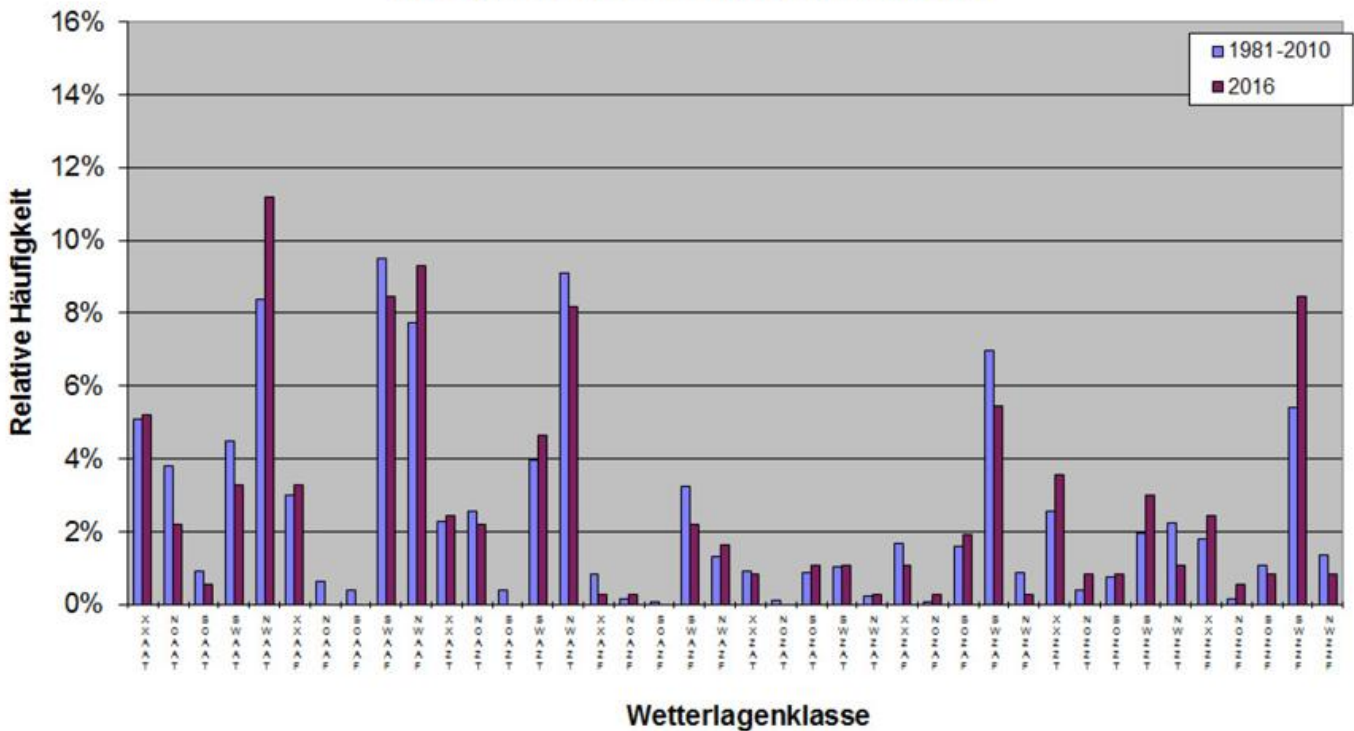
Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	NWAAT	41	11,20	19	NWAZF	6	1,64
2	NWAAF	34	9,29	20	SOZAT	4	1,09
3	SWAAF	31	8,47	21	SWZAT	4	1,09
4	SWZZF	31	8,47	22	XXZAF	4	1,09
5	NWAZT	30	8,20	23	NWZZT	4	1,09
6	SWZAF	20	5,46	24	XXZAT	3	0,82
7	XXAAT	19	5,19	25	NOZZT	3	0,82
8	SWAZT	17	4,64	26	SOZZT	3	0,82
9	XXZZT	13	3,55	27	SOZZF	3	0,82
10	SWAAT	12	3,28	28	NWZZF	3	0,82
11	XXAAF	12	3,28	29	SOAAT	2	0,55
12	SWZZT	11	3,01	30	NOZZF	2	0,55
13	XXAZT	9	2,46	31	XXAZF	1	0,27
14	XXZZF	9	2,46	32	NOAZF	1	0,27
15	NOAAT	8	2,19	33	NWZAT	1	0,27
16	NOAZT	8	2,19	34	NOZAF	1	0,27
17	SWAZF	8	2,19	35	NWZAF	1	0,27
18	SOZAF	7	1,91				

Die Wetterlagenklassen NOAAF, SOAAF, SOAZT, SOAZF und NOZAT sind im Jahr 2016 nicht vorgekommen.

Besonders häufig traten in diesem Jahr die hochreichend antizyklonalen Lagen NWAAT, NWAAF und SWAAF sowie die hochreichend zyklonale Lage SWZZF und die bodennah antizyklonal beeinflusste Wetterlage NWAZT auf. Die Wetterlagen NWAAT und SWZZF wurden 2016 deutlich häufiger registriert als im Referenzzeitraum 1981–2010. Recht häufig vertreten waren noch feuchte Südwestlagen mit einer zyklonalen Boden- und einer antizyklonalen Höhenströmung, gefolgt von den trockenen Lagen mit antizyklonaler Bodenströmung XXAAT und SWAZT, wobei

die Wetterlage SWAZT 2016 etwas häufiger beobachtet wurde als in der Referenzperiode 1981–2010. Die 8 Wetterlagen NWAAT, NWAAF, SWAAF, SWZZF, NWAZT, SWZAF, XXAAT und SWAAT stellten zusammen 61 % aller Lagen dar.

**Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2016  
im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010**

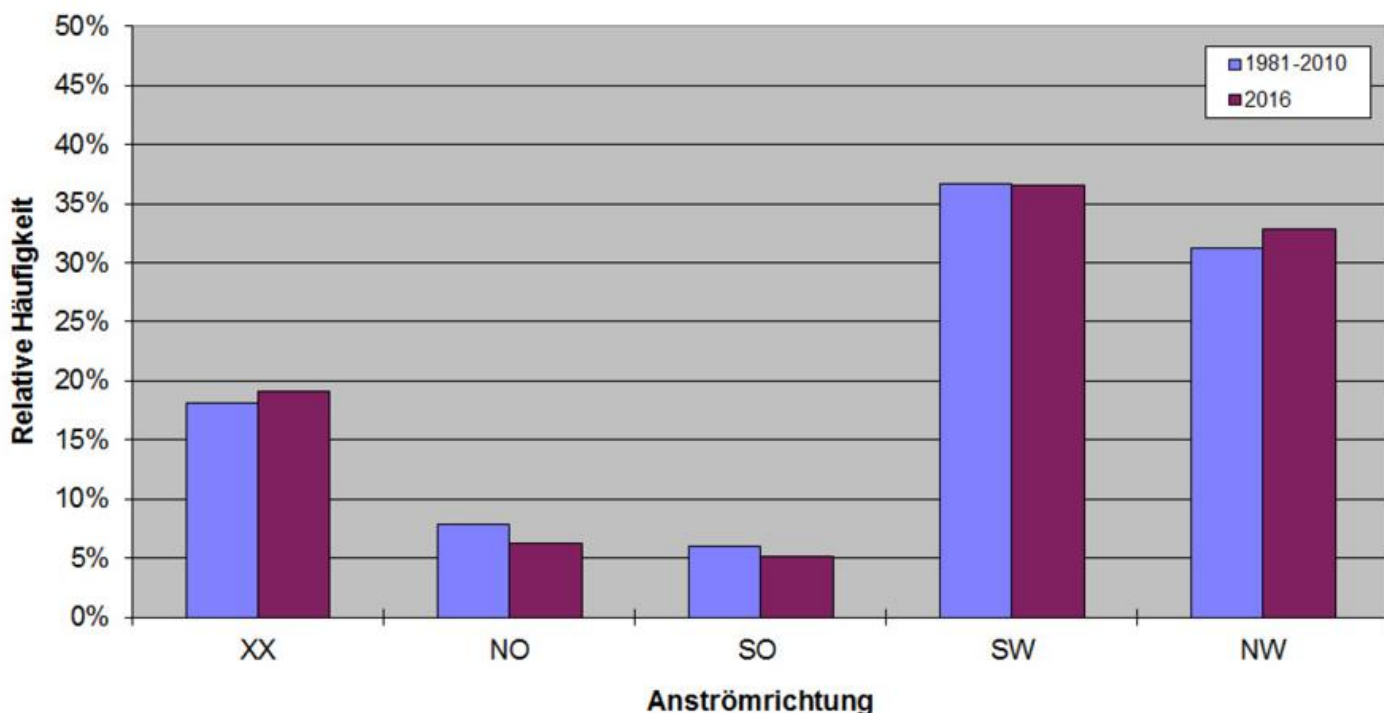


**Abb. 1:** Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2016 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

*Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2016*

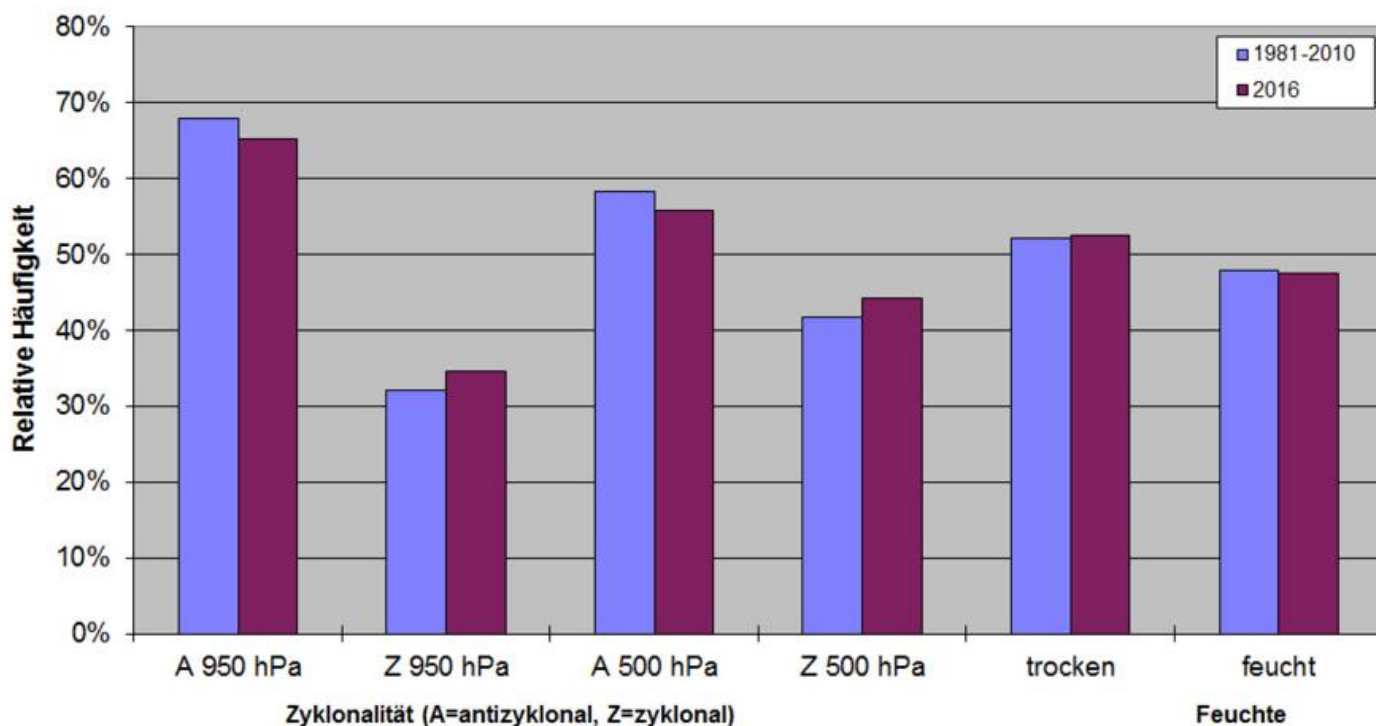
Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2 und 3) ist auffällig, dass die Windrichtungsverteilung 2016 weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode 1981-2010 entsprach, wobei besonders häufig Südwestlagen auftraten. Auch die antizyklonalen und zyklonalen Lagen waren ähnlich verteilt wie in der Referenzperiode, wobei zyklonale Lagen 2016 etwas häufiger auftraten als im Zeitraum 1981-2010. Die Anzahl von trockenen und feuchten Lagen entsprach den jeweiligen Referenzwerten.

**Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen  
der objektiven Wetterlagenklassifikation 2016  
im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010**



**Abb. 2:** Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2016 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

**Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalität und Feuchte  
der objektiven Wetterlagenklassifikation 2016  
im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010**



**Abb. 3:** Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2016 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

## Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	5	9	10	3	5	5	3	10	3	16	3	3	75
NO	0	5	4	6	0	0	0	1	6	3	0	0	25
SO	0	2	3	0	0	0	0	2	1	3	0	1	12
SW	11	10	4	11	16	11	20	18	14	6	6	14	141
NW	15	3	10	10	10	14	8	0	6	3	21	13	113
A 950 hPa	24	19	20	24	26	25	20	14	20	17	23	30	262
Z 950 hPa	7	10	11	6	5	5	11	17	10	14	7	1	104
A 500 hPa	16	17	19	20	21	20	23	21	10	15	20	27	229
Z 500 hPa	15	12	12	10	10	10	8	10	20	16	10	4	137
trocken	19	26	23	24	22	16	11	11	22	20	14	13	221
feucht	12	3	8	6	9	14	20	20	8	11	16	18	145
Temperatur	1,5	2,9	0,5	0,5	1,6	1,6	1,7	1,2	3,6	-0,5	-0,2	1,4	1,3
Niederschlag	127	158	81	92	95	137	90	59	64	102	86	38	93

**Tab. 1:** Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2016. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatliche Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen traten im Juli und August sowie im Mai recht häufig auf, während sie im März, Oktober und November sehr selten beobachtet wurden. Nordwestlagen waren im November wetterbestimmend, traten aber auch im Januar noch relativ oft auf. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering. Wetterlagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung wurden nur im Oktober an mehr als 10 Tagen registriert.

- Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen nur im August nicht häufiger als zyklonale Lagen beobachtet. In den anderen Monat überwog der antizyklonale Einfluss meistens sehr deutlich. Im Dezember z.B. wurde nur an einem Tag eine zyklonale Wetterlage beobachtet. In 500 hPa sieht die Verteilung ähnlich aus. Nur im September und Oktober übertrafen die zyklonalen Lagen die antizyklonalen.

- Feuchte

Im Jahr 2016 herrschten trockene Lagen vor. Nur im Juli und August sowie im November und Dezember wurden mehr feuchte als trockene Lagen beobachtet.

- Temperatur

Die Jahresmitteltemperatur für 2016 lag 1,3 K über dem Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Nur im Oktober und November wurden unterdurchschnittliche Mitteltemperaturen registriert.

- Niederschlag

Im Jahr 2016 waren 8 Monate trockener und 4 Monate niederschlagsreicher als im Zeitraum 1961-1990. So wurden 2016 auch nur 93% der Niederschlagsmenge der internationalen klimatologischen Referenzperiode erreicht.

Ein klarer Zusammenhang zwischen diesen Witterungsanomalien und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich nicht immer feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2016

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) sind Trends hinsichtlich der Zunahme von Südwestlagen und Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung weiterhin vorhanden, wurden aber nicht gestärkt.

Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) sind keine Trends erkennbar.

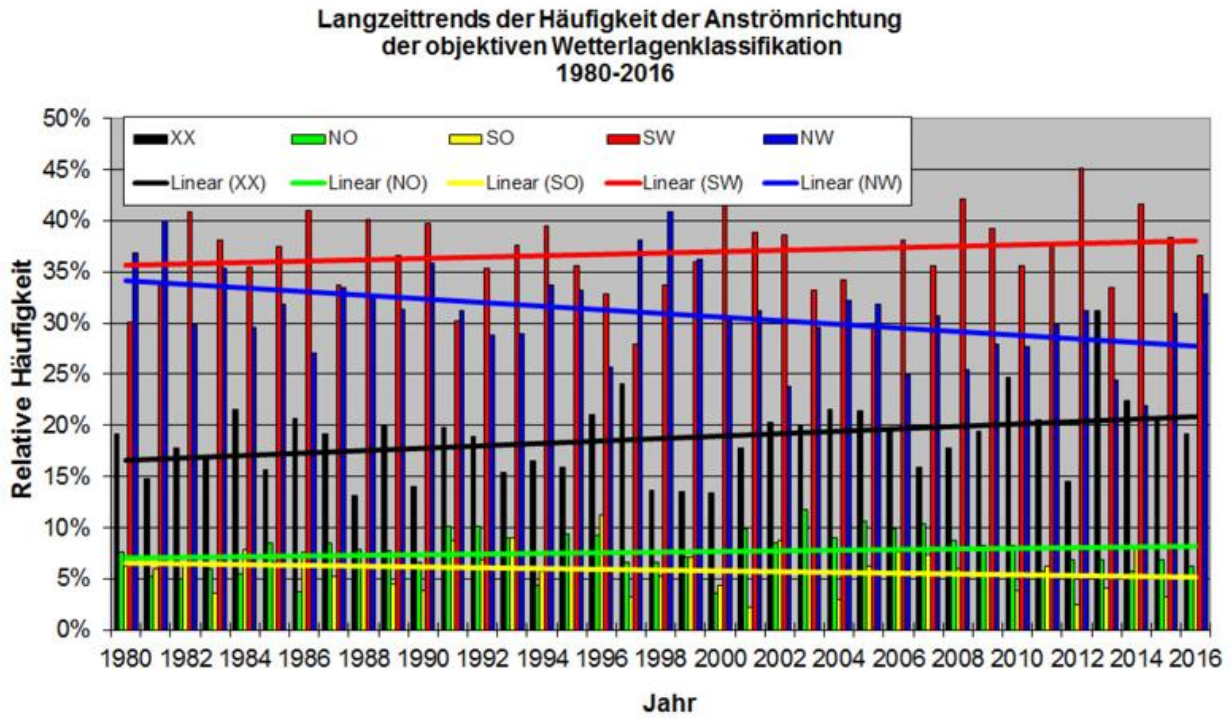


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

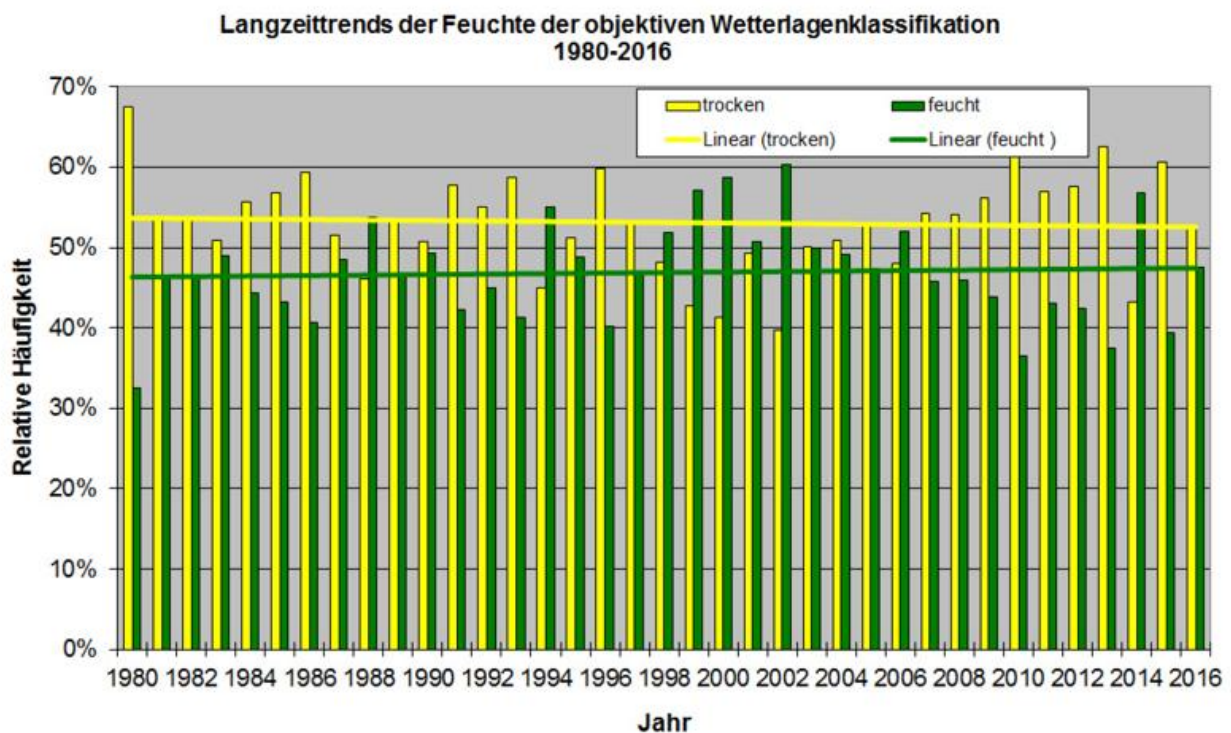


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) sind sowohl in 500 hPa als auch in 950 hPa keine langfristigen Tendenzen feststellbar.

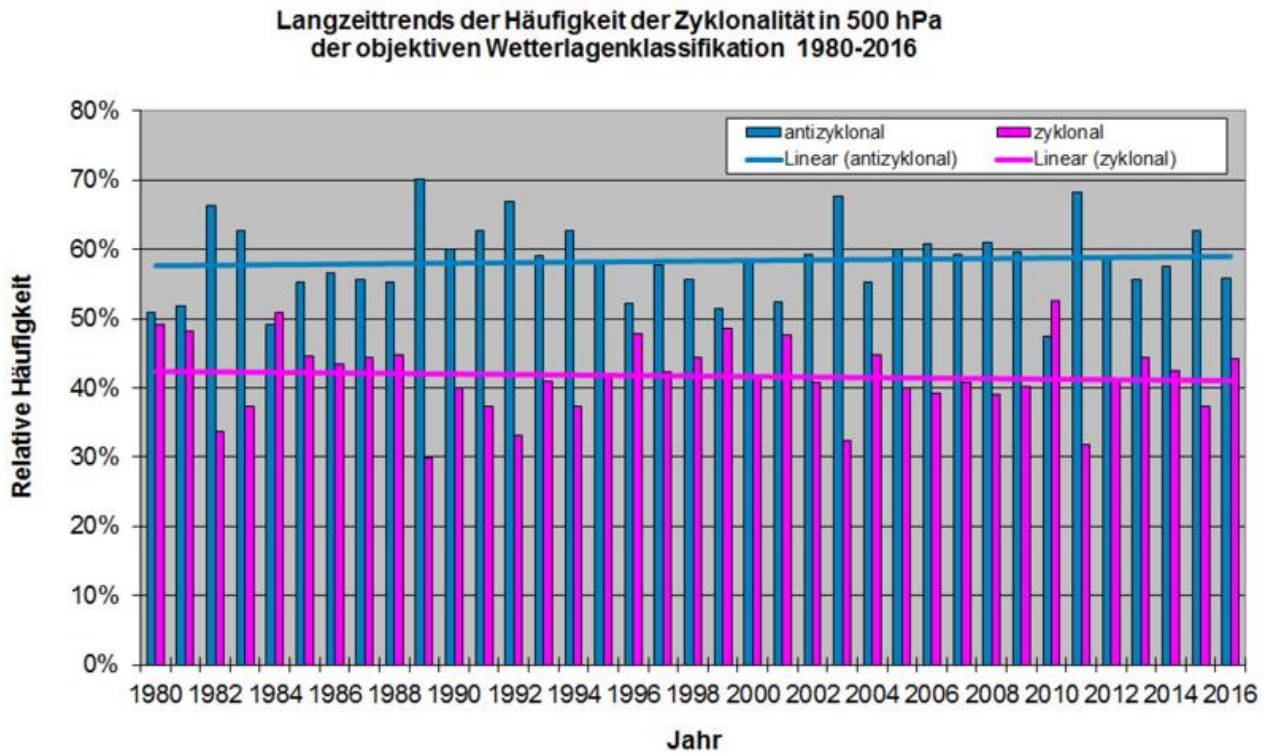


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

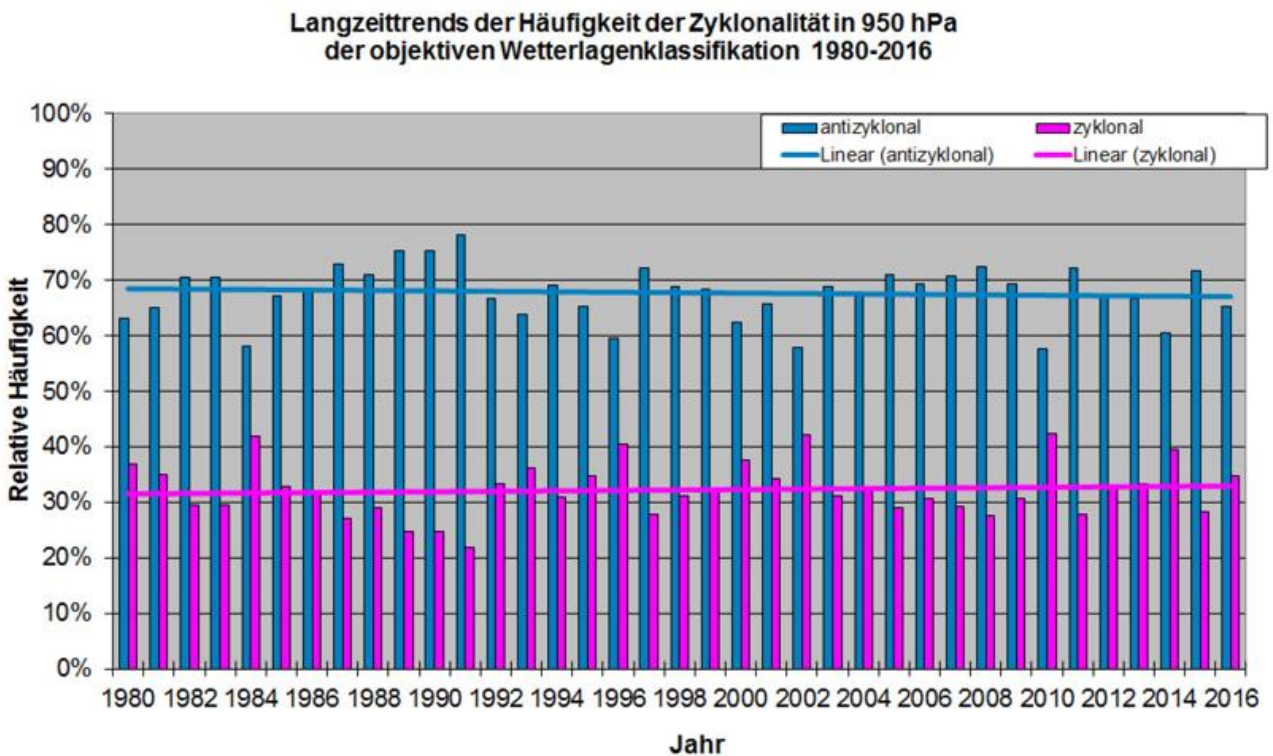
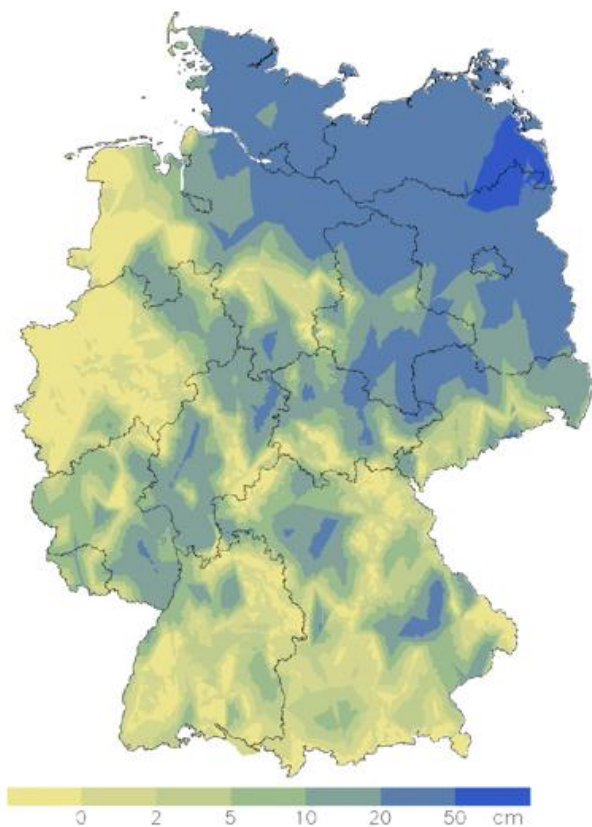


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2016

## Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2016

S. Pietzsch, M. Wegener, J. Fildebrandt

Zum Jahresbeginn gelangte trockene russisch-skandinavische Kaltluft in den Nordosten Deutschlands. Der Südwesten verblieb zunächst in milder, feuchter Meeresluft. Mitte **Januar** herrschte dann in ganz Deutschland winterliches Wetter mit verbreitetem Dauerfrost und einer nahezu geschlossenen Schneedecke. Im letzten Monatsdrittel wurde aus Südwesten ungewöhnlich milde Luft herangeführt und ließ die Schneedecke wieder verschwinden. Insgesamt war der Monat mild und feucht bei leicht überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer. Der Wintereinbruch in der Monatsmitte bremste die Vegetationsentwicklung aus und ließ die Zwischenfruchtbestände abfrieren. Der Frost drang bei schneefreien, unbewachsenen Flächen teils über 30 cm in den Boden ein. Dagegen blieb es unter einer Schneedecke gebietsweise durchweg frostfrei. Am Monatsende kam dann die Pflanzenwelt aufgrund der einsetzenden Milderung wieder in Gang. Das Stäuben der Haseln und Erlen hat nach einer längeren Unterbrechung ein- bzw. sich fortgesetzt und vereinzelt zeigten sich die ersten Schneeglöckchen (Abb. 2). Bereits Ende Januar waren die Böden fast deutschlandweit wassergesättigt, zum Teil auch übersättigt. Lediglich Gebiete von Thüringen, Sachsen-Anhalt und vom Osten Brandenburgs waren noch nicht mit Wasser aufgefüllt.



**Abb. 1:** Maximale Frosteindringtiefe (cm) für einen unbewachsenen Boden am 24. Januar 2016

*Abb. 1 zeigt die mit einem Kaltlufteinbruch einhergegangenen maximalen Frosteindringtiefen in den Boden am 24. Januar 2016. In Mecklenburg Vorpommern und Brandenburg erreichten diese stellenweise über 50 cm.*

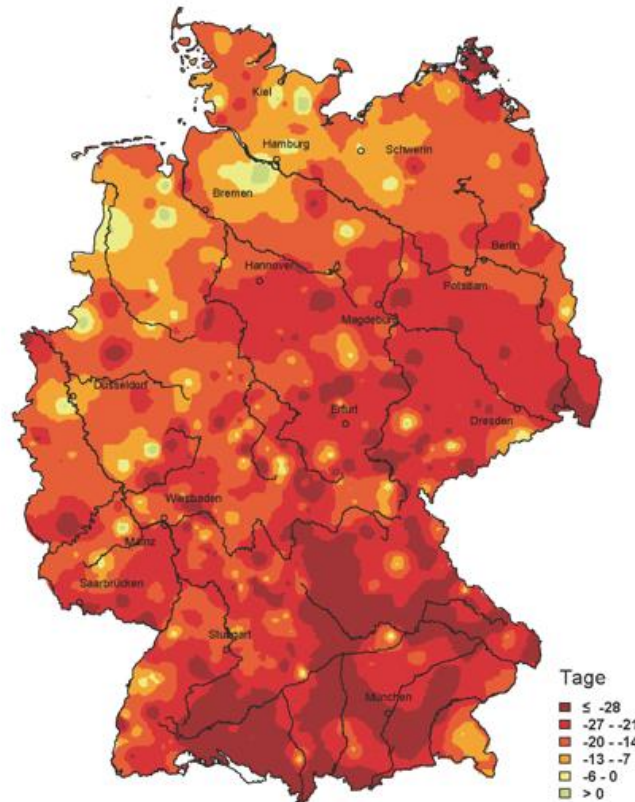


Abb. 2: Abweichung (Tage) des Beginns der Schneeglöckchenblüte 2016 vom langjährigen Mittel

Im **Februar** herrschte nur an wenigen Tagen Hochdruckeinfluss mit trockenem und sonnigem Wetter. Stattdessen nahmen immer wieder atlantische Tiefdruckgebiete mit ihren Ausläufern Kurs auf Deutschland. Mit teilweise kräftigen Südwest- bis Westwinden führten diese meist milde und feuchte Luft – mit Regen, aber wenig Schnee – heran. Insgesamt lagen die Temperaturen und Niederschläge weit über dem vieljährigen Durchschnitt, während der Sonnenschein etwas unter dem Soll blieb. Nachtfröste waren in der ersten Monathälfte eine Seltenheit, erst danach gab es kurze kältere Phasen mit leichtem bis teils mäßigem Frost im Tiefland und Dauerfrost im Bergland. Aufgrund der wiederholten Niederschläge führten einige Flüsse zeitweise Hochwasser. Die Böden blieben wassergesättigt bis übersättigt und waren daher verbreitet unbefahrbar. In der Monatsmitte und zum Monatsende trockneten die Böden nur oberflächlich ein wenig ab, so dass örtlich die erste Düngabgabe bei gegebener Befahrbarkeit möglich war. Meist musste jedoch abgewartet werden. Das ständige Auf und Ab bei den Temperaturen sorgte für eine schubweise Entwicklung in der Pflanzenwelt. Verbreitet gingen weitere Meldungen zur blühenden Hasel und Erle sowie zum Schneeglöckchen ein. Durch den deutlich zu warmen Winter zeigte bereits Mitte/Ende Februar der erste Huflattich seine gelben Blütenblätter.

*In Abb. 3 ist die Bodenfeuchte zum Ende des Winters am 29. Februar 2016 dargestellt. In der Schicht von 0 bis 60 cm lagen die Werte verbreitet bei über 100 % nutzbarer Feldkapazität – die Böden konnten somit meist wassergesättigt in den Frühling starten.*

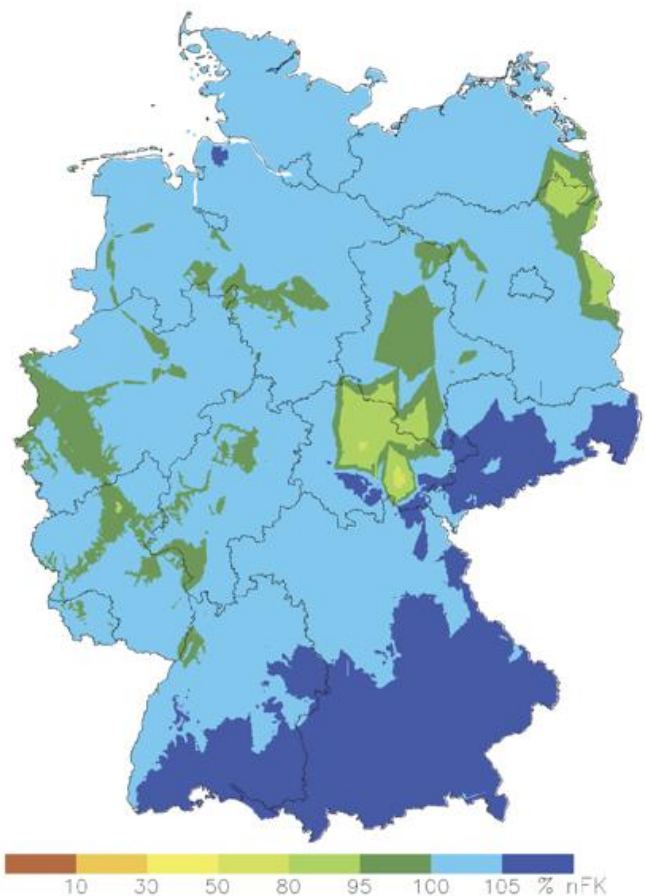
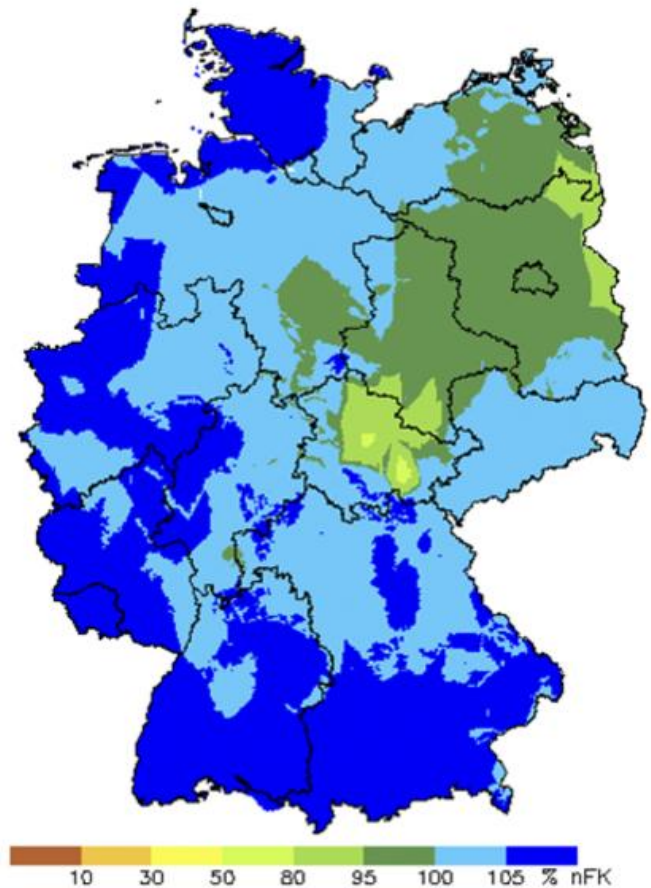


Abb. 3: Bodenfeuchte (% nFK) in 0-60 cm für einen sandigen Lehm unter Gras am 29. Februar 2016

In den ersten **März**tagen dominierten Tiefdruckgebiete mit Niederschlägen, die teils als Regen, teils aber auch als Schnee fielen. In der zweiten Märzwoche setzte sich Hochdruckeinfluss durch. Von nun an herrschte meist trocken-sonniges Wetter bei verhaltenen Temperaturen. Zum Monatsende brachten atlantische Tiefdruckgebiete allmählich etwas wärmere Luft, aber auch wieder Niederschläge. Der März fiel insgesamt meist mild und oft zu trocken bei unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer aus. Zum Start in den meteorologischen Frühling am 1. März war von Frühlingserwachen keine Spur. Hingegen gab es verbreitet leichte bis mäßige Nachtfroste, in Süddeutschland eine dünne Schneedecke. Während der niederschlagsarmen Phase in der Monatsmitte trockneten endlich verbreitet, aber leider nicht überall, die Böden ab. Die Befahrbarkeit war damit nur örtlich gewährleistet. Stellenweise wurden Gülle und Dünger ausgebracht – außerdem startete die Saatbettbereitung. Aufgrund der anhaltenden niedrigen Bodentemperaturen konnten erst in der letzten Monatsdekade erste Sommerkulturen bestellt werden. Auch die Blüte der Forsythie und damit der Beginn des Erstfrühlings setzte verbreitet erst am Monatsende ein. Während freundlicher Phasen begann der „kurze“ Zuflug der Rapsschädlinge in die Bestände. Allerdings wurden die Schwellenwerte für eine Bekämpfung kaum überschritten. Die 200 Grad Temperatursumme, welche den Beginn des Grünlandwachstums charakterisiert, wurde meist im Verlauf der zweiten Monatshälfte erreicht.

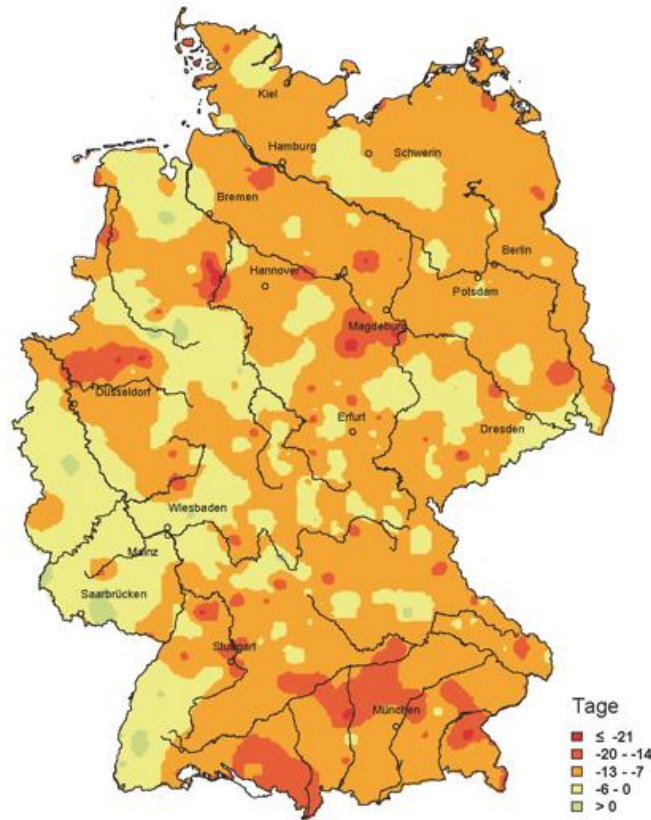
Da sich Hoch- und Tiefdruckgebiete häufig abwechselten, machte der **April** seinem Namen alle Ehre: Es gab überall typisches Aprilwetter mit Schnee- und Graupelschauern sowie einzelnen Gewittern. Insgesamt wich der April bei Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer kaum vom vieljährigen Durchschnitt ab. Bis zum Beginn der 2. Monatsdekade lagen die Temperaturen oft im angenehmen Bereich. An einzelnen Apriltagen war ein Hauch Frühling zu spüren und die Böden trockneten oberflächlich ab. Dabei konnten die Sommerungen weiter gepflanzt werden, auch die Pflanzenentwicklung kam in Fahrt. Ab Monatsmitte blühten vielerorts die Süßkirschen und Pflaumen, das Wintergetreide kam verbreitet ins Schossen und allmählich begann die Wintererbsblüte. An den letzten Tagen des Monats blühten vereinzelt die Apfelbäume (Abb. 5), womit die phänologische Phase Vollfrühling erreicht wurde. Zwischendurch gab es allerdings immer wieder teils ergiebige Regenmengen, die zu wassergesättigten, nicht befahrbaren Böden führten und alle landwirtschaftlichen Arbeiten abrupt pausieren ließen. Besonders im Gedächtnis geblieben sind aber die Kaltluftvorstöße zum Monatsende hin, die für einstellige Höchsttemperaturen und Nachtfroste bzw. Fröste in Bodennähe sorgten. In höheren Lagen fiel nochmals Schnee. Teilweise war es deutlich zu kalt, tagsüber wie auch nachts. Dadurch verzögerten sich die Fortführung der Zuckerrübensaat, das Legen der Kartoffeln und der Start der Maisbestellung. Bei bereits aufgelaufenen

Zuckerrüben und auch Kartoffeln gab es mancherorts Frostschäden. Auch im Wein- und Obstbau kam es lokal zu erheblichen Ausfällen. Herbizidanwendungen gestalteten sich aufgrund der kalten Temperaturen mit nächtlichem Frost oft als schwierig.

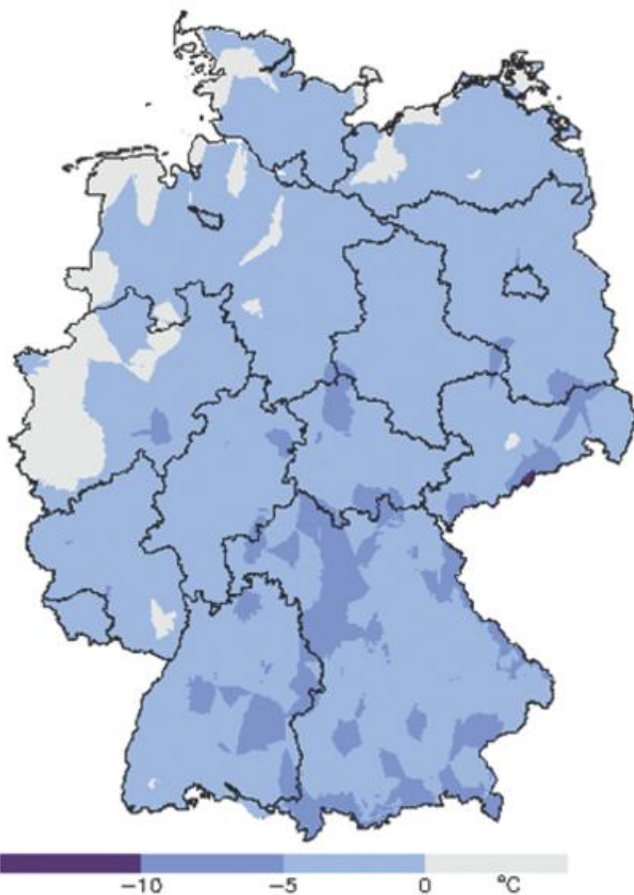


**Abb. 4:** Bodenfeuchte zu Beginn des Frühlings 2016

*In Abb. 4 ist zu sehen, dass zu Beginn des Frühlings, hier am 6. März 2016, die Bodenfeuchten in 0 bis 60 cm Tiefe verbreitet über 100 Prozent nutzbarer Feldkapazität (% nFK) lagen. Lediglich im Nordosten Deutschlands war es schon etwas trockener.*



**Abb. 5:** Abweichung (Tage) des Beginns der Apfelblüte 2016 vom langjährigen Mittel

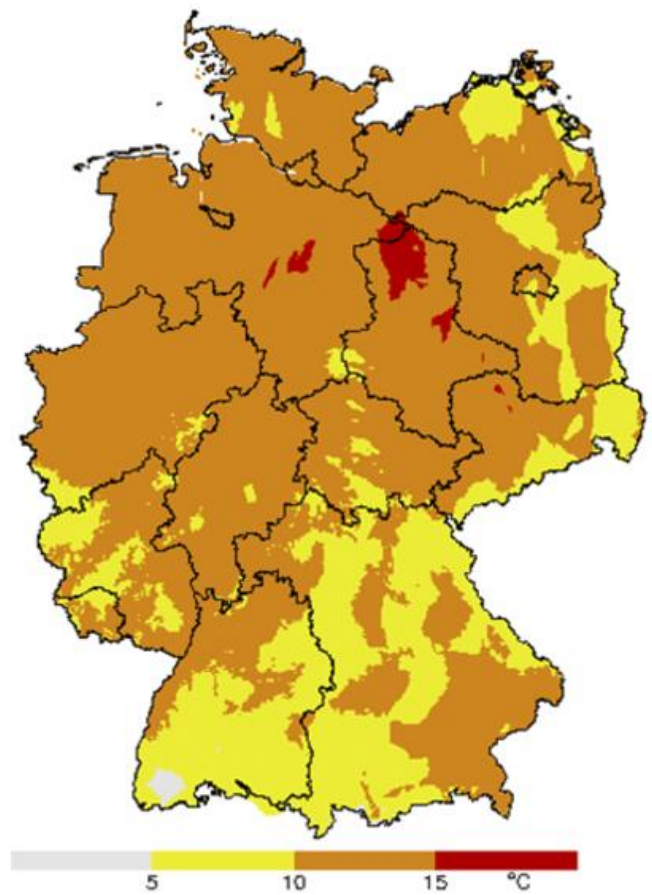
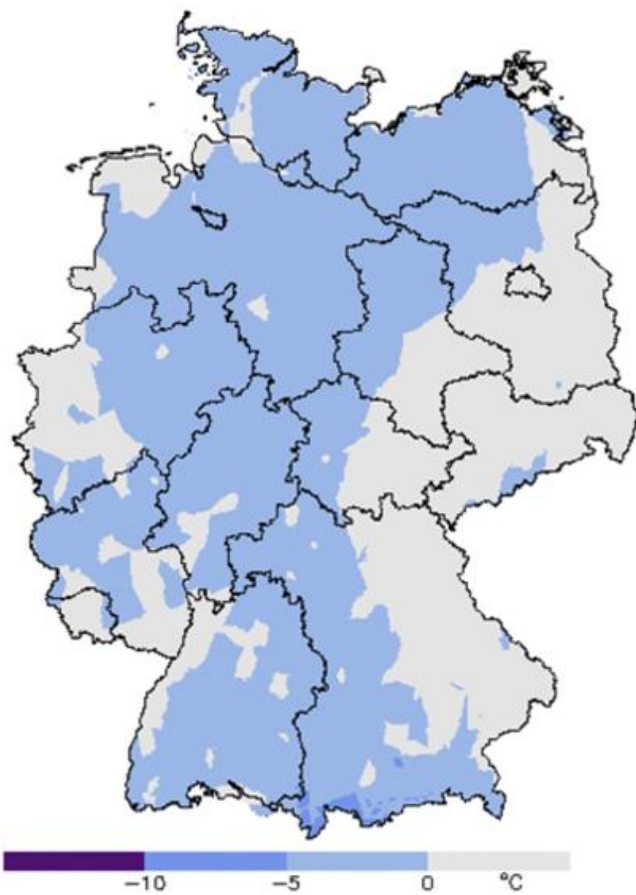


**Abb. 6:** Tiefsttemperaturen am Erdboden Ende April 2016

*Abb. 6 zeigt die Tiefsttemperaturen am Erdboden am 29. April 2016. Diese lagen verbreitet im Frostbereich. Stellenweise - vor allem im Süden Deutschlands - auch unter  $-5^{\circ}\text{C}$ .*

Wie bereits in den Vormonaten dominierten im Mai abwechselnd Hoch- und Tiefdruckgebiete. Dabei profitierte der Nordosten von überwiegend hohem Luftdruck. Im Westen und Süden gab es aufgrund lokal teils kräftiger Gewitter zum Monatsende verbreitet ein Niederschlagsplus. Insgesamt verlief der **Mai** etwas zu warm, gebietsweise zu trocken bzw. zu nass, aber bei ausreichend Sonnenschein. Der Monat startete kühl, örtlich teils mit Bodenfrost. Ab Christi Himmelfahrt ging es mit den Temperaturen aufwärts: Der Sommer kam ins Land! Bei nahezu ungestörtem Sonnenschein kletterten die Verdunstungsraten auf 7 bis 8 mm. Es gab einen Wachstumsschub. Ein erster Grünlandschnitt wurde vielerorts getätigt, der erste Heuschnitt verzögerte sich teilweise bis Ende des Monats. Andererseits starteten in trockenen Gebieten die ersten Beregnungsanlagen. Trockenheitsbedingt kam es auch zu ersten Waldbränden. Verbreitet lief bis zur Monatsmitte der Mais auf, und bis zum Ende der 2. Dekade auch die Kartoffeln. Ab Monatsmitte schob das Wintergetreide seine Ähren. Fast pünktlich sorgten die Eisheiligen am Pfingstwochenende für Regen-, Graupel-

schauer und Gewitter sowie für einen Temperatursturz bis 10 K. In ungünstigen Lagen gab es Bodenfrost, in Hochlagen fiel Schnee. Das wechselhafte Wetter hielt bis zum Monatsende an, mit den Temperaturen ging es aber bergauf. Neben Wassererosion und direkten Schäden an den Kulturen infolge von Starkregen und/oder Hagel nahm die potentielle Schädigung durch Pilzkrankheiten zu. Außerdem wurden in Obstanlagen in Südwestdeutschland zunehmend Fänge der Kirschessigfliege verzeichnet. Der phänologische Frühsommer setzte mit der Holunder- und Robinienblüte überall ein.



**Abb. 7:** Temperaturunterschiede im Mai 2016

*Abb. 7 zeigt das Temperaturspektrum, was der Mai 2016 mit sich brachte. Wohingegen am 5. Mai die Tiefsttemperaturen am Erdboden meist, vor allem in der Westhälfte Deutschlands, im Frostbereich lagen (linke Grafik), sanken diese am 23. Mai nur selten unter 10°C, vereinzelt in der Nordhälfte Deutschlands nicht unter 15°C (rechte Grafik).*

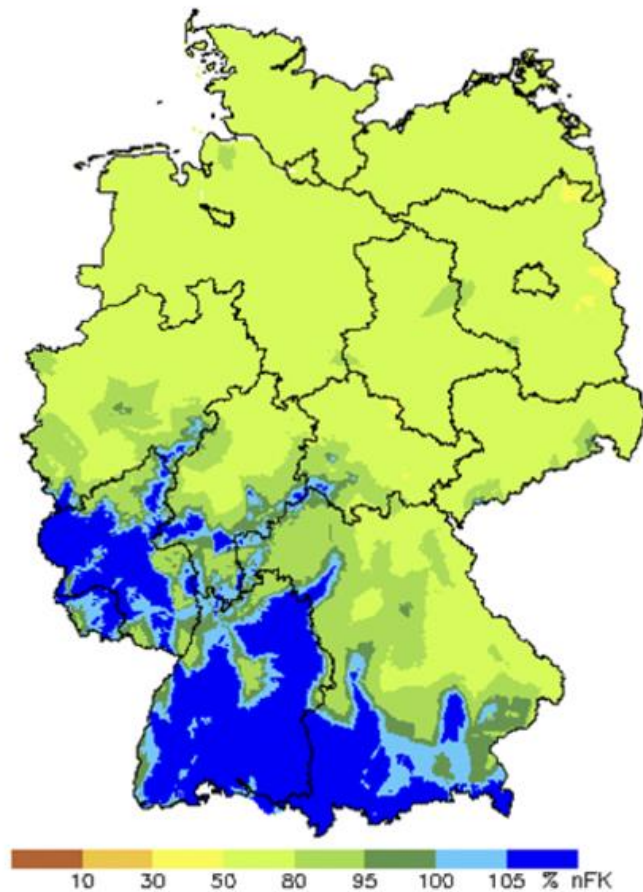


Abb. 8 zeigt die Bodenfeuchtesituation zum Ende des Frühlings, am 31. Mai 2016. Die heftigen Niederschläge zum Monatsende führten zumindest im Südwesten Deutschlands zu wassergesättigten Böden. In den restlichen Landesteilen lagen die Werte meist zwischen 50 und 80 % nFK.

Abb. 8: Bodenfeuchte zum Ende des Frühlings 2016

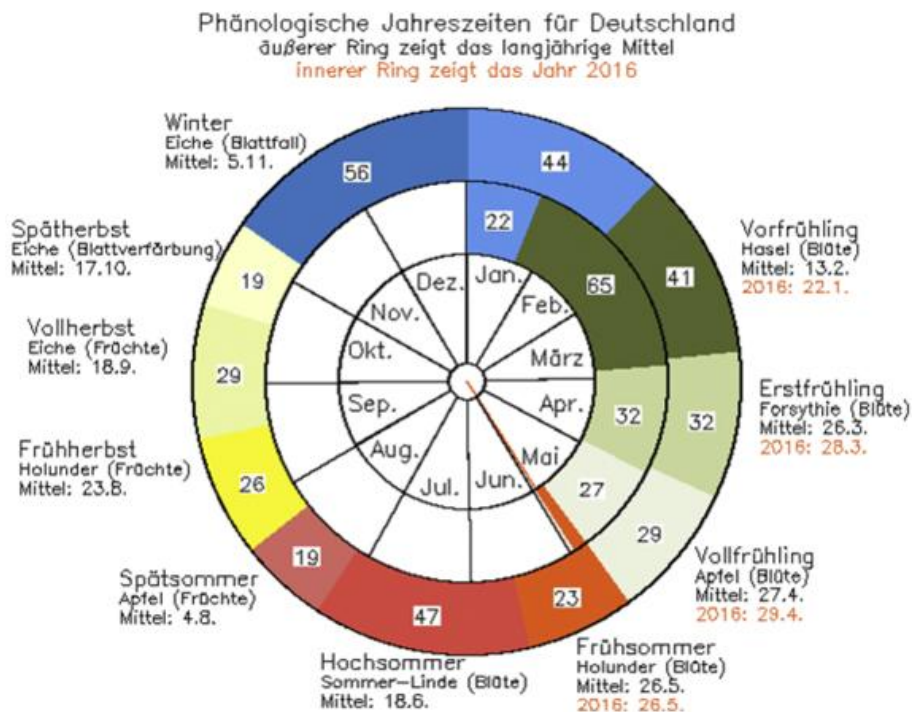


Abb. 9: Phänologische Entwicklung im Frühling 2016

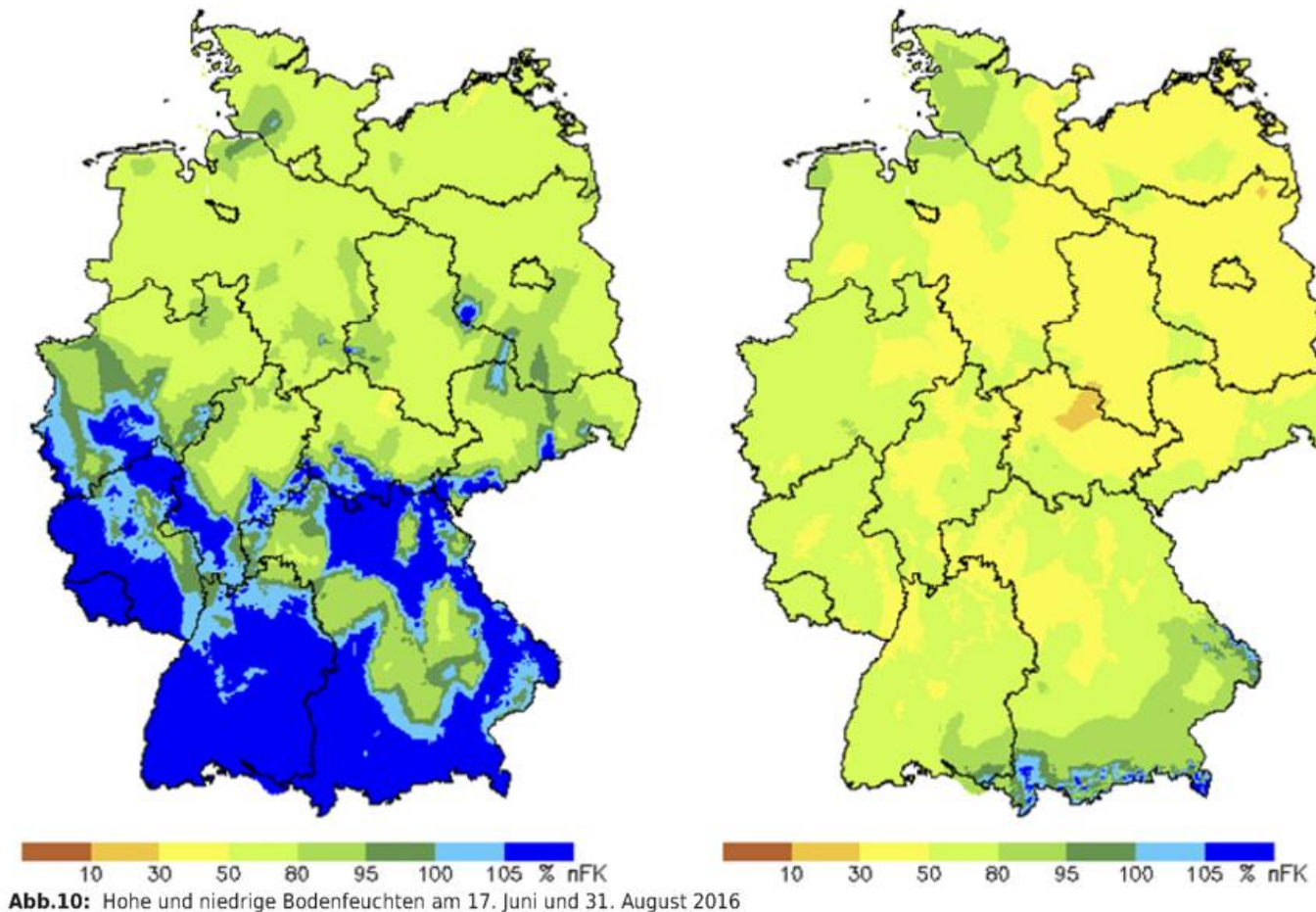
Abb. 9 zeigt den Stand der phänologischen Entwicklung am 30. Mai 2016. Der Vergleich des langjährigen Mittels (äußerer Ring) mit dem Jahr 2016 (innerer Ring) zeigt, dass der phänologische Erst- und Vollfrühling, sowie der Frühsommer geringfügig später eingesetzt haben, als im Mittel der vergangenen Jahre.

Im **Juni** bestimmten vielfach feuchte und mäßig warme Luftmassen das Wetter. Aufgrund geringer Luftdruckunterschiede gab es wenig Abwechslung, jedoch oft heftige Gewitter mit sehr hohen, teilweise auch katastrophalen Niederschlagsmengen, teils mit Hagel oder sogar Tornados. In der zweiten Monatsdekade sorgte die Schafskälte für kühle Temperaturen, am Monatsende wurde es hingegen hochsommerlich warm. Der Juni fiel insgesamt recht warm und niederschlagsreich aus, mit etwas zu wenig Sonne. Bei sommerlichem Monatsbeginn bestand vielfach die Möglichkeit für einen ersten Heuschnitt, während sich im unbeständigen weiteren Monatsverlauf nur die Chance für einen Silageschnitt anbot. Am heißen Monatsende konnte die Wintergerste schnell abreifen und vereinzelt gedroschen werden. Bis zur Monatsmitte hatten Kartoffeln und Zuckerrüben verbreitet die Bestände geschlossen – die Wetterbedingungen waren sehr günstig. Durch die zeitweilige Unbeständigkeit stieg der Infektionsdruck für Pilzkrankheiten wie Phytophthora in den Kartoffeln, Peronospora im Wein sowie für Fusarien und Mehltau im Getreide stark an. Regelmäßige Spritzungen waren die Folge, teilweise mussten die Spritzabstände sogar verkürzt werden. Die teils unwetterartigen Gewitter sorgten regional für Überschwemmungen, Erosionserscheinungen und schwere Schäden an den Kulturen. Neben den Winterkulturen brachen Sommergerste und auch Mais örtlich um. Mancherorts erlitt der Blattapparat der Sommerkulturen einen Hagelschaden. Mit Blick auf die Phänologie wechselte die Natur mit der Sommerlindenblüte und den pflückreifen Johannisbeeren zunehmend ab Monatsmitte in den Hochsommer.

Deutschland befand sich im **Juli** abwechselnd unter dem Einfluss von Hoch- und Tiefdruckgebieten. Zu Monatsbeginn wurde der Norden immer wieder von schwachen Tiefausläufern gestreift, im Süden dagegen dominierte meist der Keil des Azorenhochs. Ab der Monatsmitte sorgte Hoch „Burkhard“ für hochsommerliche Temperaturen. In der letzten Dekade führten schwache Luftdruckgegensätze zu fast tropischen Verhältnissen mit teils extremer Schwüle und heftigen Gewittern. Dabei lagen Orte mit enormen Regenmengen, welche lokal kurzzeitig zu Überschwemmungen führten, und trockene Landstriche oft dicht beieinander. Insgesamt war der Juli deutlich zu warm, häufig etwas zu trocken und durchschnittlich sonnig. Da die freundlichen und weitgehend trockenen Phasen immer nur wenige Tage andauerten und somit kein klassisches Heuwetter herrschte, war die Heuwerbung mitunter ein Glücksspiel. Die wechselhafte, oft feuchtwarme Witterung ließ den Infektionsdruck durch Pilzkrankheiten wie Cercospora, Mehltau und auch Ramularia in den Zuckerrüben sowie Phytophthora in den Kartoffeln weiter ansteigen. Auf Feldern, welche von Starkregen und Wind betroffen waren, brach das Getreide um. Die generelle Juliwärme spiegelte sich in einer zügigen Vegetationsentwicklung wider. In rascher Folge wurden Wintergerste, -raps und -weizen reif. Somit setzte sich die Wintergerstenemte fort, sie konnte nahezu

flächendeckend bis zur Monatsmitte abgeschlossen werden. Am Ende der zweiten Monatsdekade wurden dann die ersten Winterrapsbestände gedroschen und in der dritten Dekade die ersten Winterweizenbestände. Mit letzterem setzte der phänologische Spätsommer ein. Allerdings mussten aufgrund der leichten Unbeständigkeit in manchen Regionen immer wieder Ernteunterbrechungen hingenommen werden. Ab Monatsmitte setzte allmählich der Blühbeginn beim Mais ein.

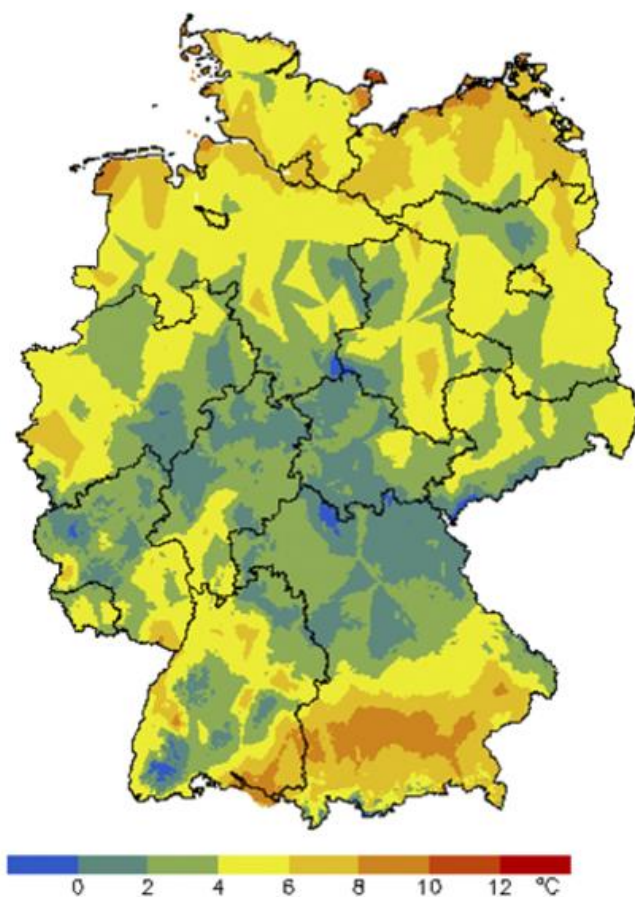
In den ersten drei **August**wochen überstrich den äußersten Süden oft schwülwarme Luft aus dem Mittelmeerraum. An manchen Tagen entluden sich Gewitter oder zogen ausgedehnte Regengebiete heran. Im Norden gestaltete eher tiefer Luftdruck über Skandinavien das Wetter meist wechselhaft und relativ kühl. Es gab in ungünstigen Lagen ersten örtlichen Frost in Bodennähe. Bis zur Mitte kamen die Tiefausläufer jedoch nur selten voran, häufig dominierte ein Keil eines Azorenhochs mit trockener Luft sowie warmen Tagen und vereinzelt frischen Nächten. Zum Monatsende hin präsentierte sich der August verbreitet unter dem Einfluss von Hoch „Gerd“ sonnenscheinreich mit teils ungewöhnlich hohen Temperaturen. Insgesamt ergab sich ein zu warmer, viel zu trockener August mit reichlich Sonnenschein. Die noch ausstehende Ernte von Winterweizen, gebietsweise auch noch Winterraps musste in der ersten Monatshälfte, aufgrund der schauerartigen Niederschläge, immer wieder pausieren. Dabei gab es mancherorts Probleme mit Pilzen und Auswuchs. In den Kartoffelbeständen trat nun vermehrt die Krautfäule, in den Rüben verstärkt die Blattkrankheiten auf. Vor allem ab Monatsmitte wechselte der Mais verbreitet in das Stadium der Milchreife und die Winterrapsbestellung begann ganz allmählich. Zunächst bestand kaum eine Möglichkeit für einen Heuschnitt, erst in der zweiten Monatshälfte lagen günstigere Trocknungsbedingungen vor. Besonders die Trockenstresssituation in der letzten Dekade führte zu ungleichmäßigem Auflaufen bereits ausgebrachter Wintersaaten, zu Problemen bei der Kartoffelrodung, Sonnenbrandschäden im Wein- und Obstbau sowie zur beschleunigten Trockenmassezunahme beim Mais. Außerdem stieg mit der anhaltenden Trockenheit und den hohen Temperaturen die Waldbrandgefahr an. Im Hinblick auf die Phänologie wurde ab der zweiten Dekade verbreitet mit den reifen Früchten beim Schwarzen Holunder der Sommer verabschiedet und der Frühherbst eingeleitet.



**Abb.10:** Hohe und niedrige Bodenfeuchten am 17. Juni und 31. August 2016

*In Abb. 10 ist die Bodenfeuchte in 0 – 60 cm unter Gras für einen sandigen Lehmboden in % nutzbarer Feldkapazität (nFK) dargestellt. Die linke Grafik vom 17. Juni weist bedingt durch die ergiebigen Niederschlagsmengen recht hohe Werte, vor allem in der Südhälfte Deutschlands mit verbreitet mehr als 100 % nFK, auf. Die rechte Grafik zeigt die Bodenfeuchte zum Ende des Sommers, die resultierend aus den weitaus trockeneren Bedingungen im Juli und vor allem August vielerorts, besonders in der Nordosthälfte Deutschlands, auf weniger als 50 %nFK herabgesunken ist.*

*Abb. 11 zeigt anhand der Tiefstwerte der Lufttemperaturen in Erdbodennähe (in °C), dass es in der Nacht auf den 11. August stellenweise sehr kalt wurde. In der Mitte Deutschlands sanken die Werte verbreitet unter 4°C und regional, z.B. im Norden Bayerns oder im Harz, lagen die Tiefsttemperaturen sogar im leichten Frostbereich.*



**Abb.11:** Frostige Tiefsttemperaturen am Erdboden in der Nacht auf den 11. August 2016

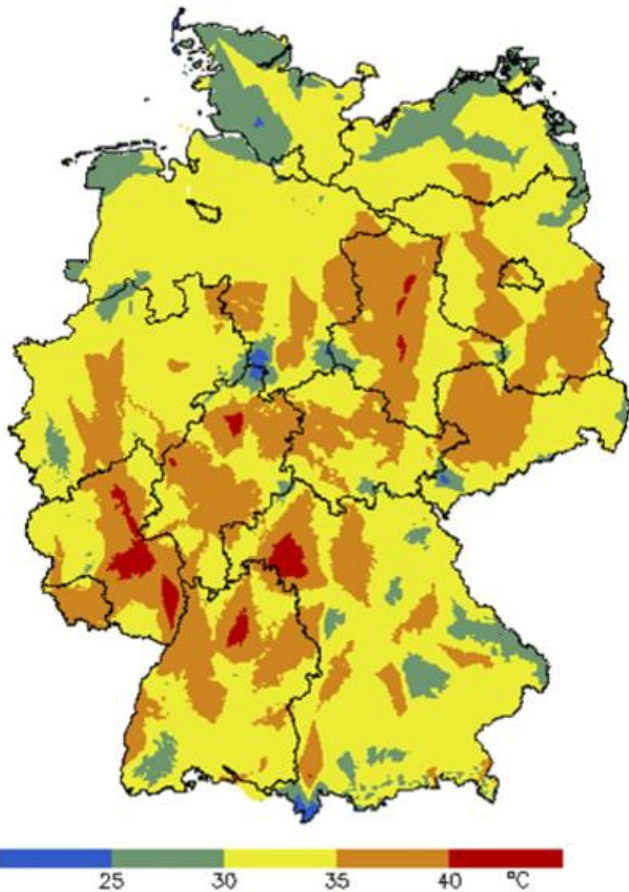


Abb. 12 zeigt als Kontrast zu Abb. 11 die maximalen gemessenen Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe (in °C) am heißesten Sommertag, dem 27. August. In Teilen von Südwestdeutschland stieg das Quecksilber auf über 40°C.

Durch den permanenten Wechsel zwischen nassen und trockenen Phasen, waren die Bedingungen für die Winterweizenernte im Sommer 2016 nicht optimal und die Arbeiten fanden im Deutschlandmittel ein paar Tage später statt als im Schnitt der Jahre seit 1992 (Abb. 13, linke Grafik, Meldestand 15.09.2016). Die Winterweizenernte begann im Juli in weiten Teilen Nordost- und Südwestdeutschlands und zog sich insgesamt bis zum September hin (rechte Grafik).

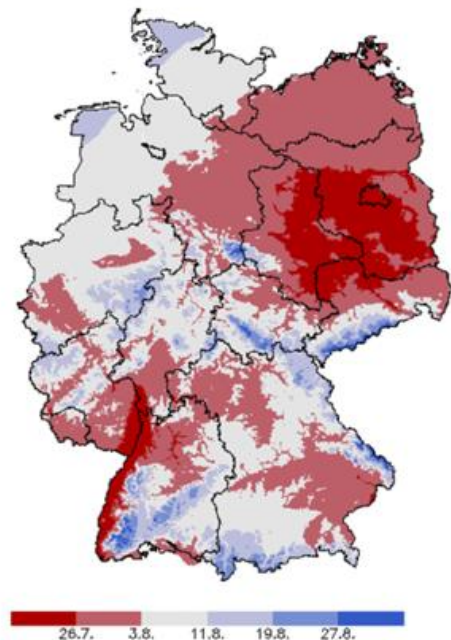
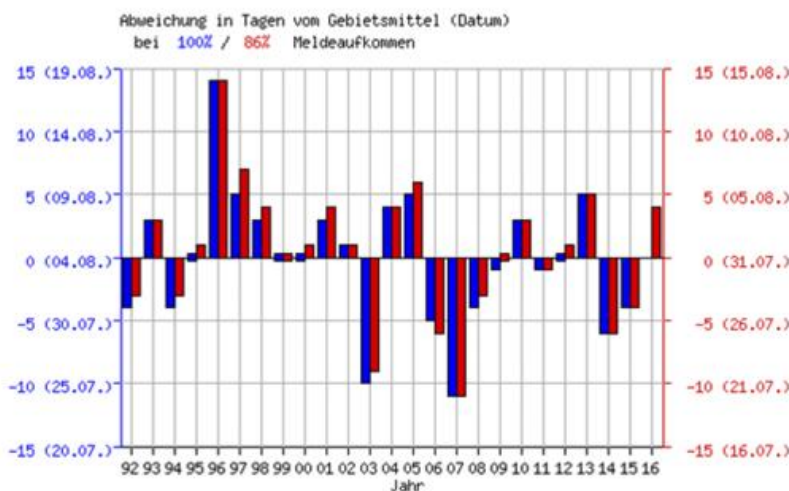
Abb. 12: Maximale Bodentemperaturen am 27. August 2016

**Winterweizen: Ernte 2016**

Deutschland  
1. Mähdung: 11. Juli letzte Mähdung: 1. September Mähdquote: 86 %

**Winterweizen: Ernte 2016**

Deutschland  
1. Mähdung: 11. Juli letzte Mähdung: 1. September Mähdquote: 86 %



Die Grafik soll die Einordnung der aktuellen Pflanzenentwicklung im Vergleich zu den Vorjahren ermöglichen.

In blau werden Datum und Abweichung der Einzeljahre vom mehrjährigen Mittel bei abgeschlossener Phase dargestellt.

In rot werden Datum und Abweichung der Einzeljahre vom mehrjährigen Mittel bei dem Meldeaufkommen dargestellt, das im aktuellen Jahr zurzeit vorliegt.

Die roten Säulen entfallen, wenn die Phase im aktuellen Jahr abgeschlossen ist.

Abb. 13: Späte Winterweizenernte 2016

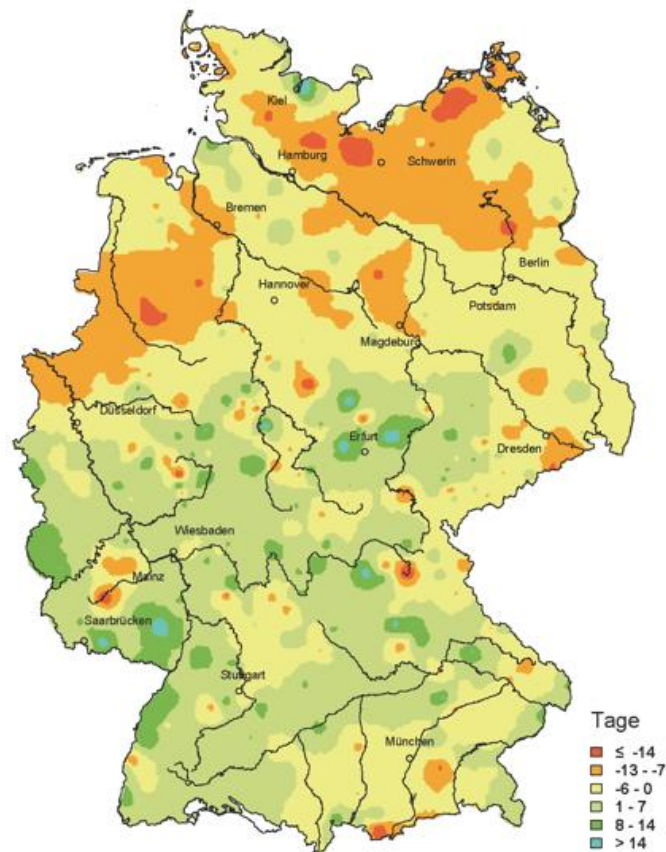
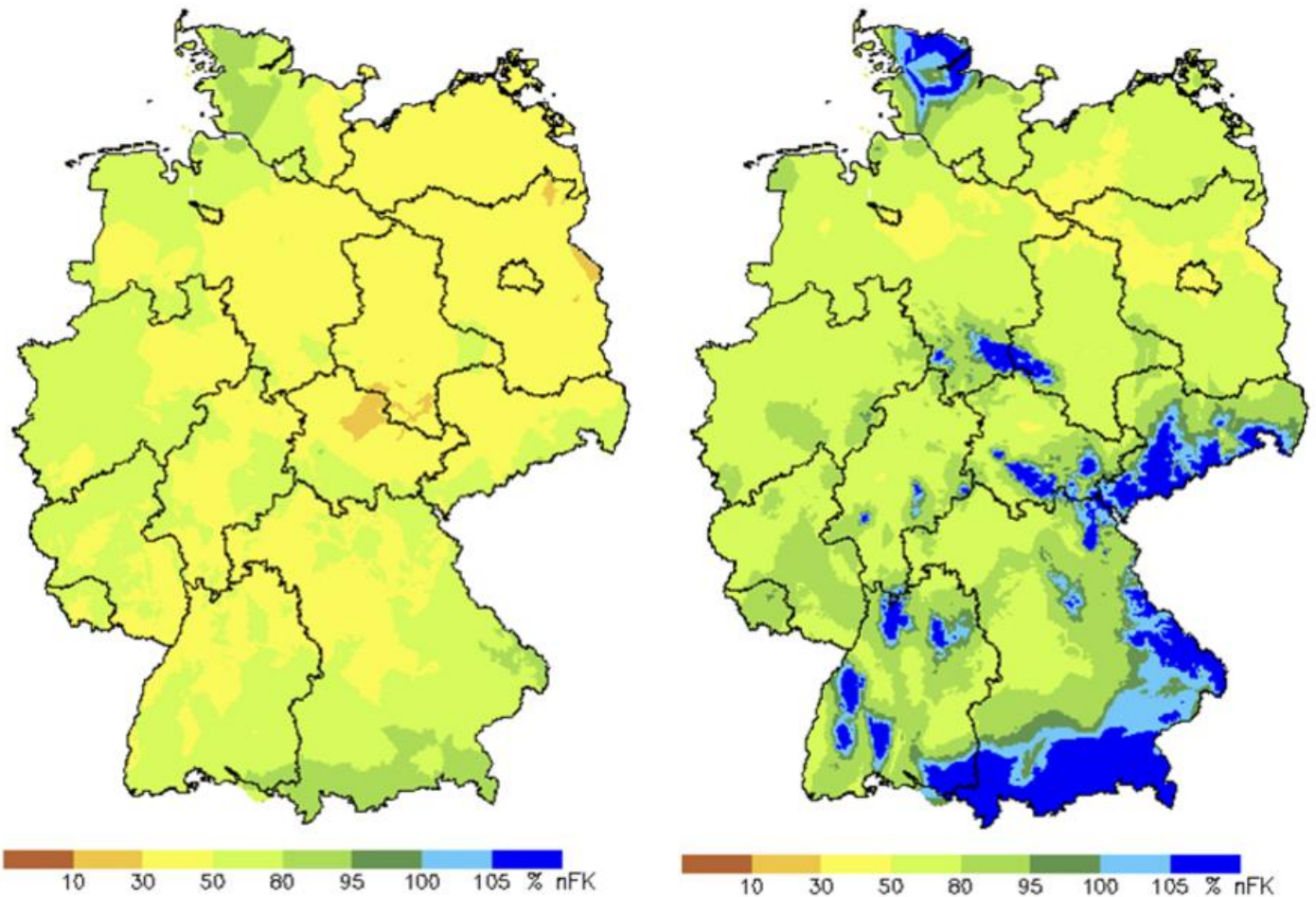


Abb. 14: Abweichung (Tage) des Beginns der Fruchtreife der Rosskastanie 2016 vom langjährigen Mittel

Anhaltender Hochdruckeinfluss hielt Tiefdruckgebiete weitgehend von Mitteleuropa fern und sorgte so für einen trockenen, extrem warmen und sehr sonnenscheinreichen **September**. Nur zur Beginn der 2. Monatshälfte konnte sich in Mittel- und Süddeutschland vorübergehend kühles Wetter mit gebietsweise ergiebigen Niederschlägen durchsetzen. Meist strömte jedoch sehr warme bis heiße Luft ein. Damit erlebten die Menschen einen der wärmsten Septembermonate seit Aufzeichnungsbeginn. Der Winterraps lief in der 1. Monatsdekade verbreitet, aber teils ungleichmäßig auf und auch der Zuflug der Rapsdflöhe begann. Die Kartoffelernte wurde fortgesetzt und zur Monatsmitte begann die Zuckerrübenkampagne, wobei es aufgrund der Trockenheit zu Problemen bei der Rodung der Hackfrüchte kam. Zum Monatsende lagen die Bodenfeuchten in der Schicht bis 60 Zentimeter Tiefe unter Gras bei sandigem Lehmboden verbreitet unter 50 % nFK, im Oberboden teilweise sogar unter 10 % nFK. Dadurch war auch die Saatbettbereitung nicht überall problemlos möglich. Die Bestellung von Winterroggen und -gerste startete verbreitet ab der 2. Monatshälfte, von Winterweizen erst zum Monatsende. Allerdings machte sich auch hier die Trockenheit bemerkbar – die Bestände liefen zögernd und ungleichmäßig auf. Dies gilt auch für die Zwischenfrüchte. Vielerorts erfolgte nochmals ein Grünlandschnitt, manchmal sogar noch ein Heuschnitt. Aufgrund des hohen Temperaturniveaus und der anhaltenden Trockenheit reiften die Maisbestände ungewöhnlich schnell und uneinheitlich ab, sodass der

Silomais – der teilweise schon vertrocknet war – bis zum Monatsende größtenteils abgeerntet wurde. Ebenso von der Trockenheit zeugten die sehr frühen Blattverfärbungen und sogar der Blattfall, vor allem bei Pappeln und Birken. Stiel-Eiche und Rosskastanie (Abb. 14) läuteten zur Monatsmitte mit ihrer Fruchtreife den phänologischen Vollherbst ein.

Ein außergewöhnlich starkes Hochdruckgebiet blockierte im **Oktober** die Zugbahn atlantischer Tiefdruckgebiete nach Osteuropa. Damit kamen diese meist nur bis West- oder Mitteleuropa voran. Während fast des gesamten Monats konnte somit nur wolkenreiche und meist kühle Luft einfließen. Unterm Strich fiel der Oktober extrem sonnenscheinarm und leicht zu kühl mit meist durchschnittlichen Niederschlagsmengen aus. Der Oktober war damit der erste zu kalte Monat im Jahr 2016. Wichtiger als die Temperaturen waren aber die Niederschläge, die endlich wieder flächendeckend fielen. Wenn auch nicht überall das Niederschlagsoll erreicht wurde, gab es doch eine Entspannung der Bodenfeuchtesituation. Die Befahrbarkeit der Felder blieb aber vielfach erhalten. Die Feuchtigkeit im Boden verbesserte die Keim- und Auflaufbedingungen der Winterkulturen und auch Bodenherbizide konnten nun endlich wirksam eingesetzt werden. Andere Herbstarbeiten wie der Einsatz von Wachstumsreglern oder noch ausstehende Winterweizenaussaat konnte in Ruhe geschehen. Auch die Ernte von Zuckerrüben, späten Kartoffeln und Silomais



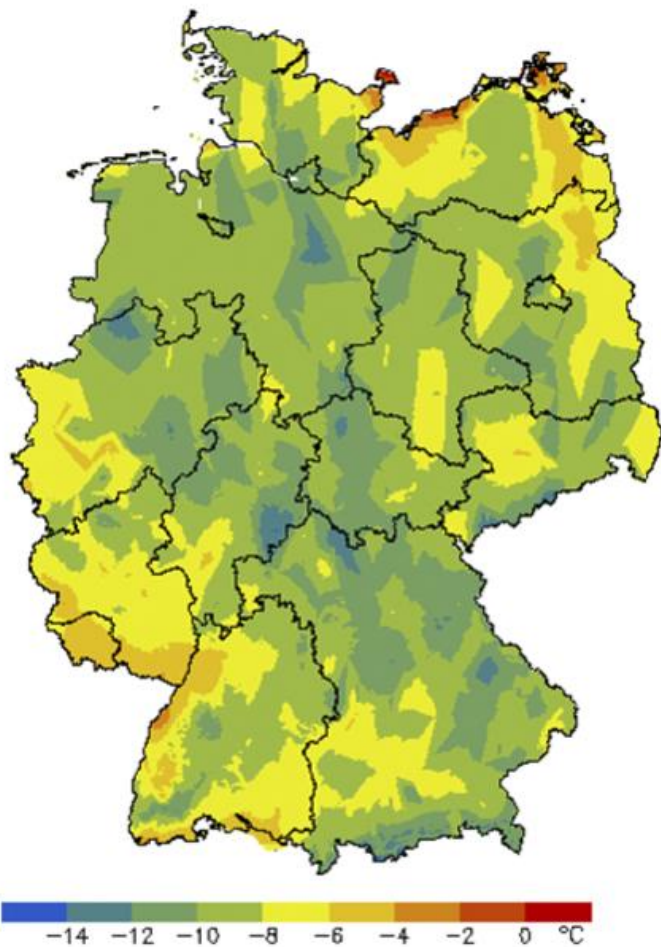
**Abb. 15:** Niedrige und hohe Bodenfeuchten am 15. September und 25. Oktober 2016

*In Abb. 15 ist die Bodenfeuchte in 0 – 60 cm unter Gras für einen sandigen Lehmboden in % nutzbarer Feldkapazität (nFK) dargestellt. Die linke Grafik vom 15. September zeigt, dass es zu Beginn des Herbstes zu trocken war – die Bodenfeuchten lagen verbreitet bei unter 50 % nFK. Erst Ende Oktober (rechte Grafik) entspannte sich die Situation allmählich und die Bodenfeuchten stiegen flächendeckend auf 50 bis 80 % nFK, oder mehr. Regional – wie beispielsweise im Süden Bayerns – wurden am 25. Oktober sogar die 100 % nFK überschritten.*

wurde zügig fortgesetzt. Aufgrund der trockenen Vormonate August und September wurde in vielen Regionen ein erhöhtes Blattlausaufkommen beobachtet. Durch die insgesamt kühlen Witterungsverhältnisse und die abnehmende Tageslänge, setzte zur Monatsmitte verstärkt die herbstliche Blattverfärbung und somit der phänologische Spätherbst ein. Gegen Ende Oktober startete schließlich ganz vereinzelt der Blattfall der Stiel-Eiche, der den phänologischen Winter markiert – allerdings deutlich später als in den letzten 5 Jahren.

Der **November** brachte äußerst wechselhaftes Wetter. Sein Repertoire reichte von stürmischen und frostigen Perioden bis hin zu einem spätsommerlichen Gastspiel

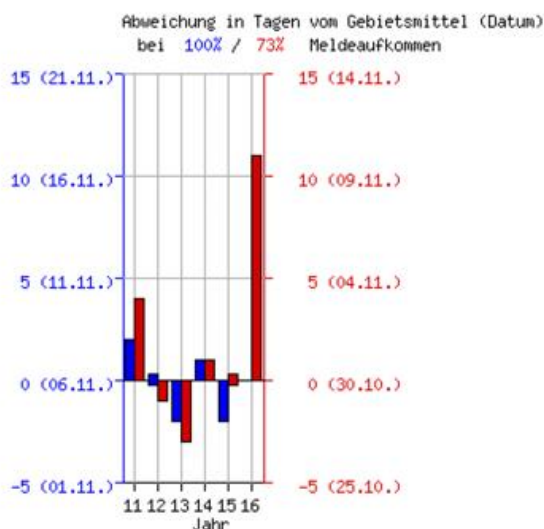
– besonders hervorzuheben das Föhnwetter in Süddeutschland. Insgesamt war der Monat etwas zu trocken, aber sonnenscheinreich. Die Temperaturbilanz fiel häufig negativ aus – vor allem durch die zu kalte erste Monatshälfte und das frostige Monatsende. Mit einer monatlichen Mitteltemperatur von weniger als 5°C kehrte im November deutschlandweit die Vegetationsruhe ein. Während der ersten richtigen Kältewelle vom 12. bis 15. trat in den Nächten verbreitet leichter bis teils mäßiger Frost, im Bergland auch Dauerfrost auf. Dort fielen sogar die ersten Schneeflocken. Die Zwischenfrüchte froren vielfach ab und die Bäume verloren vermehrt ihre Blätter. Erst das trockene und lange Zeit milde Herbstwetter in der zweiten Monatshälfte erlaubte die Wiederaufnahme der Außenarbeiten wie das Roden der noch verbliebenen Zuckerrübenbestände, die letzten Bestellungen von Winterweizen, das Einkürzen der Wintergetreidebestände und das Ziehen der Winterfurche. Die in den ersten beiden Dekaden gefallenen Niederschläge führten vielfach zur Sättigung bzw. Übersättigung schwerer und mittelschwerer Böden, sodass die Befahrbarkeit der Felder zunehmend eingeschränkt und mancherorts vorübergehend nicht mehr möglich war. Ab dem 1. Adventswochenende setzte eine zweite und deutlich stärker ausgeprägte Kältewelle ein – in den Weinbaugebieten



**Abb. 16:** Frostige Tiefsttemperaturen am Erdboden in der Nacht auf den 29. November 2016

**Stiel-Eiche: Herbstlicher Blattfall 2016**

Deutschland  
1. Meldung: 7. Oktober letzte Meldung: 4. Dezember Meldequote: 73 %



Die Grafik soll die Einordnung der aktuellen Pflanzenentwicklung im Vergleich zu den Vorjahren ermöglichen.  
In blau werden Datum und Abweichung der Einzeljahre vom mehrjährigen Mittel bei abgeschlossener Phase dargestellt.  
In rot werden Datum und Abweichung der Einzeljahre vom mehrjährigen Mittel bei dem Meldeaufkommen dargestellt, das im aktuellen Jahr zurzeit vorliegt.  
Die roten Säulen entfallen, wenn die Phase im aktuellen Jahr abgeschlossen ist.

in West- und Süddeutschland nutzten einige Winzer die Chance für eine frühe Eisweinlese. Aus phänologischer Sicht ist mit dem Blattfall der Stiel-Eiche, welcher bis zur Monatsmitte in den meisten Regionen gemeldet war, endgültig der Winter eingeleitet.

Im **Dezember** herrschte Hochdruckwetter mit viel Sonne, aber auch Nebel. Die geringen Niederschläge konnten den Bodenwasservorrat nicht auffüllen. Zwischen einem milden Monatsbeginn und -ende breitete sich Kaltluft aus, sodass es zumindest nachts oft Frost gab. Während der kalten Phase wurden die Winterungen abgehärtet, der Frost konnte wenige Zentimeter in den Boden eindringen. Zwischenfruchtbestände begannen abzufrieren. Nur über Weihnachten unterbrachen Tiefausläufer mit milder Luft, Regen und einem Sturmtief den Hochdruckeinfluss. An den Feiertagen lag nur im Bergland etwas Schnee. In den milden Phasen wurde die Winterruhe etwas gelockert, ansonsten hielt sie an. Zum Jahresende blühten vereinzelt im Norden erste Haselsträucher. Die Zuckerrübenkampagne ging zu Ende.

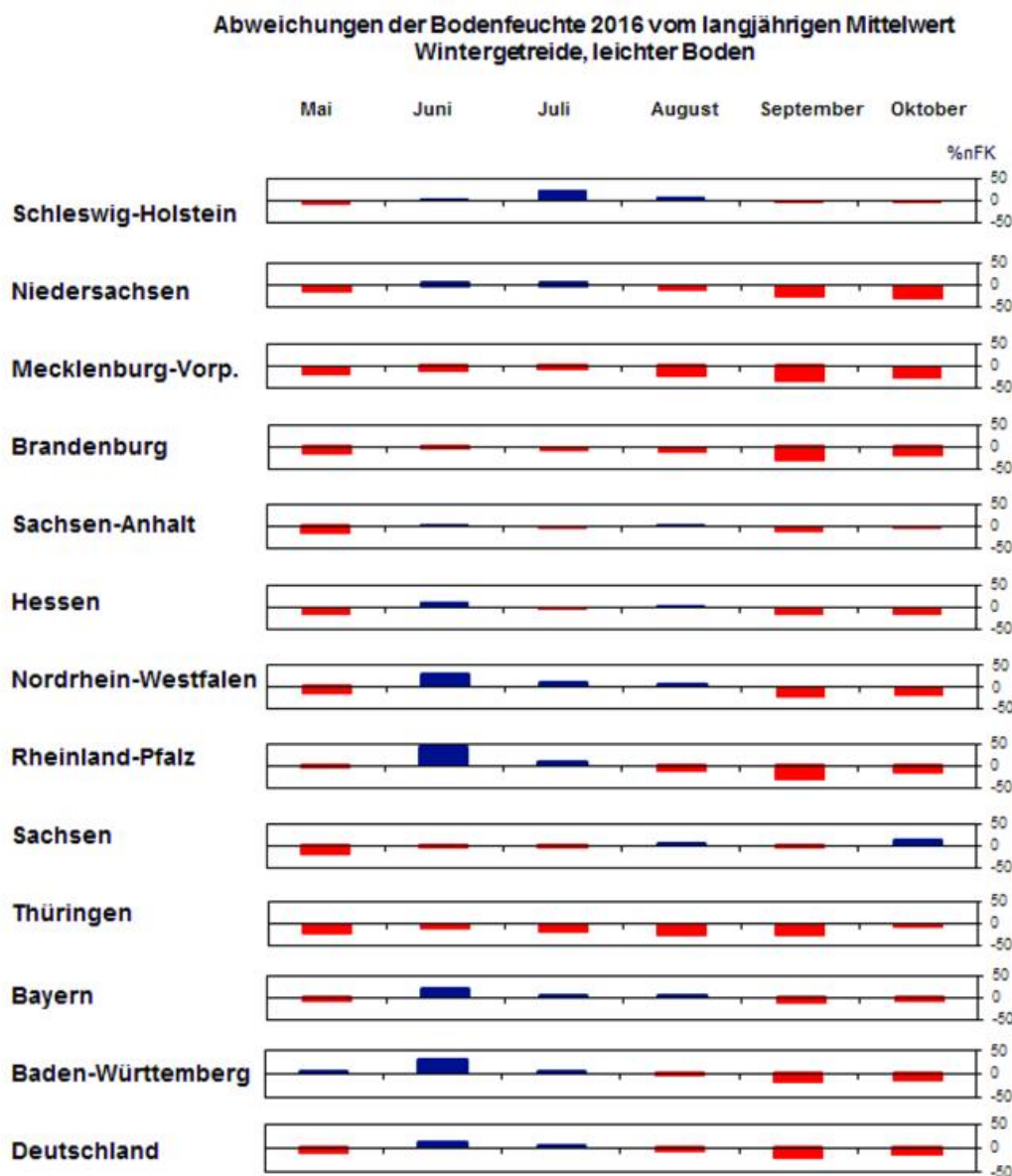
Abb. 16 zeigt anhand der Tiefstwerte der Lufttemperaturen in Erdbodennähe (in °C), dass es in der Nacht auf den 29.11. bereits sehr winterlich war. Die Werte in Erdbodennähe sanken nahezu flächendeckend in den Frostbereich. In den meisten Regionen Deutschlands lagen sie bei rund -10°C.

Abb. 17 zeigt die Meldungen des Blattfalls der Stiel-Eiche, der für den phänologischen Winterbeginn steht. Im Gegensatz zum Mittel der vergangenen 5 Jahre fand dieser, bei einem Meldeaufkommen von 73 %, gut 10 Tage später statt.

**Abb. 17:** Blattfall Stiel-Eiche Herbst 2016

### Bodenfeuchte und Mikroklima

Nach einem erneut sehr milden Winter verlief das Frühjahr 2016, im Unterschied zu den Vorjahren, in denen die Jahreszeit nahezu ausnahmslos zu warm und auch meist zu trocken war, mit insgesamt ausgeglichener Temperatur- und Niederschlagsbilanz. Die Vegetationsentwicklung begann daher recht verhalten. Auch der Sommer war weiterhin durch nur mäßig warme Luftmassen bestimmt. Während im Südwesten Maximalwerte bei der Bodenfeuchte registriert wurden, gab es in den östlichen Bundesländern deutlich trockenere Bedingungen. Im September und Oktober trockneten die Böden im gesamten Land weiter aus, siehe „Besondere Situation 2016“. Die Temperaturen lagen im größten Teil des Jahres über den langjährigen Mittelwerten, was sich auch in erhöhten Bodentemperaturen widerspiegelte.



**Abb. 18:** Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten in % nFK im Jahr 2015 vom langjährigen Mittelwert 1962-2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2016 *Mikroklima 2016*

Nachdem die Frühjahrsmonate März und April niederschlagsnormal verliefen, startete der Monat Mai in ganz Deutschland zu trocken in die neue Vegetationsperiode. Im Juni und Juli gab es besonders in den westlichen und südlichen Landesteilen positive, nach Osten eher negative Bodenfeuchteabweichungen. Von August bis September fiel deutschlandweit insgesamt nur sehr wenig Niederschlag und so gab es überall Probleme mit zu trockenen Böden und daraus resultierenden Ertragsverlusten.

Das Jahr 2016 verlief in Deutschland mit einem Plus von 1,3 K deutlich zu warm - brachte aber nicht wie 2014 und 2015 neue Temperaturrekorde. Die Wintermonate Dezember bis Februar waren durch positive Abweichungen der Bodentemperatur gekennzeichnet. Bis auf den Oktober, dort gab es leicht negative Abweichungen, waren alle Monate des Jahres zu warm. Positive Abweichungen der potenziellen Verdunstung traten im Mai und dann mit deutlichen Abweichungen im August und September auf, siehe auch „Besondere Situation 2016“.

**Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2016**

	Januar		Februar		März				April				Mai				Juni			
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Schleswig-Holstein	-0,6	0,4	1,8	2,7	0,8	0,8	95,9	-5,8	-0,1	0,2	94,9	74,9	1,3	1,6	115,0	59,5	1,9	2,2	100,8	87,1
Niedersachsen	0,6	0,5	1,8	2,9	0,3	0,6	96,4	-4,5	0,2	-0,1	105,8	62,1	1,0	1,1	119,4	54,4	1,8	2,0	102,6	86,9
Mecklenburg-Vorp.	-1,3	-0,1	2,1	3,5	1,1	1,5	92,0	-4,7	0,6	0,5	111,3	56,7	1,7	1,8	117,0	42,6	2,0	1,7	110,9	68,4
Brandenburg	-0,8	0,2	2,5	4,1	0,8	1,3	82,4	-3,5	0,3	0,2	101,8	58,9	1,3	1,4	115,5	42,2	2,3	2,0	108,6	68,0
Sachsen-Anhalt	-0,2	0,0	2,5	4,1	0,6	1,1	82,5	-2,5	0,8	0,0	107,6	47,9	1,7	1,6	119,1	40,4	2,9	2,4	114,0	67,9
Hessen	1,1	2,1	1,9	3,7	-0,6	0,5	88,3	-2,2	-0,4	-0,7	103,2	69,0	0,1	0,3	108,7	56,7	0,8	1,0	94,2	101,9
Nordrhein-Westfalen	1,6	2,4	1,4	1,9	-0,7	-0,3	92,6	-1,8	0,0	-0,3	105,1	71,0	0,8	1,0	115,0	49,2	1,2	1,8	92,7	113,8
Rheinland-Pfalz	2,0	2,4	2,0	3,1	-0,8	0	88,3	-1	-0,2	-0,2	91,2	84,8	0,2	0,6	98,5	78,7	0,4	1,6	81,8	130,2
Sachsen	0,4	1,4	2,2	4,5	0,2	1,4	80,9	-1	0,6	0,2	105,0	56,1	1,0	0,8	114,2	48,9	2,4	1,9	109,6	68,5
Thüringen	0,7	1,4	2,0	4,4	0,1	1,4	85,0	-3,0	0,3	-0,2	104,5	52,1	0,6	1,0	115,3	35,0	2,0	1,9	109,4	71,9
Bayern	1,2	3,1	2,4	5,8	0	1,4	97,0	-3,0	0,4	0,3	99,5	60,4	-0,2	0,7	105,5	63,9	1,1	1,8	95,7	87,7
Baden-Württemberg	2,0	2,7	2,2	3,9	-0,5	-0,1	96,7	-1,4	0,1	0,1	91,2	78,8	-0,3	0,0	97,7	81,9	0,6	1,2	91,4	101,7
Gesamt BRD	0,7	1,6	2,1	3,8	0,1	0,8	91,9	-2,8	0,2	0,1	100,6	66,3	0,6	0,9	110,3	58,4	1,5	1,8	99,1	90,3

	Juli				August				September				Oktober				November		Dezember	
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E	A	B	A	B
Schleswig-Holstein	0,8	1,1	95,2	-0,8	-0,1	0,0	96,3	0,2	3,7	2,6	131,0	-11,1	0,0	0,5	82,2	0,4	-0,8	-1,7	2,2	3,2
Niedersachsen	1,2	1,1	108,3	-2,2	0,2	0,0	103,2	-0,6	3,9	2,2	141,7	-20,4	-0,2	-0,1	72,8	-6,5	-0,4	-1,3	1,5	2,0
Mecklenburg-Vorp.	0,6	0,9	101,1	-2,1	-0,2	0,0	104,4	-1,8	3,5	2,4	136,3	-20,9	-0,3	0,3	72,4	3,0	-0,4	-0,9	1,9	2,7
Brandenburg	0,7	1,2	99,5	-2,1	-0,1	-0,1	100,0	-0,6	3,5	2,3	138,5	-27,1	-0,5	0,3	56,5	10,2	-0,4	-1,0	1,2	1,8
Sachsen-Anhalt	1,7	1,4	110,4	-2,4	0,9	0,2	109,0	-1,8	4,2	2,8	135,9	-24,6	0,1	1,0	55,0	12,6	-0,1	-0,7	1,3	2,1
Hessen	0,7	0,6	104,9	-1,2	0,3	-0,3	110,5	-0,5	3,5	2,4	138,0	-21,9	-0,4	-0,2	77,8	2,8	-0,1	-0,5	0,2	0,8
Nordrhein-Westfalen	1,1	0,7	109,5	-2,5	0,2	-0,1	109,2	-0,2	3,6	2,0	146,9	-38,1	-0,7	-0,8	76,5	-10,0	-0,2	-0,5	1,0	1,2
Rheinland-Pfalz	1,1	1,2	101,9	-2,2	0,8	0,5	111,0	-1,7	3,5	2,5	132,6	-46,6	-0,7	-0,5	80,5	3,2	0,4	0,5	-0,2	0,2
Sachsen	1,4	1,3	109,3	-1,7	0,6	0,2	111,2	-2,0	3,5	2,5	127,8	-8,0	-0,3	0,5	53,8	15,1	0,0	-0,3	0,3	1,4
Thüringen	1,0	1,3	111,6	-3,1	0,5	0,4	118,2	-2,7	3,5	3,2	131,7	-5,7	-0,5	0,5	56,3	16,8	-0,2	-0,3	0,5	1,6
Bayern	1,2	1,2	105,3	-0,9	0,7	0,1	113,6	-1,4	2,9	2,3	129,8	-17,5	-0,2	0,0	81,4	0,3	0,1	0,2	-0,3	1,4
Baden-Württemberg	1,3	0,6	107,2	-1,9	0,8	-0,2	111,7	-2,0	2,7	1,7	124,1	-23,7	-0,6	-1,0	89,2	-1,9	0,2	0,0	-0,4	0,1
Deutschland	1,1	1,0	105,1	-1,8	0,4	0,1	108,3	-1,2	3,4	2,3	134,2	-23,0	-0,4	-0,1	74,8	1,7	-0,1	-0,5	0,7	1,5

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

**Tab. 1:** Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2016.

Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2016 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman-Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

## Besondere Situation 2016

### Trocken-warme Witterungsperiode im August/September 2016

#### Einleitung

Im September herrschte in Deutschland eine ungewöhnliche Trockenheit, die u.a. zu massiven Auflaufproblemen bei Winter- und Zwischenfrüchten, zur ungewöhnlich schnellen Abreife bei einigen Sommerungen (z.B. Mais) und zu bodenbedingten Ernteproblemen führte. Ernteunterstützende späte Beregnungsmaßnahmen (z.B. bei Zuckerrüben bzw. Kartoffeln) wurden notwendig. Begleitet wurde die Trockenperiode durch ein sehr hohes, untypisches Temperaturniveau (siehe auch Abb. 19).

In Abb. 20 sind die Monatsniederschläge für den September dargestellt. Die linke Grafik zeigt, dass in Teilen von Nordrhein-Westfalen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg weniger als 10 mm Regen fielen. Von der Fortführung der Trockenheit blieben im September vorwiegend Teile Sachsens, Thüringens und Bayerns ausgenommen. Die Perzentilverteilung der Niederschlagssumme (rechts) zeigt, dass solch geringe Regenmengen (Werte unter 4 %) im Durchschnitt nur alle 25 Jahre auftreten.

#### Wetterlage und meteorologische Situation

Ursache für Trockenheit und Wärme war eine von Mitte August bis Ende September andauernde, sonnenscheinreiche Hochdrucklage, die jeweils nur kurz von durchziehenden Tiefausläufern unterbrochen wurde. Flächendeckender Regen fiel kaum, so dass sich - in Verbindung mit hohen Temperaturen und hohen Verdunstungsverlusten - bis Ende September eine hohe negative Wasserbilanz aufsummierte.

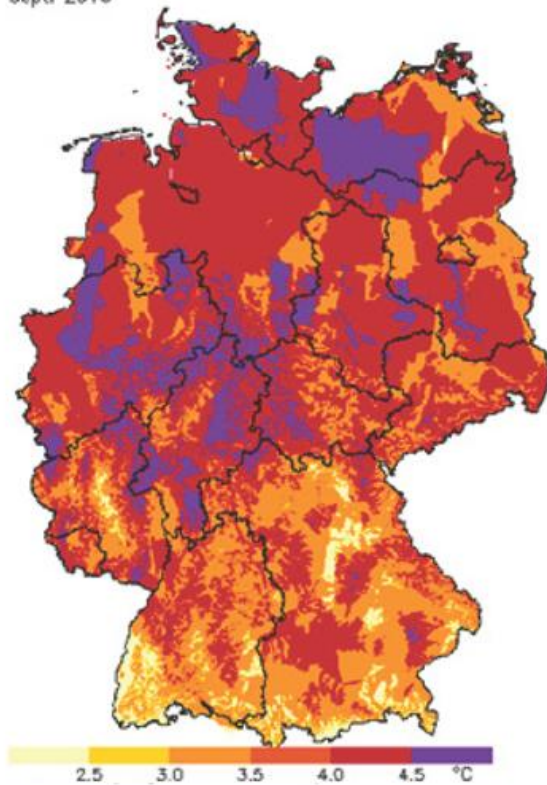
#### Bodentemperatur

Als Ausdruck dieser Situation zeigt Abb. 19 (links) die Abweichung der 5 cm-Bodentemperatur des Septembers von der Referenzperiode. Deutschlandweit lag die Differenz bei +3 bis +5 K, wobei das absolute Temperaturniveau (19°C) eher sommerlichen als frühherbstlichen Verhältnissen entsprach. Rechts ist die Perzentilverteilung der mittleren Bodentemperatur in 5 cm Tiefe (unbewachsener Boden) dargestellt. Werte über 96 %, die fast im gesamten Bundesgebiet auftreten, bedeuten, dass diese Temperaturen nur alle 25 Jahre oder seltener erreicht werden.

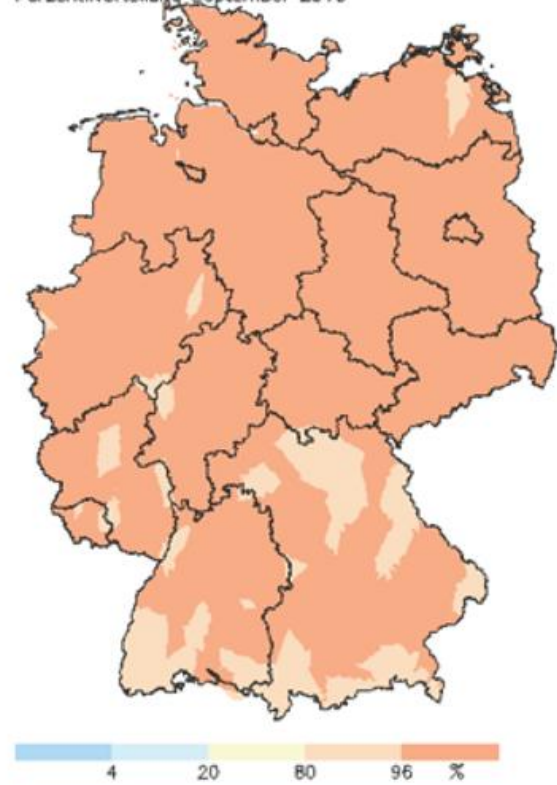
#### Bodenfeuchte

Ausgelöst wurde die Situation durch die geringen Niederschläge im August. Diese fielen überwiegend in der ersten Monatshälfte. Die gesamte Monatssumme des August erreichte im bundesweiten Mittel lediglich 60% des langjährigen Wertes. Regionale Monatswerte, die nahe oder etwas über den klimatologischen Normalwerten lagen, waren auf den Süden Bayerns und die nordwestdeutsche Küstenregion beschränkt.

Abweichung zur Monatsmitteltemperatur (1981–2010)  
Sept. 2016

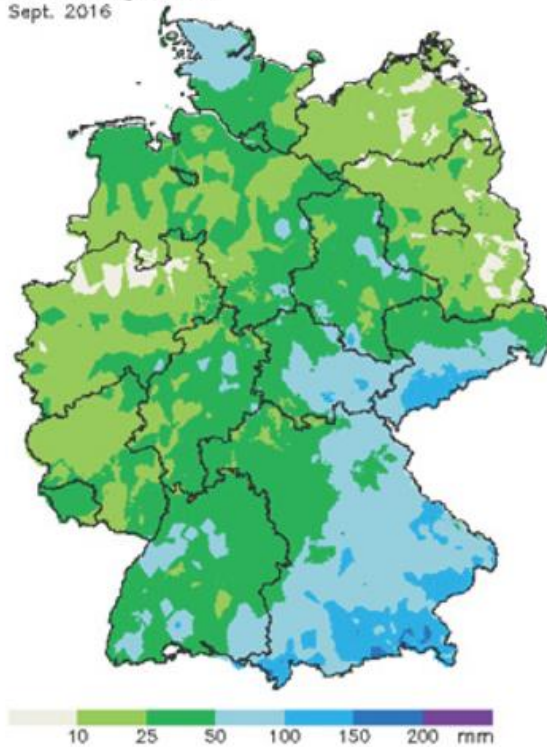


Mittlere Bodentemperatur in 5 cm  
Perzentilverteilung September 2016

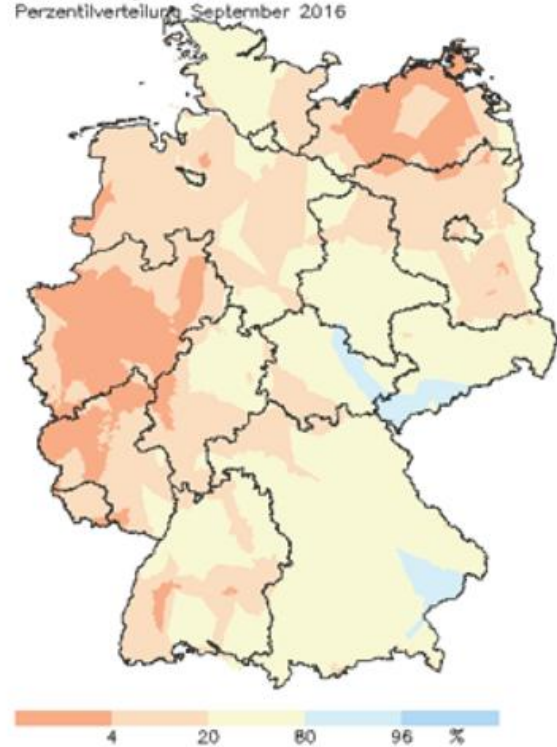


**Abb. 19:** Abweichung der Bodentemperatur (5 cm Tiefe, sandiger Lehm, unbewachsen) im September 2016 vom mittleren Monatswert des Vergleichszeitraums 1981-2010 (links), Perzentilverteilung der mittleren Bodentemperatur (rechts)

Niederschlagssumme  
Sept. 2016



Niederschlagssumme  
Perzentilverteilung September 2016



**Abb. 20:** Niederschlagssumme im September 2016 (links), Perzentilverteilung (rechts)

## Wetterrückblick Wein 2016

H. H. Schmitt

### Winzer im Wechselbad der Gefühle / Dauerregen und Sonnenbrand / Neidischer Herbst / Vielfältige Herausforderungen für die Winzer

Das Weinjahr 2016 brachte eine breite Palette an ungewöhnlichen Witterungsbedingungen und stellte die Winzer vor vielfältige Herausforderungen. Die meisten bewältigten diese Herausforderungen mit hohem Aufwand, doch in einigen Fällen mussten die Winzer auch einen Totalausfall beklagen. An eine vergleichbar schwierige Pflanzenschutzsaison können sich selbst alte Winzer nicht erinnern.

Den Anfang machte ein - wieder einmal - viel zu milder Winter. Die Trauben, die für eine Eisweinlese vorgesehen waren, schienen schon fast verloren, als es am 18./19. Januar doch noch ausreichende Minusgrade unter -10°C gab. Im Endergebnis wurde der Winter aber zum zweitwärmsten seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen vor mehr als 130 Jahren gemeinsam mit den Wintern 1975 und 1990.

Was sich aber als viel wichtiger erweisen sollte: Das Jahr begann ungewöhnlich nass - und sollte es auch bis in den Sommer hinein bleiben. Zunächst waren die überdurchschnittlichen Regenmengen noch äußerst willkommen, da nach dem extrem trockenen Jahr 2015 die Wasserreserven im Boden wieder aufgefüllt werden konnten. Nachdem dann aber auch der April noch einmal sehr nass ausfiel und von Mitte Mai bis Ende Juni fast täglich Regen - häufig sehr ergiebig - über die Weinbaugebiete hinweg zog, drohten die Hoffnungen der Winzer im Regen zu ertrinken.

Bis dahin war die Rebenentwicklung - unbeschadet von zu kühlen Phasen (mit lagenweisen Spätfrostschäden in den letzten Apriltagen) und kurzzeitigen Wärmeperioden (in der ersten Maihälfte) weitgehend normgerecht verlaufen. Austrieb und Blüte entsprachen im Referenzweinberg am Eltviller Sonnenberg fast exakt den Durchschnittswerten. Was aber nicht der Norm entsprach, war der Befallsdruck durch pilzliche Schaderreger, allen voran durch die Peronospora. Hinzu kamen - wiederholt Hagelschläge mit teilweise erheblichen Schäden.

Weinberge, in denen Pflanzenschutzmaßnahmen aufgrund der schwierigen Witterungsbedingungen nicht termingerecht durchgeführt werden konnten, litten unter massivem Pilzbefall, der sich später in Ertragsausfällen bis zum Totalausfall zeigen sollte. Dort, wo Blätter und Trauben die schwierige Zeit unbeschadet überstanden, folgte ein spätes Herbstwunder: Juli, August und September fielen viel zu trocken aus; die Sonne, die sich lange

Zeit sehr rar gemacht hatte, erfüllte (Juli) und übertraf (August und September) die Erwartungen, die Rebenentwicklung nahm wieder Fahrt auf.

Nach einem normalen Reifebeginn in den letzten Augusttagen führte der vielerorts wärmste September seit Menschengedenken dazu, dass sich die Trauben bestens entwickelten, Krankheiten plötzlich kein Thema mehr waren und die gefürchtete Kirschesigfliege bei Hitze und Trockenheit förmlich schlapp machte. Diese positive Entwicklung konnten auch Regenfälle in den ersten Oktobertagen nicht mehr zunichtemachen, die Trauben beeindruckten durch einen guten Gesundheitszustand.

Was im nassen Frühsommer niemand mehr für möglich gehalten hätte: Plötzlich wurde Trockenstress in Junganlagen und auf flachgründigen Böden zum Thema, in der August- und Septemberhitze gab es Sonnenbrand - und dies nicht nur an freigestellten, stark entblätterten Anlagen. Insgesamt aber nahmen die Mostgewichte schnell zu, um schließlich sogar das hohe Niveau des 2015er Jahrgangs zu erreichen. Manche Winzer begannen schon Mitte September mit der Lese früher Sorten, einige zum Monatsende auch schon mit dem Riesling - und verschenkten mitunter noch einiges vom großen Potenzial des Jahrgangs 2016. Wer sich noch in Geduld übte, durfte sich schließlich neben hohen Mostgewichten auch über eine erfreuliche Steigerung der Traubenaromatik freuen. Für diese Betriebe nahm der zeitintensive und nervenaufreibende Kampf gegen die widrigen Wetterbedingungen letztendlich ein glückliches Ende. Dass einige Betriebe - insbesondere im Ökobereich - erhebliche Ausfälle zu verkraften hatten, führte aber auch zu einem „neidischen Herbst“.

Mitte Oktober schließlich war die Traubenlese zu fast 90 % beendet - am Stock hingen nur noch Partien, die für edelsüße Auslesen oder Große Gewächse vorgesehen waren. Diese Weine wurden die Krönung eines schwierigen, aber letztendlich - für die Meisten - großen Jahrgangs.

### Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2016

Tagesmitteltemperaturen Geisenheim im Vergleich zu den vieljährigen Mittelwerten 1981-2010  
 (rote Flächen = zu warm, blaue Flächen = zu kalt) und Niederschläge (grün)

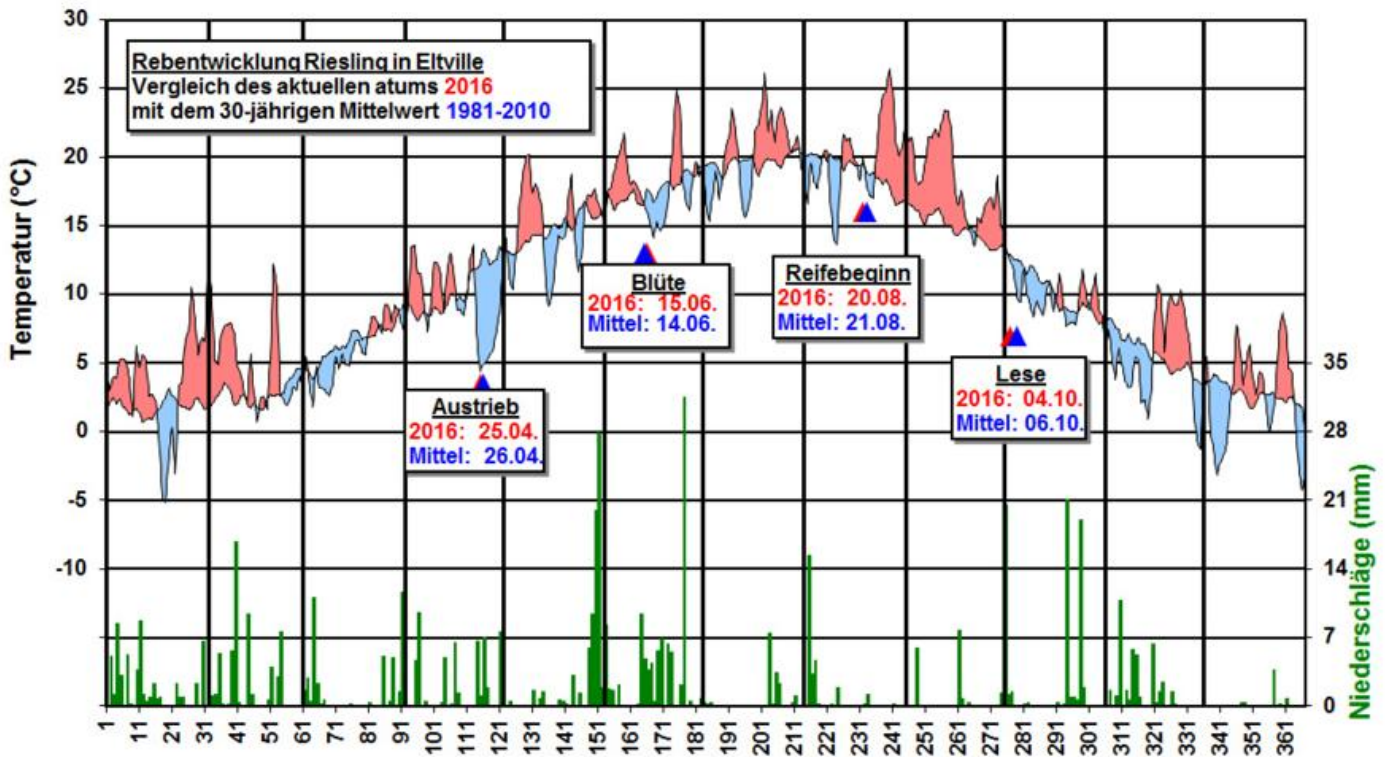


Abb. 18: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2016

## Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

### K. Zimmermann

Den folgenden Ausführungen liegen die Radiosondenmessungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Wind) an den Stationen des gemeinsamen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr zugrunde.

#### *Jährlicher Gang des Höhenwindes*

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2016 dargestellt.

In den meisten Monaten zeigen Schleswig und Stuttgart ähnliche Strömungsverhältnisse, auffällige Unterschiede sind im Mai, September und Oktober zu erkennen. Von Januar bis April waren für beide Stationen Westlagen wetterbestimmend, was sowohl durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart als auch durch die Zonalkomponentendarstellung verdeutlicht wird. Im Mai wurden relativ viele Südostlagen registriert, was sich sehr gut in den unteren Atmosphärenschichten in der Abbildung für Schleswig widerspiegelt. In Stuttgart dagegen blieb die westliche Grundströmung mit Südkomponente in der unteren Troposphäre erhalten. Die Südostlagen führten insbesondere dazu, dass der Mai in der Nordhälfte Deutschlands von warmer und trockener Witterung dominiert wurde. In den höheren Troposphärenschichten drehte die Strömung über Schleswig auf West, über Stuttgart auf Nordwest. In den Monaten Juni bis September wurde über beiden Stationen eine mittlere Luftversetzung aus westlichen Richtungen registriert. Allerdings drehte diese im September über Stuttgart in den höheren Troposphärenschichten auf Nord. Im Oktober blieb Stuttgart im Einflussbereich der westlichen Strömung, während über Schleswig die Strömung auf Nordost und mit der Höhe auf Nord drehte. Im November stellte sich wieder eine mittlere westliche Luftversetzung ein, die auch im Dezember stabil blieb, jetzt vor allem in der höheren Troposphäre begleitet von einer Nordkomponente. Diese ist auch deutlich in der Meridionalkomponentendarstellung zu erkennen.

In der Stratosphäre dominierte von Januar bis Februar die für den Winter typische Westströmung. Im März drehte die Strömung auf Nordwest, in der höheren Stratosphäre über Schleswig bis auf Nord. Damit deutete sich bereits der Wechsel zur stratosphärischen Ostwindzirkulation an. Diese blieb von April bis August stabil, was auch sehr gut die Zonalkomponentendarstellung zeigt. Im September erfolgte wieder der Wechsel zur Westströmung, die dann bis zum Jahresende über ganz Deutschland dominierte.

#### *Sommerliche Ostwindperioden*

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1992 bis 2016.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über Stuttgart und Lindenberg in der ersten, über den anderen Stationen in der zweiten Aprilhälfte ein und blieb bis Anfang September beständig.

In 30 hPa wurde die Ostwindzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, von Ende Mai bis Ende August registriert. Damit war die Ostwindperiode 2016 deutlich kürzer als 2015.

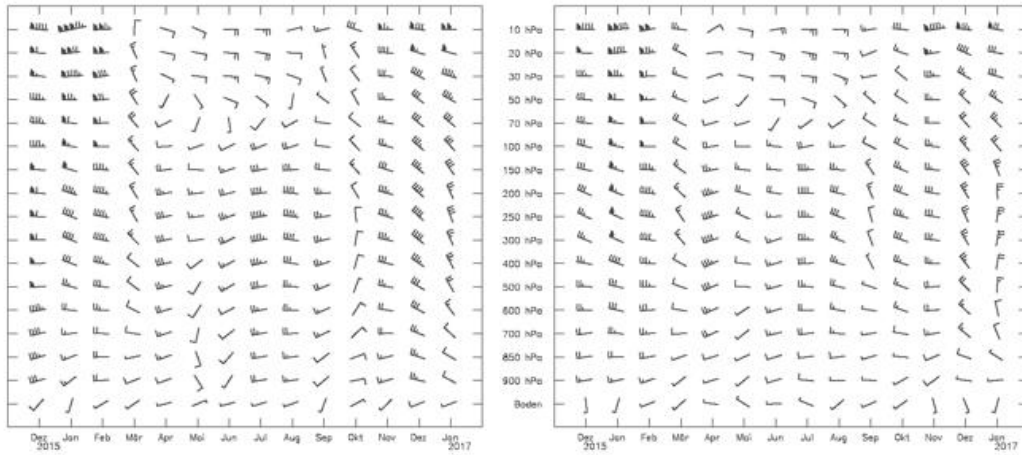
In 50 hPa setzte die östliche Stratosphärenströmung an allen Stationen in der letzten Maidekade ein und blieb an fast allen Stationen bis zur letzten Augustdekade stabil. Ausnahmen bildeten Essen und Schleswig, wo die stratosphärische Westwindzirkulation bereits Anfang August wieder einsetzte. Damit war die Ostwindperiode in 50 hPa über diesen beiden Stationen mit knapp 70 Tagen sehr kurz.

### Jährlicher Gang des Höhenwindes nach monatlichen Mittelwerten

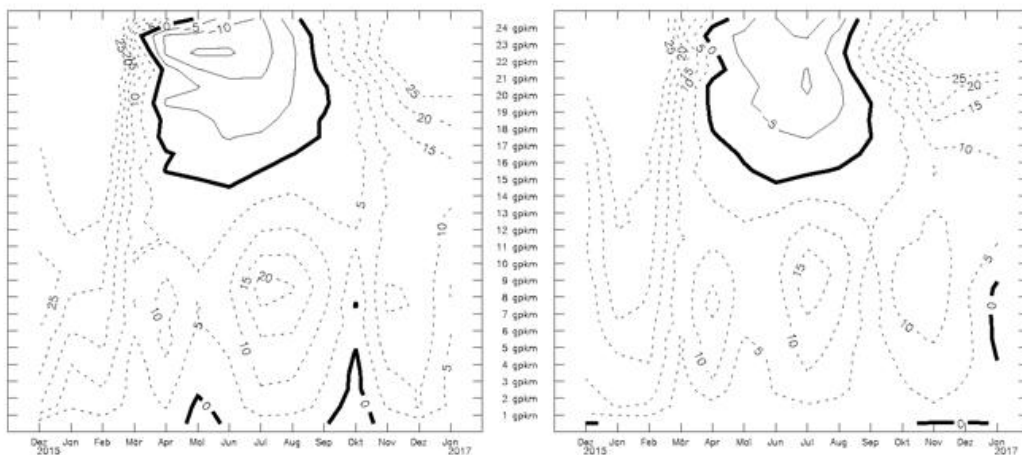
Schleswig

00 und 12 Uhr UTC  
Mittlere Luftversetzung

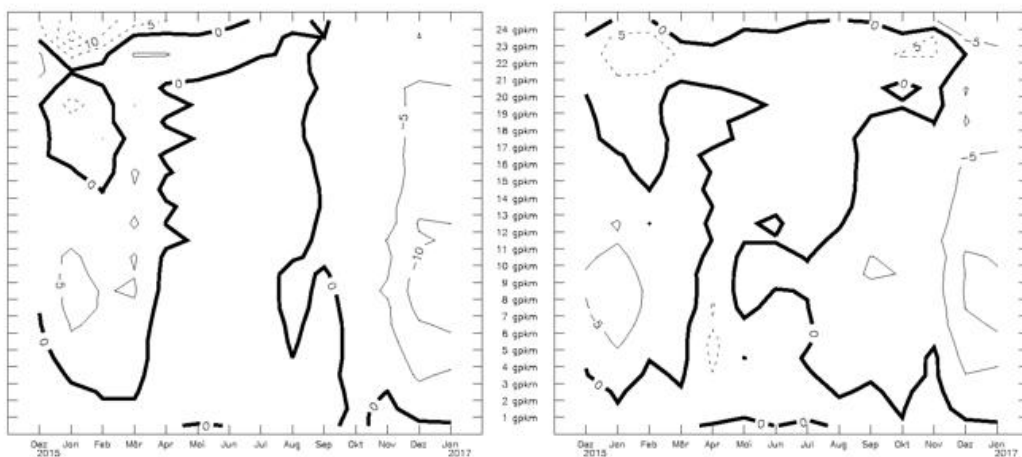
Stuttgart



#### Zonalkomponenten



#### Meridionalenkomponenten

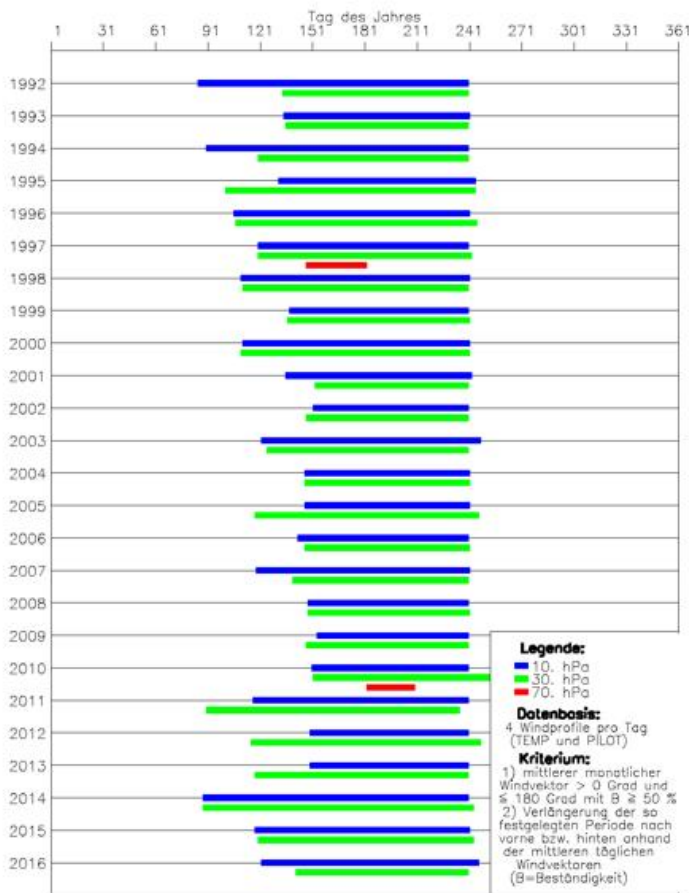


Bei den Zonalkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Westkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Ostkomponenten. Bei den Meridionalenkomponenten bedeuten positive Werte (gestrichelte Linien) Südkomponenten und negative Werte (durchgezogene Linien) Nordkomponenten. Angaben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

**Abb. 1:** Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2016

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	117	261*	145*
	50	145	212	68
GREIFSWALD (WEWA)	20	120	265*	146*
	50	143	236*	94*
BERGEN (BW)	20	116	239*	124*
	50	143	239*	97*
LINDENBERG (OBS)	20	100*	243	144*
	50	144	240*	97*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	116	236*	121*
	50	144	212	69
MEININGEN (WEWA)	20	112	243	132
	50	148	243	96
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	116	244	129
	50	144	239*	96*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	91	244	154
	50	142	240*	99*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	108	241*	134*
	50	143	240*	98*
OBERSCHLEISSHEIM	20	116	240*	125*
	50	150	245	96

**Tab. 1:** Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2016 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit \* gekennzeichnet.)



**Abb. 2:** Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1992-2016

*Lufttemperatur*

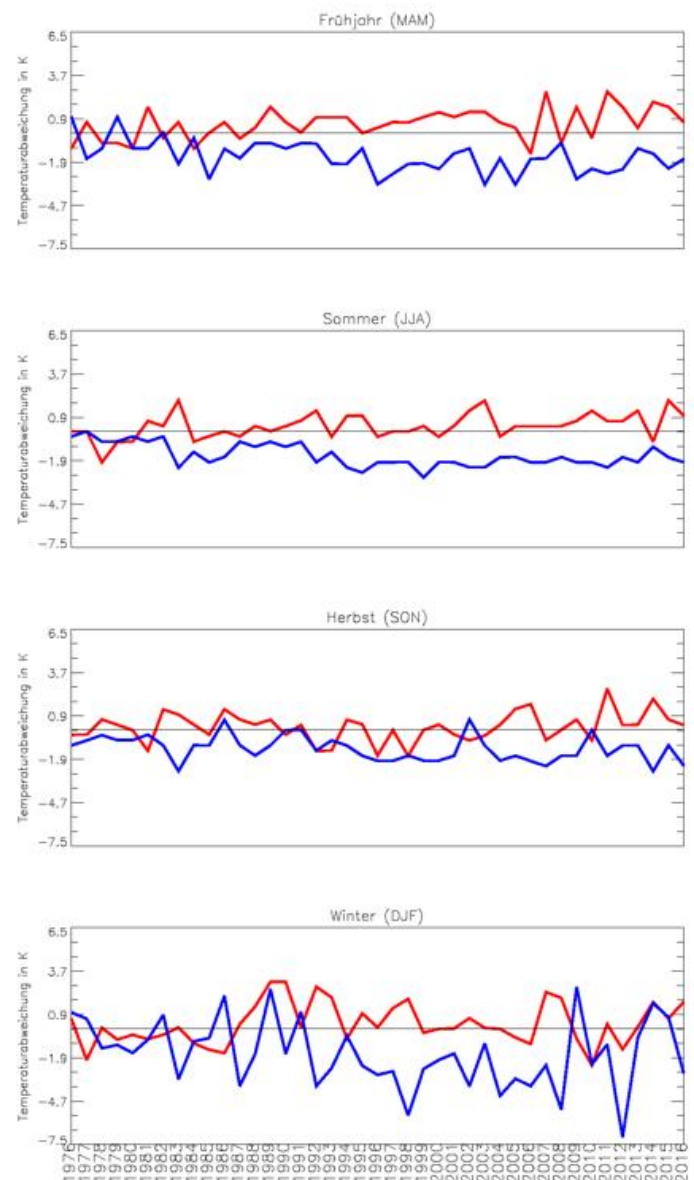
*Monatsmittelwerte der Lufttemperatur*

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2016 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1976. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten.

Das Diagramm für den Frühling zeigt in der mittleren Troposphäre auch 2016 eine deutlich positive Temperaturabweichung gegenüber dem Referenzzeitraum, wohingegen in der Stratosphäre weiterhin eine markante negative Temperaturabweichung zu beobachten war. Die positive Temperaturabweichung in 500 hPa war u.a. bedingt durch den Herantransport warmer Luftmassen aus südlichen Richtungen. Auf den heißen Sommer 2015 folgte 2016 ein im Mittel nur leicht zu warmer Sommer, was auch die 500-hPa-Kurve widerspiegelt, während die Stratosphäre, wie schon in den letzten Jahren, zu kalt blieb. Mit dem Herbst kamen auch wieder kühlere Luftmassen nach Deutschland, so zeigt das Herbstdiagramm weiterhin eine abfallende 500-hPa-Kurve, die aber noch im positiven Bereich bleibt. Im Winter wurde aber schon wieder ein leichter Temperaturanstieg verzeichnet. Die

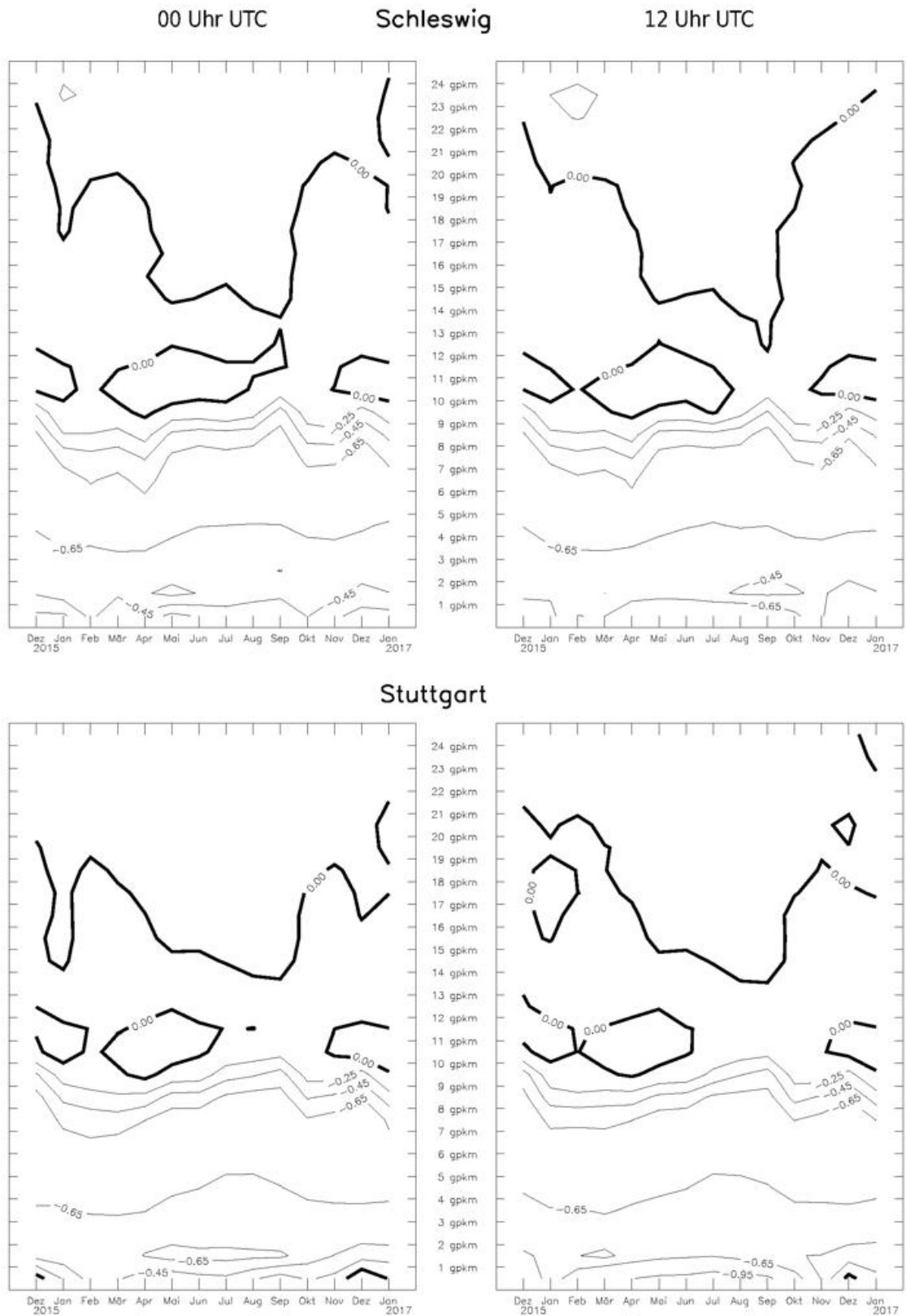
Stratosphäre dagegen blieb auch im Herbst und Winter zu kalt.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2016 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Gut zu erkennen ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause, während in der sich anschließenden Stratosphäre Isothermie herrschte. Der Temperaturgradient in der Troposphäre zeigt an bei den Stationen keine Auffälligkeiten.



**Abb. 3:** Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2016 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

**Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur**  
nach monatlichen Mittelwerten



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

**Abb. 4:** Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2016

*Temperaturminima in der Stratosphäre*

Anders als in den Jahren 2014 und 2015 erreichte das stratosphärische Temperaturminimum an allen Stationen ab Ende Januar / Anfang Februar Werte von  $-80^{\circ}\text{C}$  und darunter. In einer Höhe zwischen 20 und 25 km wurden extreme Werte über Lindenberg ( $-88^{\circ}\text{C}$ ), über Schleswig ( $-87^{\circ}\text{C}$ ), über Bergen ( $-87^{\circ}\text{C}$ ), über Essen ( $-87^{\circ}\text{C}$ ), über Idar-Oberstein ( $-87^{\circ}\text{C}$ ), über Stuttgart ( $-87^{\circ}\text{C}$ ) und über Kümmersbruck ( $-86^{\circ}\text{C}$ ) gemessen. Tab. 2 gibt eine Zusammenfassung der stratosphärischen Temperaturminima des Winters 2016.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Geopotential (gpm)
	Jan	28	0	-80	28249
	Jan	29	12	-82	26446
	Feb	3	0	-87	21909
SCHLESWIG	Feb	1	12	-87	20071
	Mar	2	0	-82	18875
	Mar	1	12	-82	20591
	Nov	17	0	-80	27702
	Dez	4	0	-80	28429
	Dez	9	12	-81	25861
		Jan	29	0	-83
GREIFSWALD	Jan	31	12	-80	19902
	Feb	9	0	-82	26980
	Feb	1	12	-85	21351
	Mar	1	0	-80	17810
	Mar	1	12	-82	19491
	Dez	8	12	-82	25446
		Jan	31	12	-80
	Feb	3	0	-87	23019
BERGEN	Feb	1	12	-87	22760
	Mar	2	0	-82	21013
	Mar	1	12	-80	19222
	Dez	9	0	-81	26734
	Dez	9	12	-80	25074
		Jan	29	0	-81
LINDENBERG	Jan	29	12	-81	28918
	Feb	5	0	-83	22467
	Feb	3	12	-88	24073
	Mar	2	0	-83	20893
	Mar	1	12	-81	20317
		Jan	29	0	-80
ESSEN-BREDENEY	Jan	31	12	-82	22719
	Feb	4	0	-84	24640
	Feb	1	12	-87	22276
	Mar	2	0	-84	21922
	Mar	1	12	-80	18948
		Feb	9	0	-84
MEININGEN	Feb	1	12	-85	22642
	Mar	2	0	-80	19010
	Feb	3	0	-84	23054
IDAR-OBERSTEIN	Feb	2	12	-87	25110
	Mar	2	0	-81	22138
STUTTGART	Feb	2	0	-84	24030
	Feb	3	12	-87	23641
	Jan	31	12	-80	25108
KÜMMERSBRUCK	Feb	3	0	-86	23016
	Feb	3	12	-84	22496
		Feb	3	0	-84
OBERSCHLEISSHEIM	Feb	3	0	-84	24994
	Feb	3	12	-82	23658

**Tab. 2:** Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2016

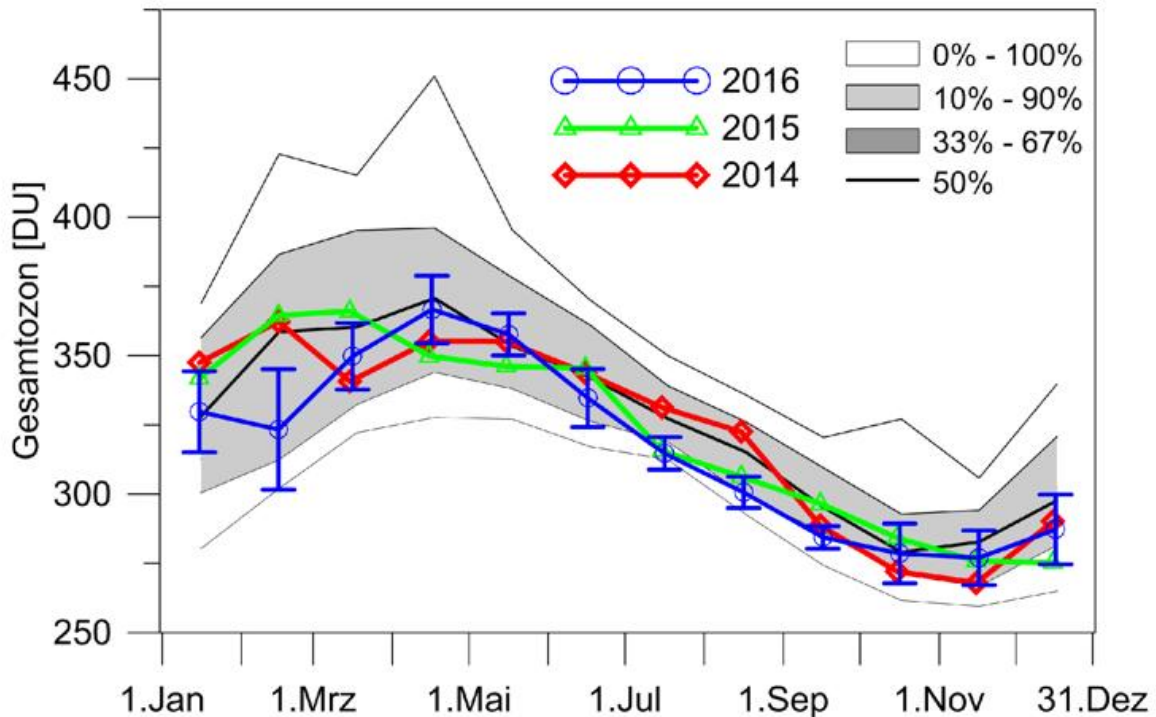
## Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, U. Köhler

Die Entwicklung der Ozonschicht im Jahre 2016 war geprägt von zwei besonderen Ereignissen:

- Der winterliche Polarwirbel 2015/2016 über der Arktis begann so kalt und so stabil wie nie zuvor. Ab Dezember 2015 bildeten sich ungewöhnlich ausge dehnte polare Stratosphärenwolken, sogar vom über der Arktis seltenen Typ II mit großen Eispartikeln. Dies führte Anfang 2016 zu ganz erheblicher Aktivierung von reaktivem Chlor, zu Denitrifizierung und letztlich zu rekordverdächtigem polarem Ozonabbau im Januar und Februar 2016. Eine Stratosphären erwärmung Ende Januar 2016 beendete die kalte Phase und damit die guten Bedingungen für starken Ozonabbau. Sie sorgte außerdem für den Austausch von ozonreicher Luft aus niedrigen Breiten mit ozonarmer Luft aus der Polarregion. Diese Stratosphären erwärmung verkürzte die Periode mit starkem Ozonabbau und verhinderte die Ausbildung eines „arktischen Ozonlochs“, anders als z.B. im Jahr 2011, als der Wirbel bis in den April kalt und stabil blieb. Mit niedrigen Werten im Februar und März 2016 zeigen die Hohenpeißenberger Daten deutliche Auswirkungen der chemischen Prozesse im Polarwirbel und der Austauschprozesse auf die Gesamtozonsäulen über Deutschland (blaue Linie in Abb. 1).

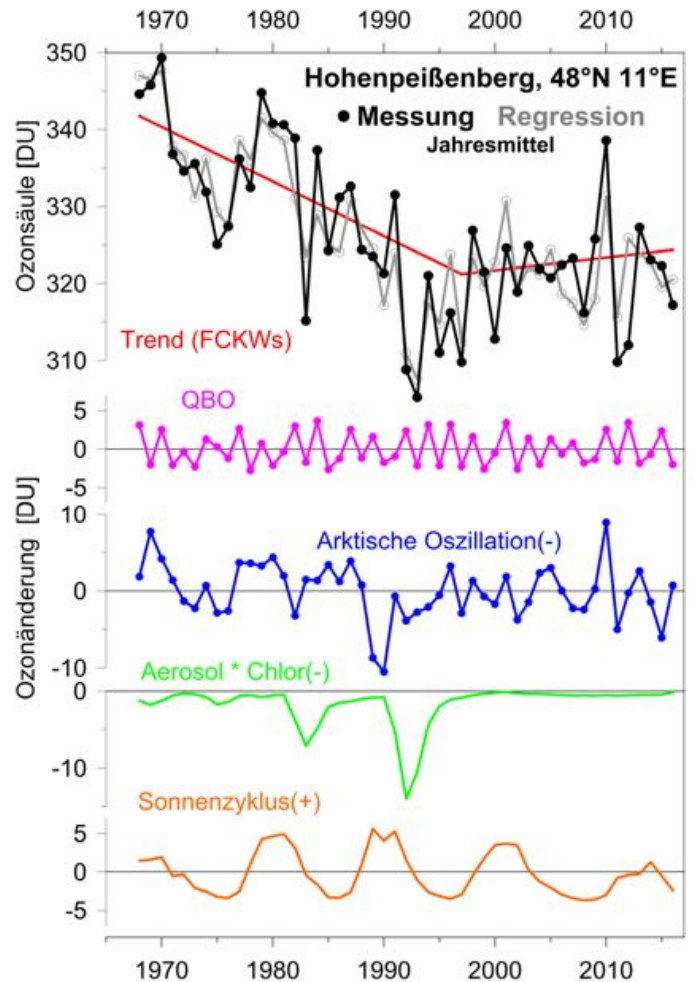
- Zum ersten Mal seit Beginn der Beobachtungen in den 1950er Jahren „verschluckte“ sich im Jahr 2016 die quasi-zweijährige Oszillation der Stratosphärenwinde über dem Äquator (QBO). Dort schlägt der Wind in etwa alle 27 Monate von Ost auf West um. Getrieben wird die QBO von Wechselwirkungen von atmosphärischen Wellen (Schwere-Wellen und andere Wellen) mit der (eigentlich östlichen) Grundströmung. Im Jahr 2016 wurde nun erstmals diese Regelmäßigkeit unterbrochen, aus unbekanntem Gründen. Die (wechselnden) Windscherungen der QBO bewirken eine sog. Sekundärzirkulation: Absinken ozonreicher (oder Aufsteigen ozonarmer) Luftmassen in den Tropen mit entsprechend großen (kleinen) tropischen Gesamtozonsäulen; Aufsteigen ozonreicher (oder Absinken ozonreicher) Luftmassen mit entsprechend kleinen (großen) Gesamtozonsäulen in den Extratropen. Die unregelmäßige QBO im Jahr 2016 bewirkte nun in den Extratropen der Nord- und Südhalbkugel niedrige Gesamtozonsäulen von April bis Jahresende. Über Deutschland / Hohenpeißenberg führte dies 2016 zu niedrigen Werten in fast allen Monaten von Mai bis Dezember (blaue Linie in Abb. 1).



**Abb. 1:** Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2014 bis 2016. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

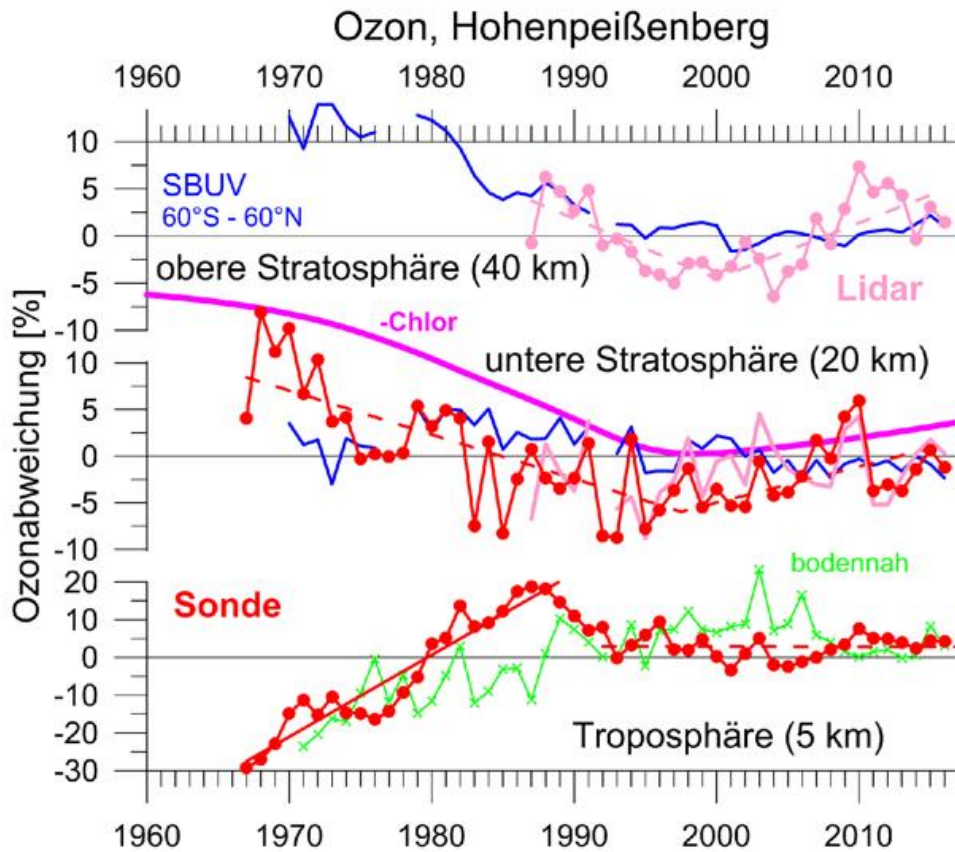
Im Jahresmittel lag damit die Gesamtozonsäule im Jahr 2016 am unteren Rand der derzeitigen Erwartungen (schwarze Linie in Abb. 2). Wie die Abbildung andeutet, spielte dabei, neben der QBO (magenta Linie in Abb. 2), auch das beginnende Minimum der Sonnenaktivität eine Rolle (orange Linie in Abb. 2). Mit den in Abb. 2 verwendeten Einflussfaktoren lässt sich ein erheblicher Teil des beobachteten Ozonverlaufs (schwarze Linie in Abb. 2) mittels linearer Regression abschätzen (graue Linie in Abb. 2). Auch wenn die Daten für 2016 eher im unteren Bereich lagen, zeigt die Trendgerade seit 1997 leicht nach oben (rote Linie in Abb. 2) - konsistent mit der erwarteten langsamen Erholung der Ozonschicht seit Ende der 1990er Jahre. Allerdings ist die statistische Signifikanz für diese Zunahme nach wie vor gering (< 70%).

Während bisher nur von der Gesamtozonsäule (d.h. dem über alle Höhen aufsummierten Ozongehalt) die Rede war, zeigt Abb. 3 auch den Verlauf des Ozongehalts in verschiedenen Höhen. Ein großer Teil der Schwankungen beim Gesamtozon passiert in der unteren Stratosphäre. Dementsprechend zeigt die Ozonkurve für 20 km Höhe in Abb. 3 einen ganz ähnlichen Verlauf wie das Gesamtozon in Abb. 2. Auch hier zeigt sich nach den deutlichen Abnahmen von Ende der 1960er bis Mitte der 1990er Jahre, seit Ende der 1990er eine schwache Tendenz der Erholung. 2016 lag dabei im derzeit üblichen Rahmen. Deutlicher ausgeprägt ist die Erholungstendenz in der oberen Stratosphäre in 40 km Höhe, gerade am Hohenpeißenberg. Weltweite SBUV Satellitendaten (Solar Backscatter Ultraviolet Instrument) zeigen das nicht so klar, u.a. da Schwankungen und Trends in den Tropen schwächer ausfallen als in mittleren Breiten. Die troposphärischen Ozonwerte, z.B. in 5 km Höhe, stagnieren derzeit auf mittlerem Niveau.



**Abb.2:** Oben: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus Messungen am Hohenpeißenberg (schwarz), sowie Rekonstruktion der Jahresmittel durch multiple lineare Regression (grau).

Unten: Ozon-Schwankungen gemäß der multiplen linearen Regression: Trend durch FCKW Belastung (rot), Schwankungen durch quasi-zweijährige Oszillation der Winde am Äquator (QBO, magenta), durch meteorologische Schwankungen im Rahmen der Arktischen Oszillation (AO, blau), durch chlorgewichtete Aerosolbelastung der Stratosphäre nach Vulkanausbrüchen (grün), sowie durch Sonnenaktivität im 11-jährigen Zyklus (orange).



**Abb. 3:** Jahresmittel der Ozonwerte am Hohenpeißenberg für verschiedene Höhenschichten der Atmosphäre. Ergebnisse der Messungen am Hohenpeißenberg (rot und grün), sowie globale Entwicklung anhand von Satellitendaten (blaue Kurven). Die rosa Kurve stellt schematisch den Einfluss der Chlorbelastung der Stratosphäre dar. Der maximale Chlorgehalt wurde Ende der 1990er Jahre erreicht und damit auch die niedrigsten Ozonwerte.

**Fazit:** Im Jahr 2016 wurde die Ozonschicht von zwei besonderen Ereignissen geprägt: 1.) vom ausgesprochen kalten und stabilen Arktischen Polarwirbel mit starkem chemischen Ozonabbau - eine Phase, die aber bereits Anfang Februar 2016 durch eine starke Stratosphärenenerwärmung beendet wurde. 2.) vom ersten beobachteten Aussetzen des normalen Zyklus der quasizweijährigen Oszillation der Stratosphärenwinde am Äquator. Dieses Aussetzen zeigte deutliche Auswirkungen auf Gesamtozonsäulen weltweit und in Mitteleuropa. Abgesehen von diesen Ereignissen scheint die erwartete Erholung der Ozonschicht langsam voran zu gehen. Die Chlorbelastung der Stratosphäre ist allerdings nach wie vor sehr hoch, starker polarer Ozonabbau kommt bei geeigneten meteorologischen Rahmenbedingungen, wie Anfang 2016, immer noch vor. Dies wird sich in den nächsten 10 bis 15 Jahren kaum ändern. Ob Ereignisse wie 1.) oder 2.) mit fortschreitender Klimaänderung häufiger werden, und wie sich das langfristig auf die Erholung der Ozonschicht auswirkt, ist unklar.

## Rückblick auf das Klima in Europa (WMO Region VI) im Jahr 2016

H. Mächel

Dieser Beitrag präsentiert einen jährlichen und jahreszeitlichen Rückblick auf das europäische Klima im Jahr 2016. Dem schließt sich eine monatliche Übersicht über besondere Witterungsereignisse nach Berichten der europäischen Wetterdienste an.

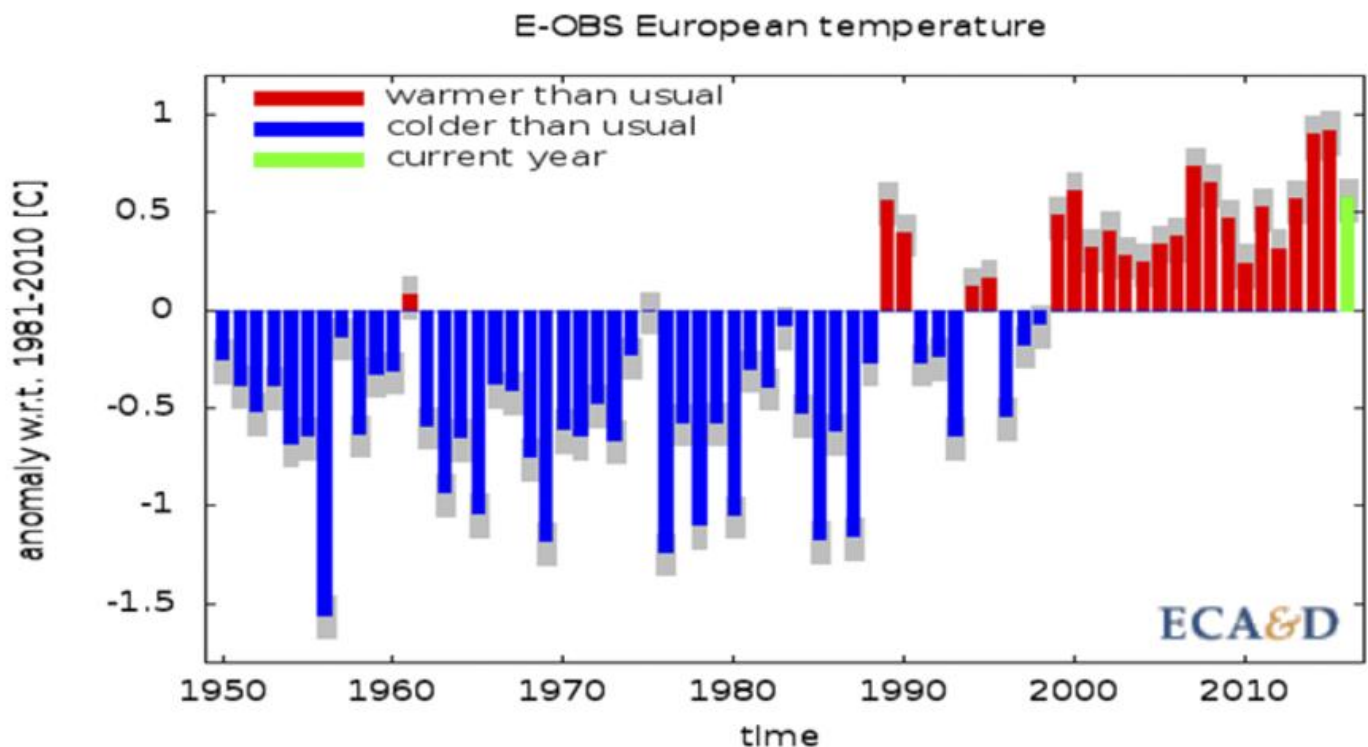
Monatliche Rückblicke in englischer Sprache sind unter <http://rcccm.dwd.de/> zu finden. Anomalien beziehen sich grundsätzlich auf die von der WMO definierte Normalperiode 1961-1990, sofern es nicht anders angegeben ist.

### Lufttemperatur

Im **Jahresmittel** (Abb. 2) war 2016 in ganz Europa wärmer als normal, im nördlichen Nordeuropa sogar um mehr als +2 K über der Referenzperiode von 1961-1990. Nach der Auswertung der E-OBS Daten (vom Königlich-Niederländischen Meteorologischen Institut, kurz KNMI) war 2016 das 6.-wärmste Jahr in Europa seit Beginn der Zeitreihe im Jahr 1950 (Abb. 1). Die genaue Rangfolge ist wegen der Unsicherheiten, die die grauen Balken angeben, nicht exakt anzugeben. Global gesehen war das Jahr 2016 das wärmste seit 1880 mit einer Abweichung von  $0.83 \text{ K} \pm 0.10 \text{ K}$  (Bezugszeitraum 1961-1990) oder von +0.45 K bis +0.56 K von der Referenzperiode 1981-2010 (WMO 2017, Blunden und Arndt 2017).

Fast jeder Monat war in Europa überdurchschnittlich warm. Unterdurchschnittliche Temperaturen verzeichneten: Skandinavien und Osteuropa im Januar, Oktober und November; Zentraleuropa im Oktober und Südwesteuropa nur im März; der östliche Mittelmeerraum im Dezember und der Nahe Osten im November und Dezember.

Die höchsten jährlichen Abweichungen 2016 wurden im Norden (mit Grönland) beobachtet mit Werten von 2.71 K gefolgt von Osteuropa (1.89 K), Naher Osten (1.46 K), Mittelmeerraum (1.37 K) und Zentral- und Westeuropa (1.22 K). Schlusslicht war die Iberische Halbinsel mit Anomalien von 1.21 K. Besonders markant war die jährliche Abweichung in der Arktis mit mehr als +6 K (z. B. Svalbard Lufthavn, Spitzbergen, +6.5 K).



**Abb. 1:** Abweichungen der Jahresmitteltemperatur der Periode 1950-2016 (2 m) vom vieljährigen Mittel 1981-2010 in °C für die Landstationen im Gebiet 35°-75°N und 25°W-45°E (nach Verver et. al. 2013)

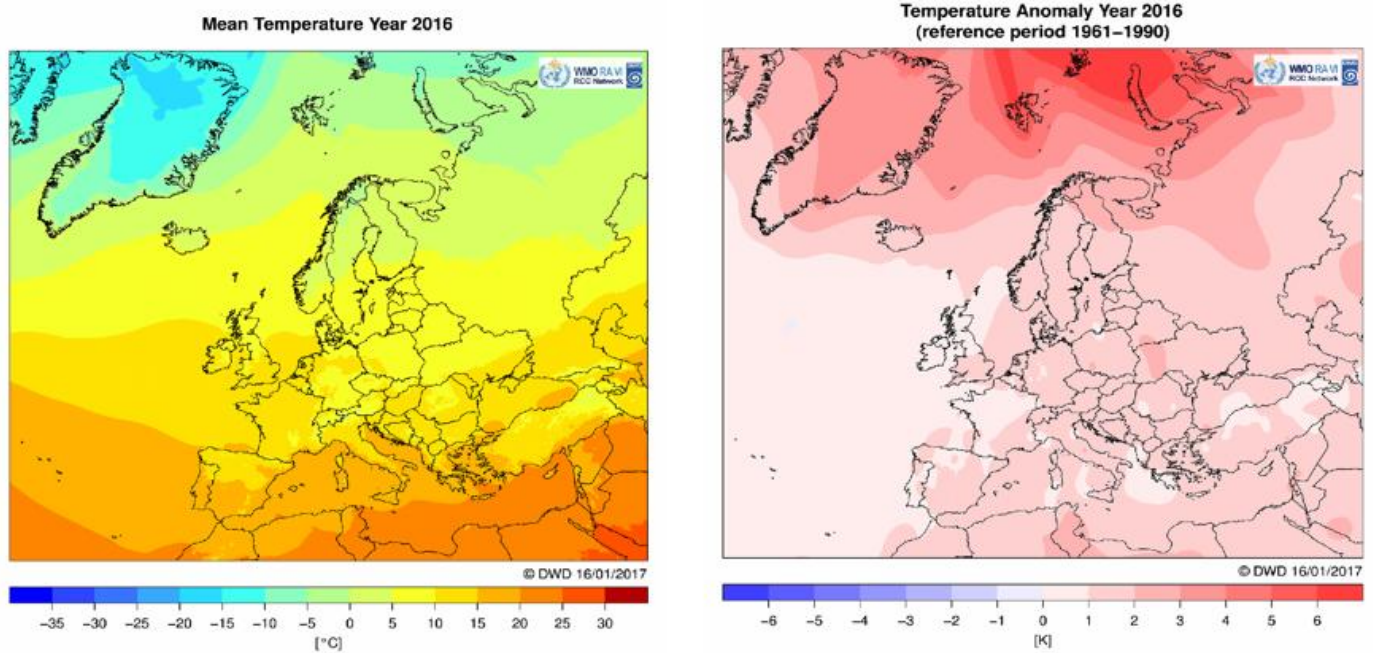


Abb. 2: Jahresmittel der Lufttemperatur (links, in °C) und deren Abweichung (in K) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2016

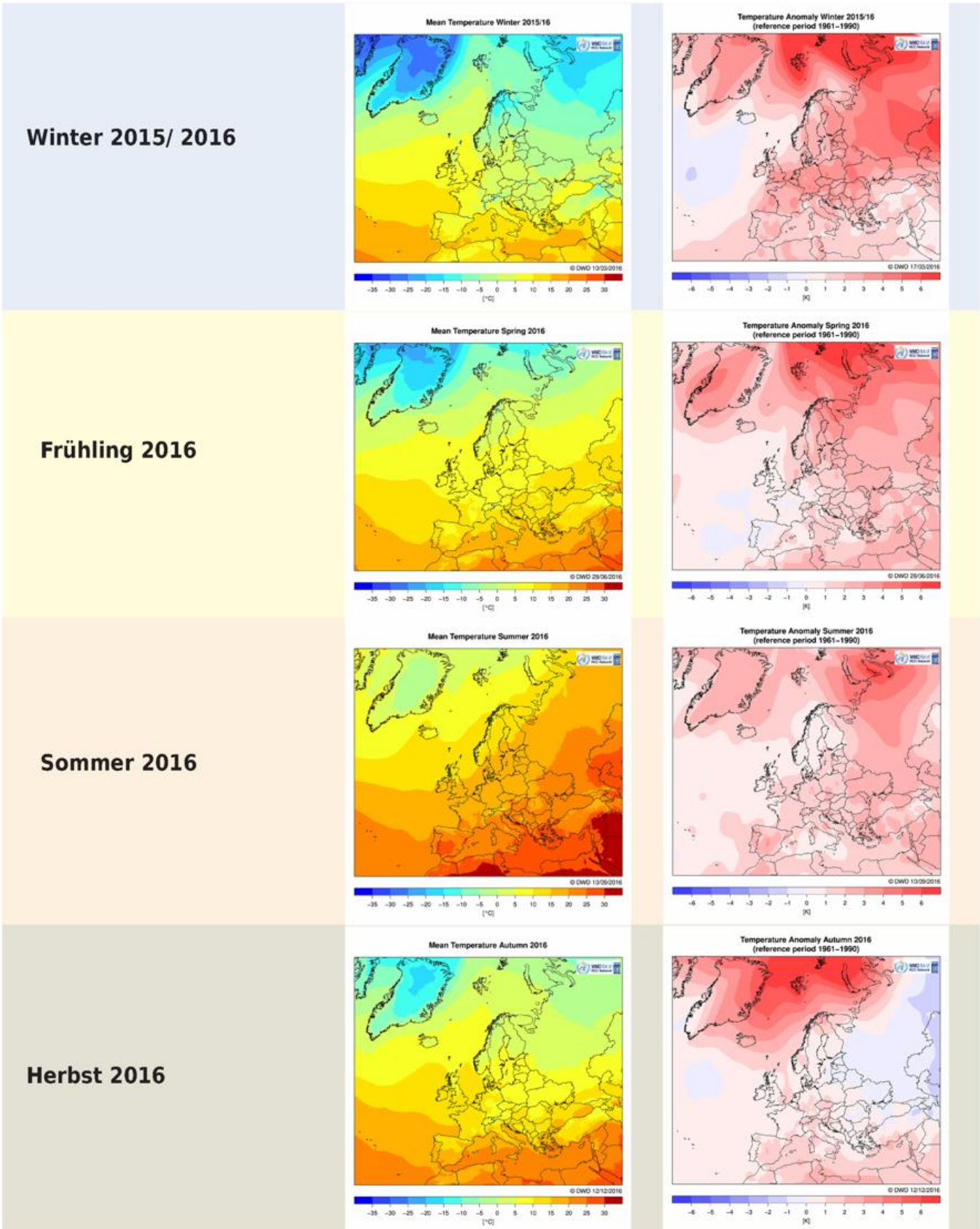
Die Temperaturanomalien lagen im **Winter 2015/16** alle über dem langjährigen Mittel. In Nord- und Osteuropa erreichten die positiven Anomalien Werte von über +4 K. Auf Spitzbergen (Norwegen) betrug die Abweichung für den Winter +9.9 K; im Februar 2016 sogar +10.6 K. In Großbritannien war dieser Winter der drittwärmste, in England und Wales sogar der wärmste seit 1910 mit einem Temperaturmaximum von 15.0°C am 24. Januar 2016 im Raum London.

Im **Frühjahr 2016** waren die meisten Teile Europas über +1 K wärmer, Nord- und Osteuropa fast +3 K wärmer als die Referenzperiode 1961-1990. Nur Spanien und Frankreich zeigten unterdurchschnittliche Temperaturen. Die Arktis war auch im Frühjahr die wärmste Region mit saisonalen Abweichungen von +6.8 K auf Spitzbergen. Die hohen Abweichungen in Zentraleuropa und dem Balkan täuschen etwas, denn Ende April stellte sich eine Kältewelle mit Frost ein. Allein in Österreich wurden die Frostschäden in der Landwirtschaft auf etwa 305 Millionen € geschätzt. Dagegen herrschten im April in Israel mehrere Hitzewellen mit Temperaturmaxima von 35-39°C.

Der **Sommer 2016** war im gesamten Gebiet durch positive Temperaturanomalien gekennzeichnet, mit niedrigsten in Skandinavien, obwohl Schweden von einer Hitze berichtete mit 32.7°C in Norrköping am 26. August. Die Iberische Halbinsel wurde von mehreren Hitzewellen heimgesucht, so dass dieser Sommer zum zweitheißesten seit Beginn der Analysen im Jahre 1931 in Portugal wurde mit einer Höchsttemperatur von 44.8°C an der Station Mora am 8. August. Auch Griechenland verzeichnete eine Hitzewelle vom 18. bis 21. Juni mit Temperaturmaxima

über 40°C und einem Höchstwert von 43.4°C. In Nordrussland wurde der Juli zum heißesten in der Geschichte der Wetteraufzeichnungen. Auch in Westkasachstan war es der heißeste August seit Messbeginn im Jahre 1936 mit Temperaturmaxima von bis zu 43°C.

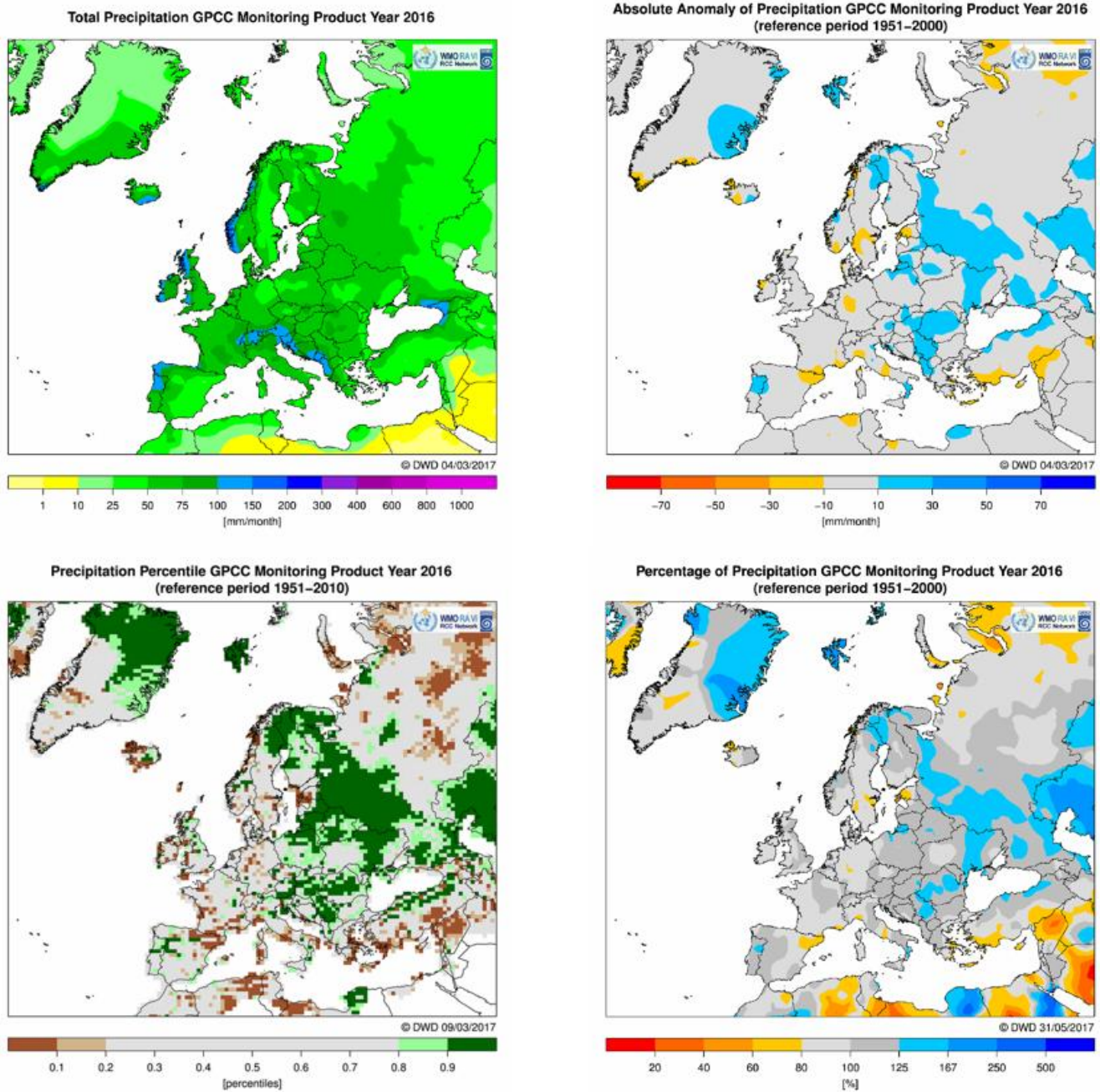
Der **Herbst 2016** zeichnete sich durch moderate Temperaturabweichungen aus, die im Osten unter dem Referenzmittel von 1961-1990 verblieben. Die ersten zehn Novembertage in St. Petersburg waren die kältesten seit 46 Jahren. Nur im äußersten Norden waren die Anomalien wieder besonders hoch, auf Spitzbergen erreichten diese +7.4 K. Die Abweichungen im November auf der Wiese-Insel (Kara See, Russland) betrug sogar unvorstellbare +16.8 K.



**Abb. 3:** Mittlere Lufttemperatur (in 2 m Höhe) in °C im Winter 2015/2016, Frühjahr 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016 (linke Spalte) und die dazugehörigen mittlere Anomalie der Lufttemperatur (in 2 m Höhe) in K (rechte Spalte; Quelle: <http://www.dwd.de/rcc-cm>)

## Niederschlag

Der Jahresniederschlag war in vielen Teilen Europas fast normal. Nordskandinavien und Osteuropa zeigten vielfach positive Anomalien von über +10 mm/Monat. Dagegen war es in Zentral- und Südeuropa eher trockener als normal mit Anomalien unter 10 mm/Monat. Diese Gebiete zeigten örtlich auch Werte unter dem 10. Perzentil, was auf eine zeitweise lokale Dürre hinweist. Die Abbildungen der Jahreswerte geben nur unzureichend wieder, wo im Jahr 2016 außergewöhnliche Niederschlagsereignisse stattgefunden haben. Detaillierte Angaben für jeden Monat sind im Abschnitt „Besondere Witterungsereignisse ...“ zu finden.



**Abb. 4:** Jahresniederschlagssumme (links oben), absolute Anomalien (rechts oben) in mm/Monat, Perzentile (links unten) und relative Anomalien in % (rechts unten) für das Jahr 2016 (Anomalien: Referenzperiode 1951-2000, Perzentile: Referenzperiode 1951-2010; Quelle: <http://www.dwd.de/rcc-cm>)

Der **Winter 2015/16** erwies sich vor allem in Südeuropa als zu trocken, dagegen in Osteuropa und Großbritannien/Irland als zu nass. Großbritannien erreichte Platz 2 in der Rangliste der nassesten Winter nach dem von 2013/14 (Beginn der Auswertungen: 1910, für Wales, Schottland und Nordirland war es der nasseste Winter). Alle drei Wintermonate erhielten überdurchschnittliche Regenmengen. In Irland meldeten mehr als die Hälfte der Stationen den höchsten Winterniederschlag. Dabei reichte das Verhältnis zum langjährigen Mittel des Niederschlags von 134 % in Mace Head (Wintersumme 514.2 mm) bis zu 248 % in Roche's Point (Wintersumme 682.8 mm). Für Nordportugal betrug der Winterniederschlag 150 % des Normalen, für ganz Portugal aber war er fast normal. Diese ungleiche Verteilung verdeutlichen auch die Wintersummen der Station Cabril (Norden) mit 1054 mm und der Station Faro (Süden) mit 87 mm oder 36 %.

Die Niederschlagsanomalien für das **Frühjahr 2016** zeigen überdurchschnittliche Werte in Ost- und Westeuropa. In Frankreich, Portugal und der Ukraine wurden stellenweise über 150 % vom langjährigen Mittel erreicht, im zentralen Russland und westlichen Kasachstan teilweise über 250 %. Es war vor allem der Niederschlag im Mai, der in Kasachstan zu diesem enormen Überschuss beitrug, mit 214 mm/Monat an der Station Almaty. Ein Tiefdruckgebiet überquerte Kasachstan mit Starkniederschlägen, Orkanböen, Hagel (mit einem Durchmesser von 22 mm am 14. Mai). Im Süden des Europäischen Russlands fiel im Mai das 2-3-fache, in einigen Gebieten sogar das 5-6-fache des Monatssolls. Ende Mai wurden Deutschland, Frankreich, Belgien und die Niederlande von heftigen Gewittern mit Starkregen und als Folge davon, auch von Überschwemmungen heimgesucht.

Dagegen fiel die Niederschlagsmenge im Frühjahr in Ostspanien, Südfrankreich, Teilen Italiens, und in Mitteleuropa geringer als normal aus. Der Nahe Osten und der nördliche Teil des europäischen Russlands waren ebenfalls trockener als sonst.

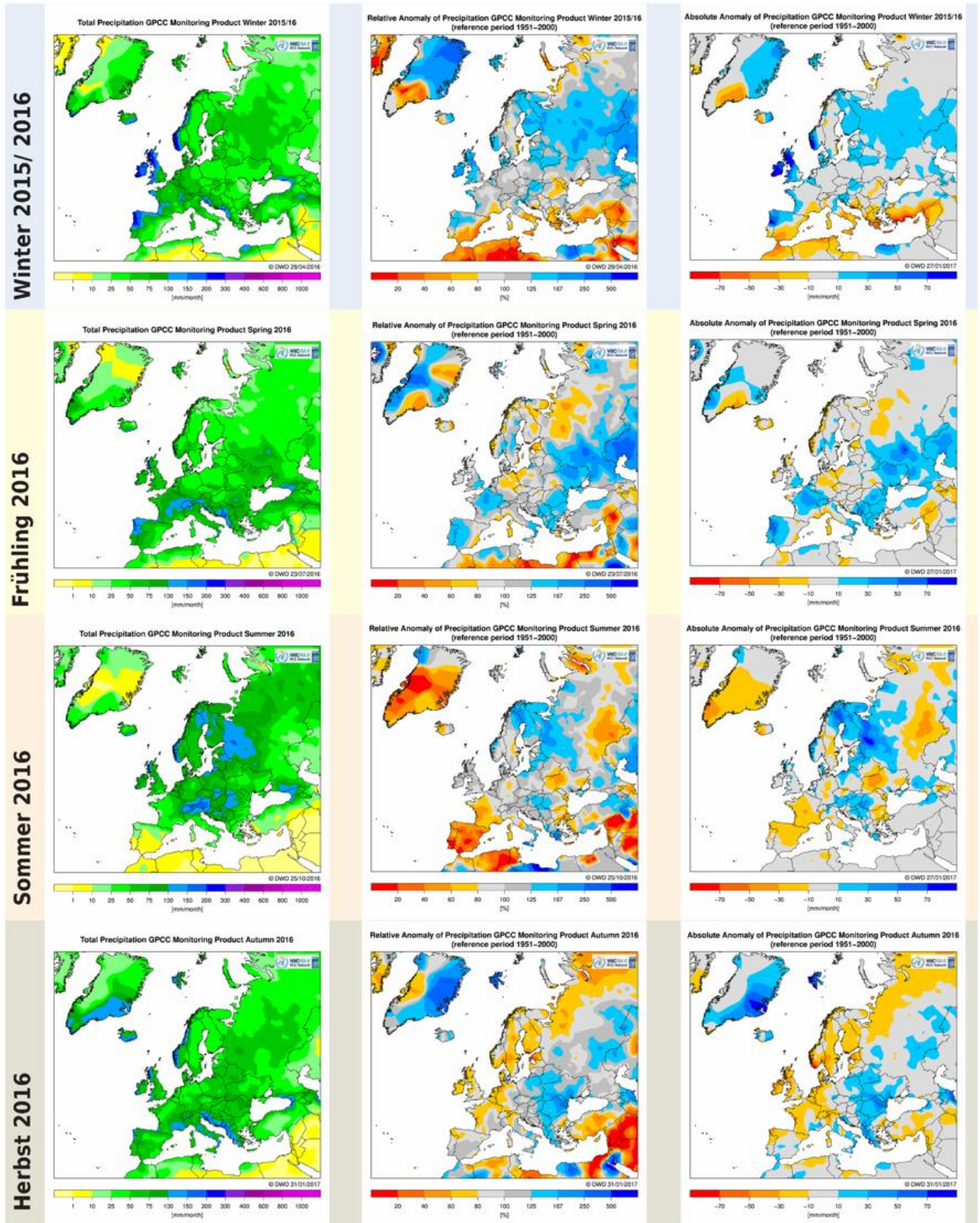
Der **Sommer 2016** zeigte sich im Norden Skandinaviens und Russlands regnerisch mit einem Niederschlagsüberschuss von gebietsweise über 150 %. Gewitter im Süden Italiens, Griechenland und der Osttürkei bescherten diesen Regionen mehr Niederschlag als üblich. Dagegen zeigten die Iberische Halbinsel, Frankreich, Teile Deutschlands, die Ukraine, Bulgarien und die westliche Türkei ein Niederschlagsdefizit. Das Defizit in Spanien erreichte 50 %, wobei der August der trockenste Monat war.

Die gewittrigen Niederschläge vom Mai in Frankreich und Deutschland setzten sich im Juni fort. Es kam zu erheblichen Schäden durch Überschwemmungen, Hagel und Muren, die auch mehreren Personen das Leben kosteten. Auf dem Peloponnes traten im Juni ebenfalls Starkniederschläge auf, die an einigen Stationen neue Rekorde

produzierten, wobei die Monatssummen lokal über dem 5-fachen des Solls lagen.

Der **Herbst 2016** zeigte sich mit höheren Niederschlägen in Osteuropa, Griechenland, dem Balkan und Süditalien. Anfang September und Ende November erlebte Griechenland mehrere Tage Gewitter und Dauerregen mit Tagessummen von über 100 mm bzw. Zweitagesummen von über 180 mm, was zu Überflutungen und Schlamm-lawinen führte. Davon waren auch viele Flüchtlinge in Griechenland betroffen. Rumänien erhielt an der Grenze zu Moldawien im Oktober überdurchschnittlichen Regen mit bis zu 800 % des Monatssolls.

Nord-, West- und Südeuropa sowie die Türkei zeichneten sich durch ein Niederschlagsdefizit aus. Die herbstlichen Niederschlagsmengen erreichten in den meisten Gebieten der Schweiz nur 70 % bis 90 % des vieljährigen Mittels 1981-2010, aber Mitte November fiel reichlich Schnee in den Bergen. Estland war mit 70 % der mittleren Niederschlagsmenge ebenfalls zu trocken, vor allem im September mit 38 % und im Oktober mit 59 %.

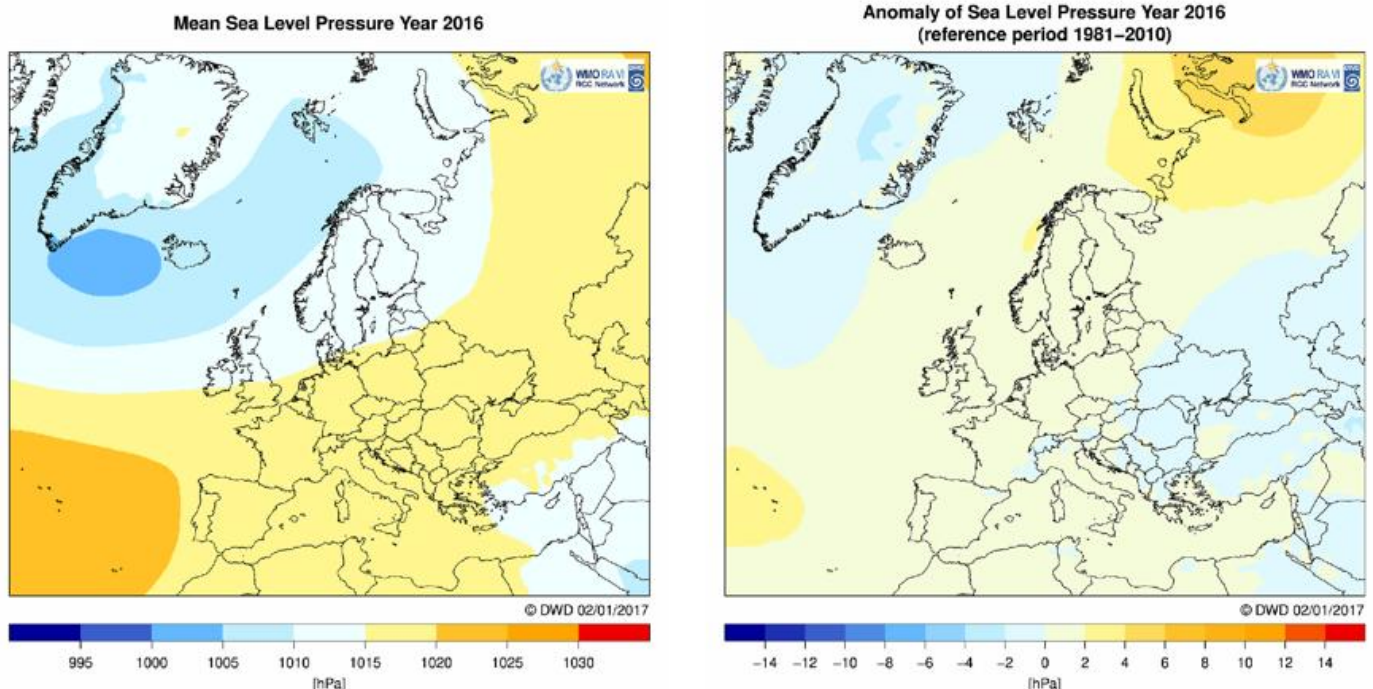


**Abb. 5:** Niederschlagshöhe in mm/Monat (links), relative Abweichung in % (Mitte) und absolute Abweichung in mm/Monat (rechts) vom langjährigen Mittel 1951–2000 für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016, Herbst 2016  
Die hohen Abweichungen über Grönland sind Datenfehler.

## Luftdruck und Zirkulation

Die jährliche Verteilung des Bodendrucks im Jahre 2016 in der WMO Region VI wurde von tiefem Druck bestimmt, der sich von Grönland über Island bis nach Spitzbergen erstreckte. Das zweite Drucksystem mit dem Kern über den Azoren (Azoren-Hoch) erstreckte sich über Mitteleuropa bis nach Russland. Die Abweichungen vom langjährigen Mittel zeigen südlich und nordöstlich von Grönland sowie am Tiefdruckkern nahe der Südspitze Grönlands um bis -4 hPa niedrigere Werte und zwischen den Azoren sowie Mittel- und Nordeuropa um +2 hPa höhere Werte und damit ein höheres Gefälle zwischen Azorenhoch und Islandtief (Abb. 6). Auffällig sind die positiven Anomalien von über +4 hPa in Nordrussland.

Die Luftdruckverteilungen im **Winter 2015/2016** zeigten ähnliche Muster für das Mittel und die Abweichungen vom langjährigen Mittel 1961-1990. Der Kerndruck des Islandtiefs lag unter 995 hPa und der des Azorenhochs über 1025 hPa. Die höchsten Anomalien des Islandtiefs lagen zwischen Island und Großbritannien bei unter -8 hPa und die Anomalien des Azorenhochs bei über +8 hPa, sodass die Druckdifferenz zwischen Island und den Azoren höher als normal war. Dementsprechend war auch der Index der Nord-Atlantik-Oszillation (NAO) für den Winter etwa eins. Dies bezeugen auch mehrere Stürme über Nordeuropa. In Irland wurden die stärksten Böen mit 37 m/s sowohl in Belmullet am 23. Dezember (Sturm „Eva“), als auch auf der Insel Sherkin am 8. Februar (Sturm „Imogen“), gemessen. Am 29. Januar fegte Tief „Gertrude“ über den Nordatlantik mit Windspitzen von 47 m/s (170 km/h) auf Shetland und führte zu einem Gesamtschaden in Großbritannien und Norwegen von 160 Millionen US\$ (Münchener Rück). Der Wintersturm „Ruzica“ („Imogen“), überquerte vom 6.-10.2. West- und Zentraleuropa mit Böen von 36 m/s verbunden mit Starkregen, Wellen mit bis zu 19 m Höhe und führte zu Überschwemmungen, beschädigten Häusern, Schulen, Fahrzeuge, Gleise und Straßen sowie witterungsbedingten Unfällen. 29.000 Haushalte waren zeitweise ohne Strom. Der Gesamtschaden wurde von der Münchener Rück auf 220 Millionen US\$ geschätzt.



**Abb. 6:** Jahresmittel des Bodendrucks (oben) und deren Abweichung in hPa (unten) vom vieljährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2016

Im **Frühjahr 2016** war das Islandtief in zwei Zentren geteilt, eins südlich vor Grönland und eins westlich Norwegens. Das Azorenhoch, mit einem Kerndruck von über 1020 hPa, zeigte sich weniger ausgeprägt. Somit herrschten negative Anomalien in ganz Europa und zentrierten sich in Südrussland und Kasachstan mit Werten unter -4 hPa. Südlich von Island und Grönland befand sich das Zentrum der höchsten Anomalien von über +2 hPa. Die Zirkulationsindizes waren nur wenig ausgeprägt.

Im März und April zogen weitere Sturmtiefs über Europa, Sturm „Aloisia“ mit Windspitzen von 37 m/s (133 km/h, 2. März) in Mace Head (Irland). Am 31. März ereignete sich ein Föhnsturm nördlich der Alpen mit 49 m/s (176 km/h) an der Zugspitze. Die Sturmtiefs „Ortrun“ und „Petra“ brachten vom 10.-16.4. tiefe Temperaturen mit Regen und Schnee nach Mitteleuropa. Am 1. Mai wehte der Mistral durch das Rhonetal mit bis zu 42 m/s (152 km/h, Cape Béar).

Im **Sommer 2016** lagen beide Zirkulationszentren etwas nach Süden verschoben wodurch sich über Grönland ein Hochdruckgebiet einstellen konnte mit maximalen Anomalien von über +6 hPa. Im Jahreszeitenmittel herrschten über fast ganz Europa positive Druckabweichungen vor und führten damit zu vermehrtem Absinken und geringe-

rer Bewölkung.

Auffällig niedrig war der EA/WR (East Atlantic/West Russia Pattern) Index mit -3.30 im August. Nur im März 1970 wurde, während der 66 Jahre der Datenreihe, ein noch niedrigerer Wert von -4.17 berechnet. Dieser negative Indexwert ist mit höheren Niederschlägen in Nordrussland verbunden.

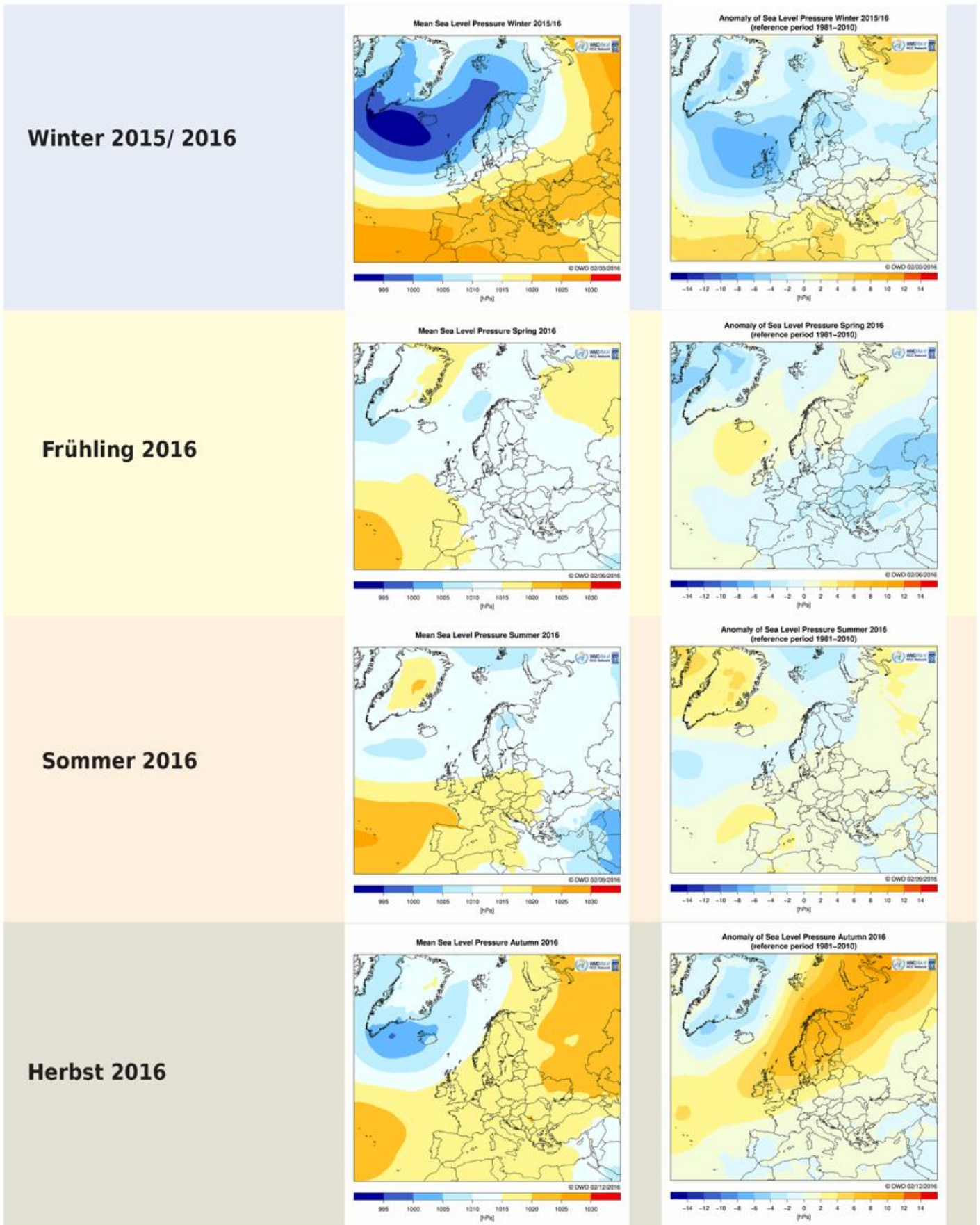
Das Zirkulationsmuster im **Herbst 2016** wurde von einem weit nach Nordosten reichenden Azorenhoch und einem intensiveren Islandtief geprägt. Der Kerndruck des Islandtiefs lag mit weniger als 1000 hPa um -4 hPa unter dem langjährigen Mittel. Die positiven Anomalien über Nordeuropa erreichten über +10 hPa mit Zentrum über Nordrussland. Bei den Zirkulationsindizes im Herbst 2016 fällt vor allem der überdurchschnittliche Wert des EA-Indexes (East Atlantic Pattern) von 3.48 auf, der mit höheren Temperaturen über Westeuropa verknüpft ist. Der POL-Index (Polar/Eurasia Pattern) weist im Herbstmittel mit -2.34 ebenfalls einen hohen negativen Wert auf (verbunden mit höherem Druck über Nordrussland).

Schweden war im Oktober von einem Hochdruck geprägt mit einem Rekordwert am 5. Oktober von 1050.7 hPa an der Station Sveg.

Jahr	Monat	NOA	EA	EA/WR	SCA	POL	AO
2016	1	-0.37	1.01	-0.5	-0.68	-2.63	-1.449
2016	2	1.35	1.85	-2.39	-0.54	-2.33	-0.024
2016	3	0.37	0.71	0.26	-0.23	-0.23	0.28
2016	4	0.26	0.97	-0.5	-0.11	-1.59	-1.051
2016	5	-0.67	0.22	-1.99	1.05	-0.36	-0.036
2016	6	-0.13	0.41	-1.85	-0.95	-1.07	0.313
2016	7	-1.72	1.82	-1.01	-0.7	-0.24	0.085
2016	8	-2.24	2.08	-3.30	-0.44	2.43	0.472
2016	9	0.74	3.48	0.13	-0.99	-1.31	0.781
2016	10	0.96	0.42	-1.33	1.05	-2.94	-1.917
2016	11	-0.31	-0.45	-0.93	-0.06	-2.78	-0.611
2016	12	0.35	0.87	1.52	-1.18	-1.1	1.786

**Tab. 1:** Jahresgänge der für Europa relevanten standardisierten Zirkulationsindizes der Nordhemisphäre von Januar bis Dezember 2016

Anmerkung: Alle Werte sind bezüglich des Zeitraums 1981-2010 standardisiert. (Nordatlantik Oszillation (NOA), Ostatlantik Muster (EA), Ostatlantik/Westrussland Muster (EA/WR), Skandinavien Muster (SCA), Polar/Eurasien Muster (POL), Arktische Oszillation (AO); nach Daten des NOAA Climate Prediction Center, weitere Erklärungen sind bei <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml> und <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/> zu finden).



**Abb. 7:** Mittelwerte des Luftdrucks auf Meeresebene in hPa (links) und deren Anomalien (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016

## Sonnenscheindauer und Bewölkung

Die jährliche Sonnenscheindauer zeigt von Süd nach Nord abnehmende Werte. Die meisten Teile Europas zeigen positive Abweichungen der Sonnenscheindauer. Nur Portugal, Süditalien und teilweise Osteuropa zeichneten sich durch unterdurchschnittliche Werte der Sonnenscheindauer aus. Die Niederlande verzeichneten mit 1881 Stunden im Jahr 2016 überdurchschnittlich viele Sonnenstunden (normal 1643 Stunden). An der Küste in Den Helder waren es sogar 2046 und damit fast 300 Stunden über dem langjährigen Mittel.

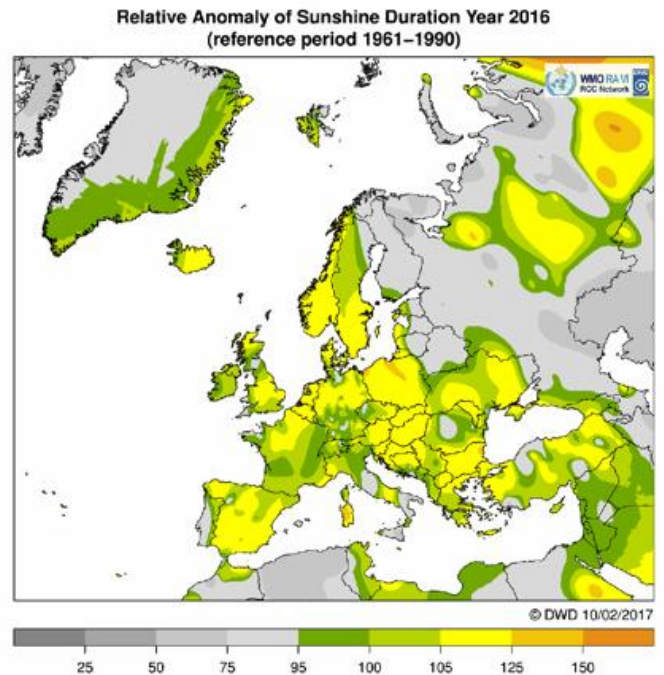
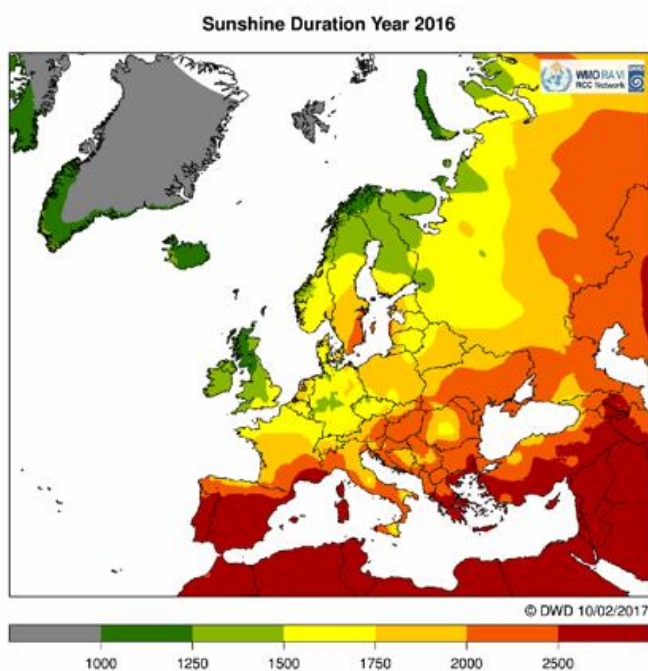
In vielen Teilen Europas lag die relative Sonnenscheindauer im **Winter 2015/2016** über 100 %. Nur in Portugal, dem westlichen Spanien, auf den Britischen Inseln und Nordrussland schien die Sonne weniger als im Durchschnitt. Dies zeigt sich auch in der Zahl an heiteren bzw. trüben Tagen. Die hohen relativen Abweichungen im Norden Europas sind der Berechnungsmethode geschuldet, da während der Polarnacht die Sonne kaum sichtbar ist.

Das **Frühjahr 2016** zeichnete sich in vielen Teilen Europas durch überdurchschnittliche relative Sonnenscheindauer und ein hohe Anzahl von heiteren Tagen aus. Nur Frankreich, Süddeutschland, Teile Rumäniens und Südrusslands wiesen eine geringere als normale Sonnen-

scheindauer aus. An der polnischen Ostseeküste wurden 160 Sonnenstunden über dem Durchschnitt beobachtet.

Vermehrtes Absinken führte im **Sommer 2016** zu mehreren Hitzewellen in Europa als Folge der geringeren Bewölkung und vermehrten Sonneneinstrahlung. Vor allem Osteuropa zeichnete sich durch weniger bewölkte Tage aus. Dies führte in Polen, der Ukraine und in Weißrussland zu geringeren Niederschlägen und langandauernder Dürre. Große Teile von Skandinavien und dem Baltikum verzeichneten geringere Sonnenstunden.

Der **Herbst 2016** verbuchte im Westen Europas eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer. Die Niederlande registrierten im Landesmittel 432 Stunden (normal 320 Stunden) und so reihte sich dieser Herbst unter den 10.-sonnenscheinreichsten ein. Der September war in Österreich der sonnigste seit 1997 (der sechstsonnigste September in Österreich seit dem Jahr 1925) mit 33 % mehr Sonnenstunden als im langjährigen Mittel von 1961-1990.



**Abb. 8:** Jahressumme der Sonnenscheindauer in Stunden (links) und deren relative Anomalien in % (rechts) zum vieljährigen Mittel 1961-1990 für das Jahr 2016 (Quelle: <http://www.dwd.de/rcc-cm>)

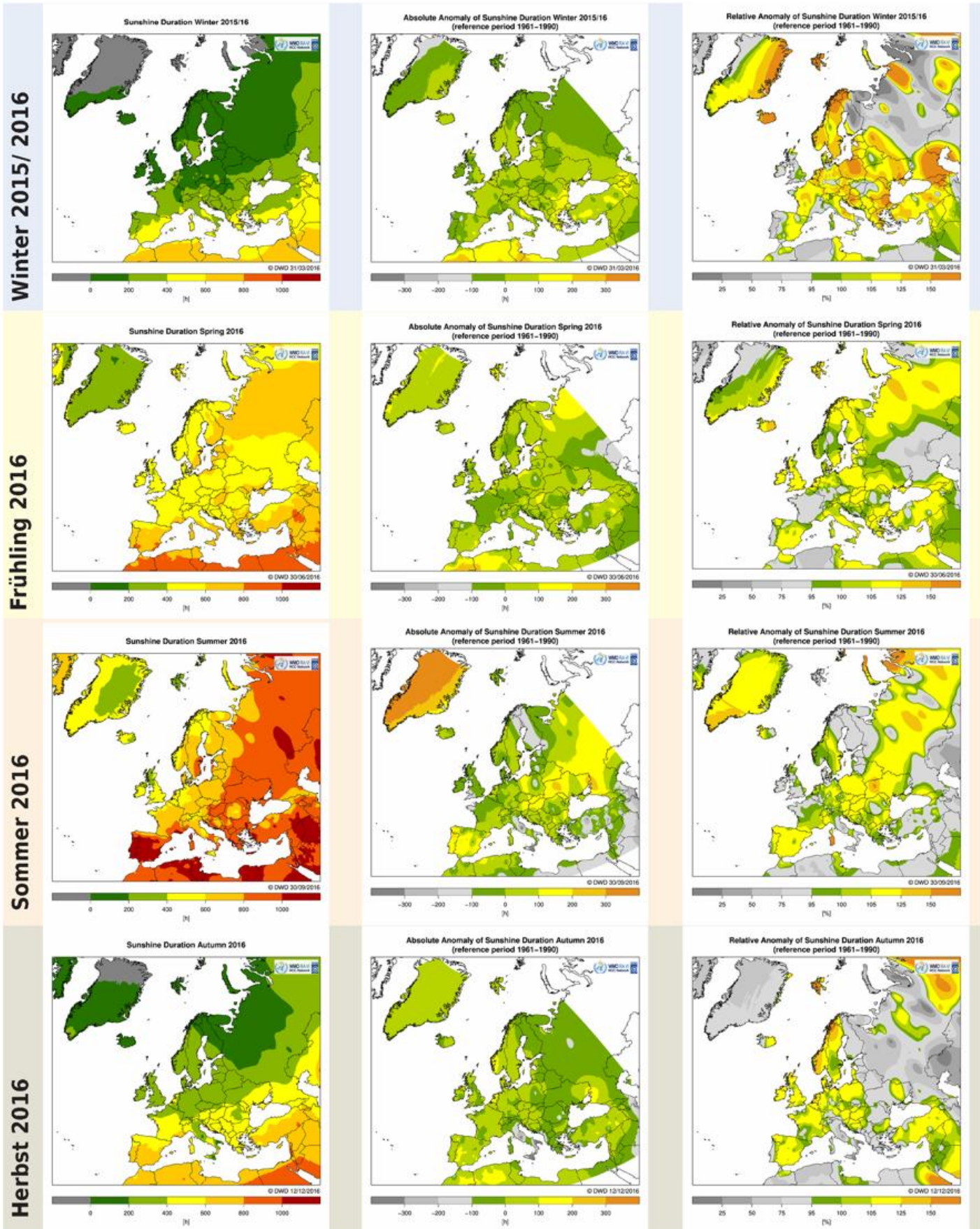
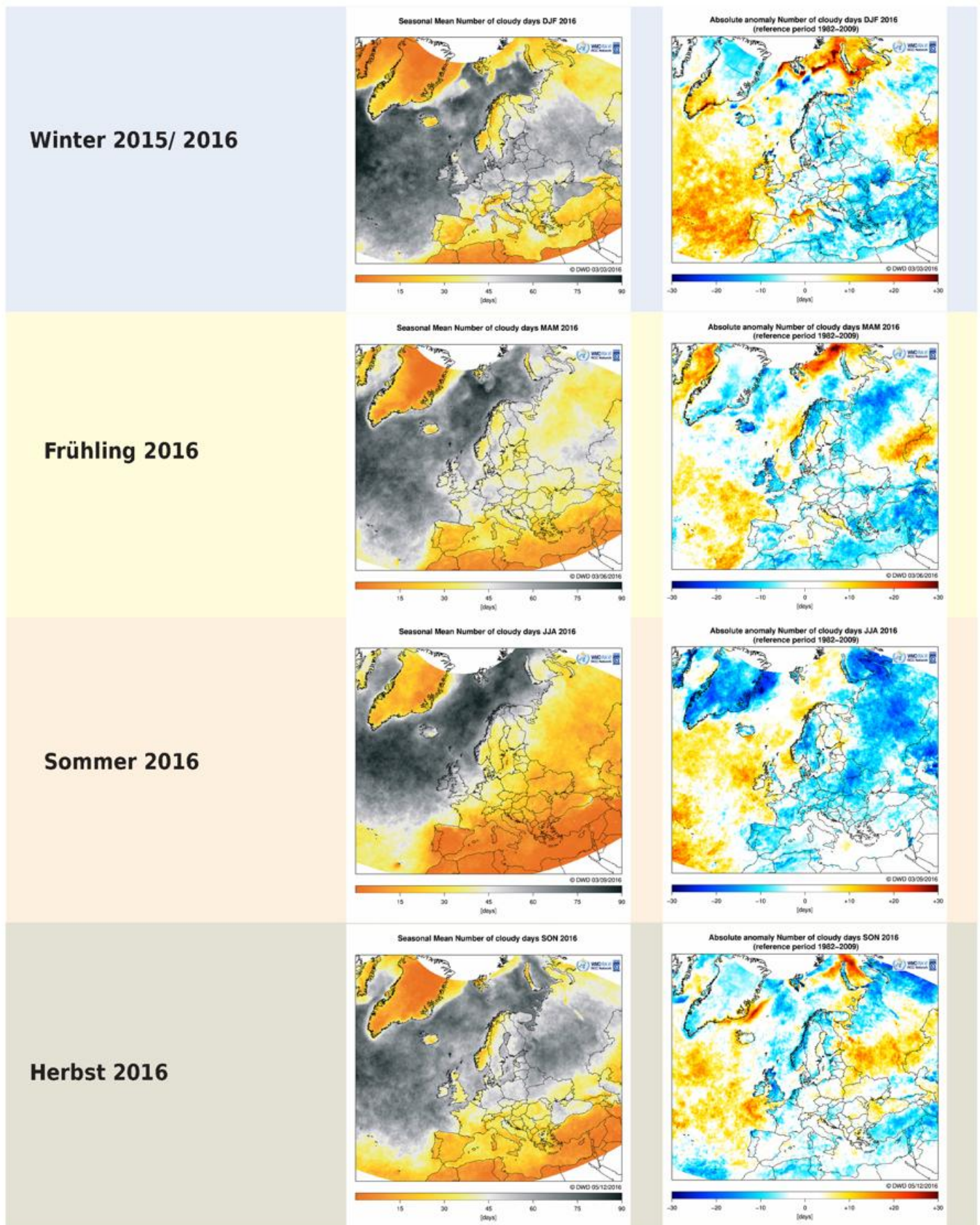
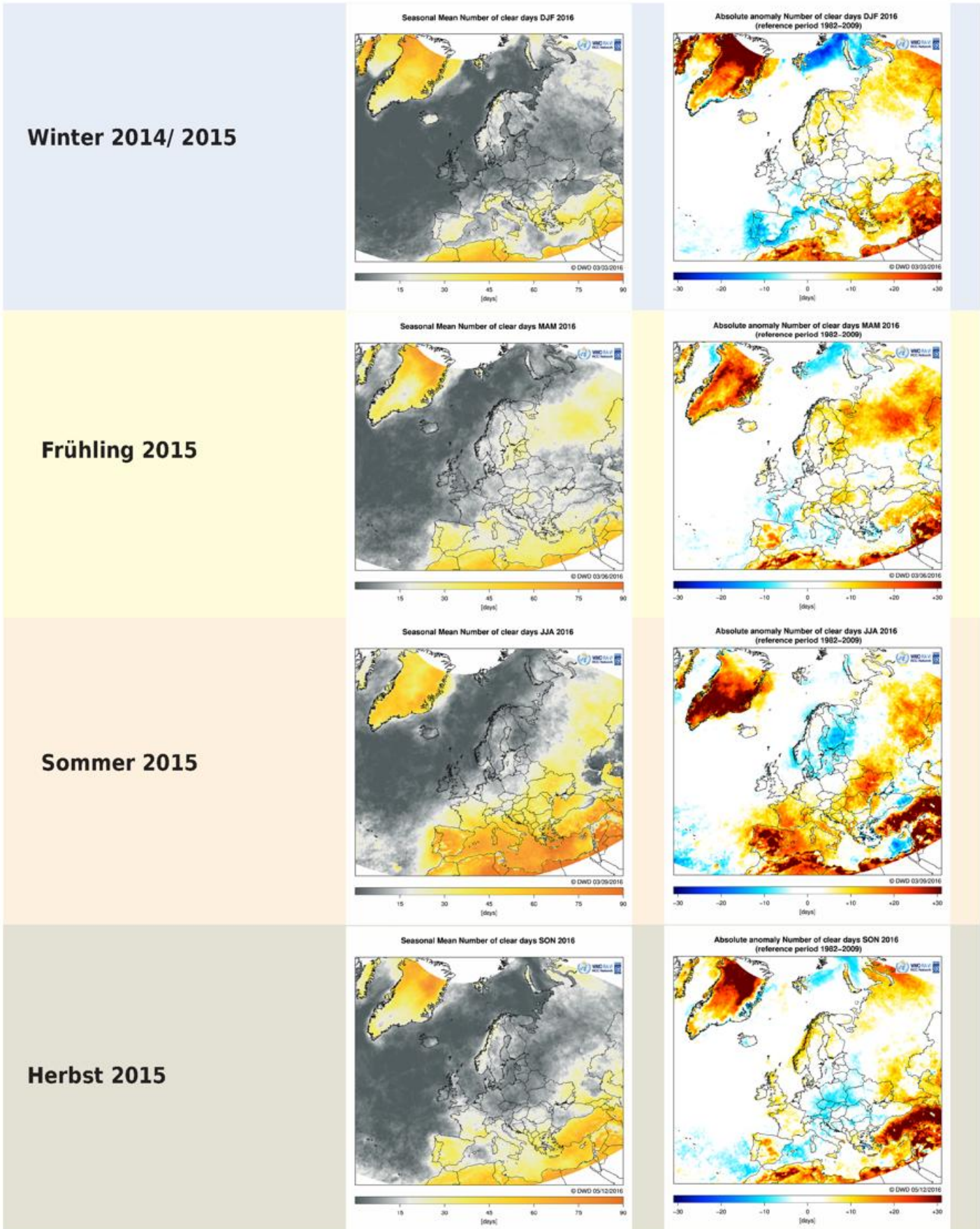


Abb. 9: Mittlere Sonnenscheindauer in h (links), absolute Abweichung in h (Mitte) und relative Abweichung in % (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 aus Stationsbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016



**Abb. 10:** Anzahl trüber Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattellitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016



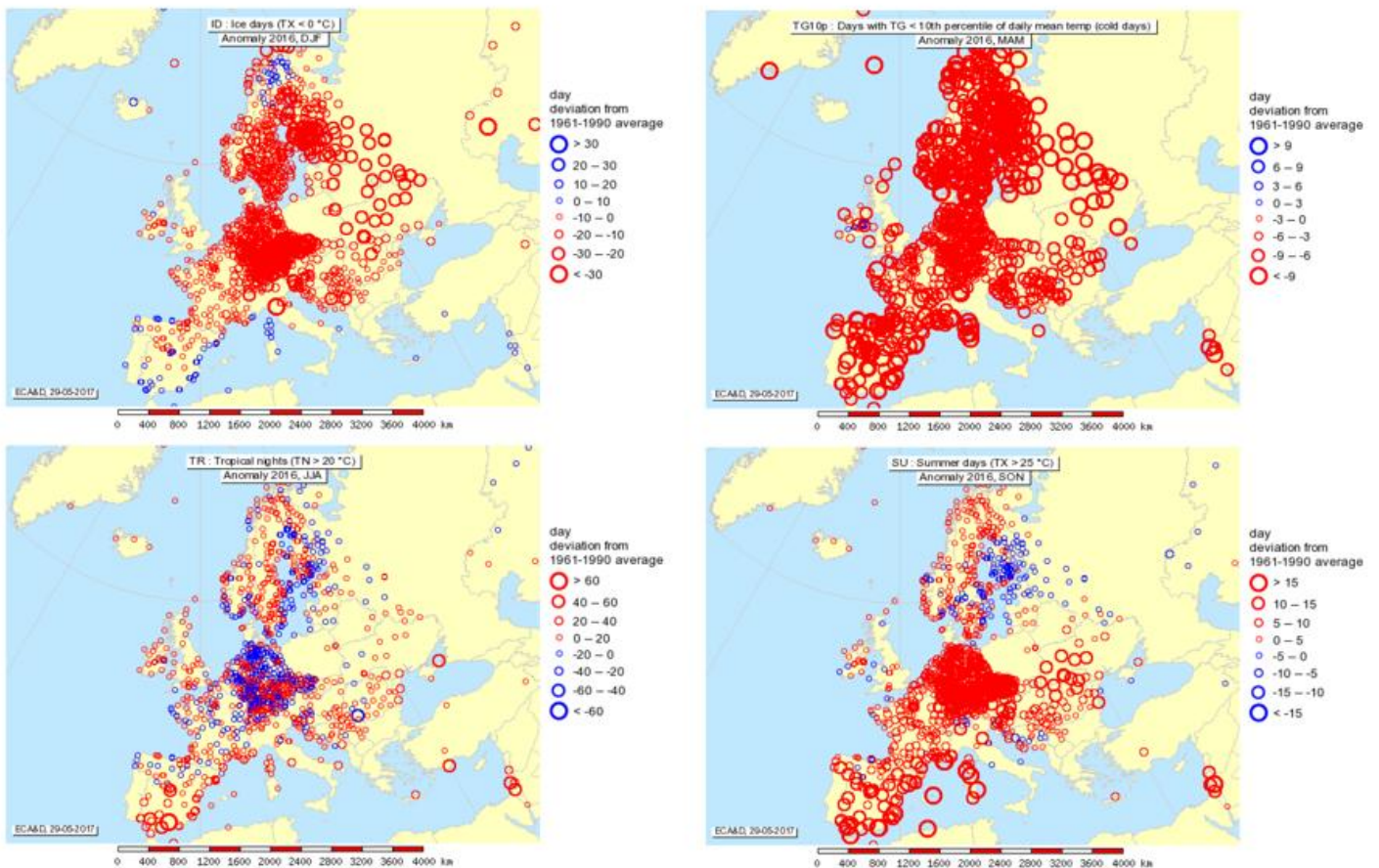
**Abb. 11:** Anzahl heiterer Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitebeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühling 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016

## Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich die Jahreszeiten auch hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben. Aus den verfügbaren Indizes wurden für jede Jahreszeit je ein repräsentativer Index für die Temperatur und den Niederschlag ausgewählt. Diese sind in Abb. 12 und 13 dargestellt.

Die Zahl der Eistage (Zahl der Tage mit einem Temperaturmaximum unter 0°C) im **Winter 2015/2016** zeigte in fast ganz Europa negative Abweichungen und spiegelt damit die überdurchschnittlichen Wintertemperaturen wieder. Nur im westlichen Mittelmeer weisen einige Küstenstationen geringfügig mehr Eistage auf. Auch im **Frühjahr 2016** gab es in ganz Europa weniger Kalte Tage (TG10p, Tage mit Tagesmitteltemperatur unter dem 10 %-Perzentilwert) als im langjährigen Mittel, da außer in Südwesteuropa überdurchschnittliche Temperaturen herrschten.

Die Abbildung der Abweichungen der Tropennächte (TR: Minimumtemperatur >20°C) für den **Sommer 2016** zeigt ein etwas unübersichtliches Bild. Viele Stationen weisen eine geringere Anzahl von Tropennächten auf, während benachbarte Stationen eine höhere Anzahl zeigten. In Südeuropa überwiegt aber die Zunahme. Der **Herbst 2016** weist in den meisten Teilen Europas überdurchschnittlich viele Sommertage (SU Maximumtemperatur >25°C) aus, nur in Finnland und Nordrussland verbleibt die Zahl der Sommertage unter dem langjährigen Mittel.



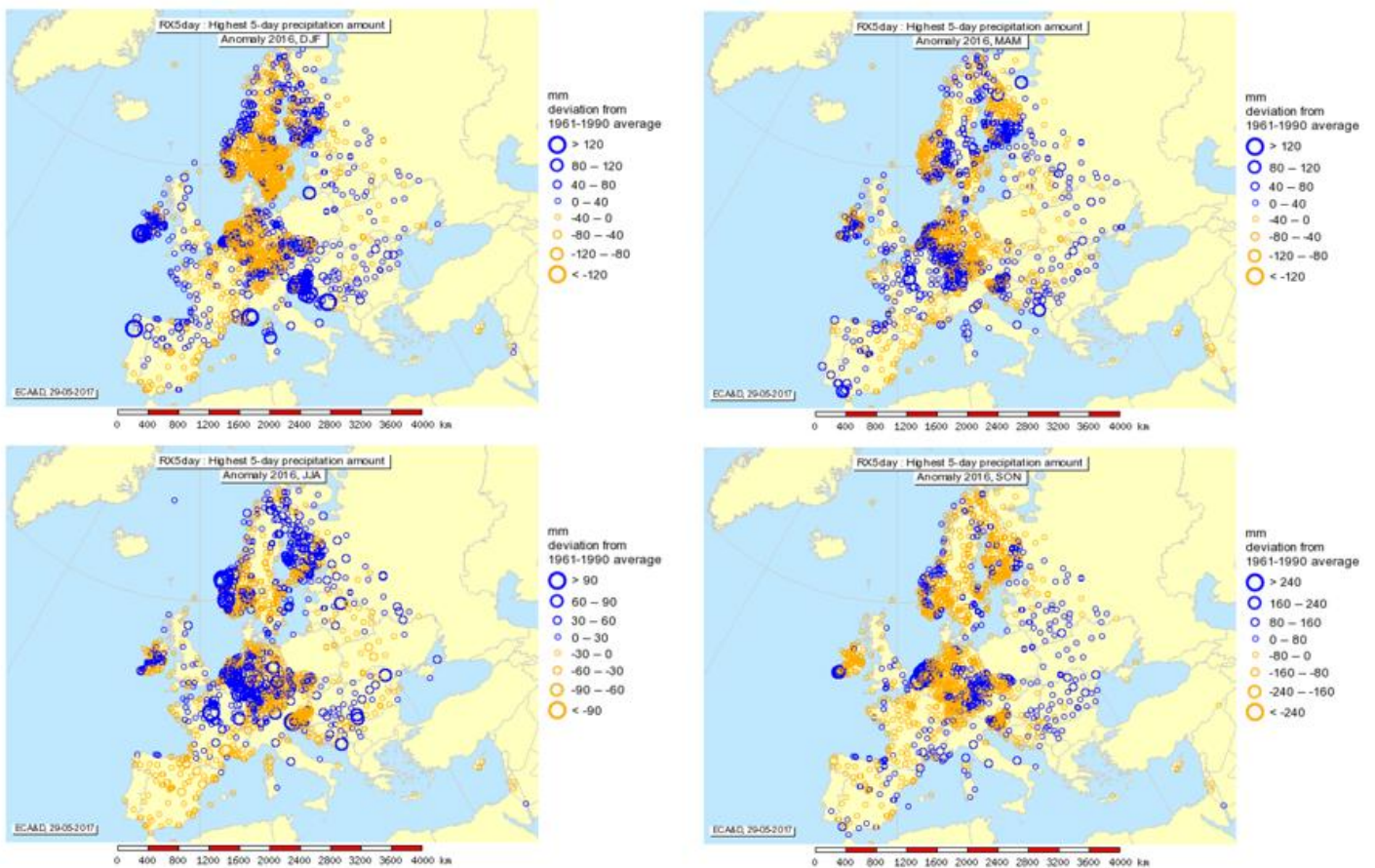
**Abb. 12:** Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Temperaturindizes nach ECA&D für Winter (links oben; ID (ice days) Eistage: Maximumtemperatur <0°C), Frühjahr (rechts oben; TG10p, Kalte Tage oder Tage mit Tagesmitteltemperatur unter dem 10 %-Perzentilwert), Sommer (links unten; TR Tropennächte: Minimumtemperatur >20°C) und Herbst (rechts unten; SU Sommertage Maximumtemperatur >25°C)

Die jahreszeitlichen Anomalien des Maximums der 5-tägigen Niederschlagssumme (RX5day, Abb. 13) für den **Winter 2015/2016** lässt einige Gebiete erkennen (wie Irland, die Nordwestspitze Spaniens und der Balkan) die überdurchschnittlich hohe Niederschläge über mehrere Tage, verbunden mit kurz aufeinanderfolgenden Sturmtiefs, zu verzeichnen hatten.

Im **Frühjahr 2016** sind die Abweichungen der 5-tägigen Niederschlagssummen nicht so dramatisch wie im Winter, wobei die Südspitze Spaniens und der Balkan höhere Werte aufweisen. Das östliche Mitteleuropa fällt durch geringere Abweichungen auf.

Höhere 5-tägige Niederschlagssummen im **Sommer 2016** sind vor allem in Zentraleuropa, dem Balkan und dem Südwesten Norwegens auffällig. Diese waren mit starken Gewittern verbunden, die auch in Deutschland verheerende Schäden anrichteten und Todesopfer forderten, wie z. B. in Simbach/Inn.

Die 5-tägigen Niederschlagssummen im **Herbst 2016** waren in West- und Nordeuropa vor allem im September und Oktober deutlich geringer als das vieljährige Mittel. Im November überquerten mehrere Sturmtiefs den Atlantik, mit lokal erheblichen Niederschlägen in kurzer Zeit. Am 24. November erreichten sie auch Korsika wobei an der Station Quercitello ein Tagesniederschlag von 288.1 mm/d gemessen wurde. Osteuropa trafen im Oktober Gewitter mit lokal extrem hohen Regenmengen. Die Station Galați (Rumänien) verzeichnete 802 % oder 207.8 mm/Monat, wobei allein am 11. Oktober 90.6 mm Regen aufgezeichnet wurden, was Überschwemmungen zur Folge hatte.



**Abb. 13:** Jahreszeitliche Anomalien des Maximums der 5-tägigen Niederschlagssumme (RX5day) nach ECA&D für Winter (links oben), Frühjahr (rechts oben), Sommer (links unten) und Herbst (rechts unten)

## Besondere Ereignisse

Der **Winter 2015/2016** in Europa deutlich wärmer als im vieljährigen Mittel, mit überdurchschnittlich vielen warmen Tagen, besonders aber in der Arktis. Die häufigen Sturmtiefs trafen vor allem die Küsten von Mittel- und Nordeuropa. Einige Ausläufer gelangten auch in den Mittelmeerraum, wo sich auch wegen der hohen Temperaturen einige Tornados bildeten (Abb. 15). Die von den Tiefs mitgeführte Feuchtigkeit blieb in den westlichen Ländern mit teils erheblichen Niederschlagsmengen in Nordwestspanien, Irland, Schottland und Südnorwegen. Auch Osteuropa wurde mit höheren Niederschlagsmengen bedacht.

Auch das **Frühjahr 2016** war von durchziehenden Zyklonen betroffen durch die sich Tornados bildeten. Sturmböen wurden an den westlichen Küsten registriert, aber Genuatiefs führten im westlichen und östlichen Mittelmeerraum ebenfalls zu Sturmböen. Westspanien, Frankreich, die Alpen und Osteuropa konnten sich über Niederschläge nicht beklagen. In Ost- und Südosteuropa waren die starken Niederschläge häufig mit Hagel verbunden. Auch Deutschland blieb davon nicht verschont. Die Temperaturen überstiegen die für die Jahreszeit üblichen Werte, vor allem im Arktischen Bereich, während Zentraleuropa und der Balkan Ende April von einer Kälte- welle mit Frost betroffen war.

Im **Sommer 2016** setzte sich die überdurchschnittliche Wärme fort, die sich über Ost- und Nordosteuropa ausbreitete. Hitzewellen wurden aus Griechenland, der Slowakei, Russland und den Baltischen Staaten gemeldet. Im August verzeichneten Portugal, Spanien und Frankreich Hitzewellen und auch in Mitteleuropa wurden die 30 °C deutlich überschritten. Die mit der Hitze verbundenen Gewitter führten in vielen Teilen Europas zu Starkregen, Hagel, Starkwindböen und auch Tornados. Nur in Südwesteuropa war es trockener, wodurch sich die Brandgefahr erhöhte und in Frankreich durch Feuer Häuser und Wald vernichtet wurden. Auf der Insel Madeira (Portugal) führte ein Feuer vom 8.-10.8. zu erheblichen Schäden an Häusern und der Infrastruktur mit einem Gesamtschaden von etwa 60 Millionen €.

Der **Herbst 2016** war nicht viel ruhiger, obwohl in der ESWD (European Severe Weather Database) nur etwas mehr als ein Drittel der Anzahl der sommerlichen Ereignisse eingingen. Rund um das Mittelmeer und Schwarze Meer gab es immer noch Gewitter mit Starkregen, Hagel, Starkwindböen und Tornados. In Griechenland produzierten die Gewitter extreme Tagesniederschläge von 200 mm/d. Afritz, in Österreich, wurde im September innerhalb weniger Tage von mehreren Schlammlawinen getroffen aufgrund hoher Niederschläge, die auch zu Überschwemmungen führten. Das Gebiet um Odessa (Ukraine) war im Oktober von Starkregen betroffen mit 201 mm/Monat oder 700 % des Monatssolls. Die West-

hälfte und der Norden Europas waren wieder wärmer als normal. Die Temperaturen lagen im Jahreszeitenmittel auf Svalbard sogar über +7 K über dem vieljährigen Mittelwert der Referenzperiode (1961-1990), auf dem Flughafen sogar bei +7.4 K.

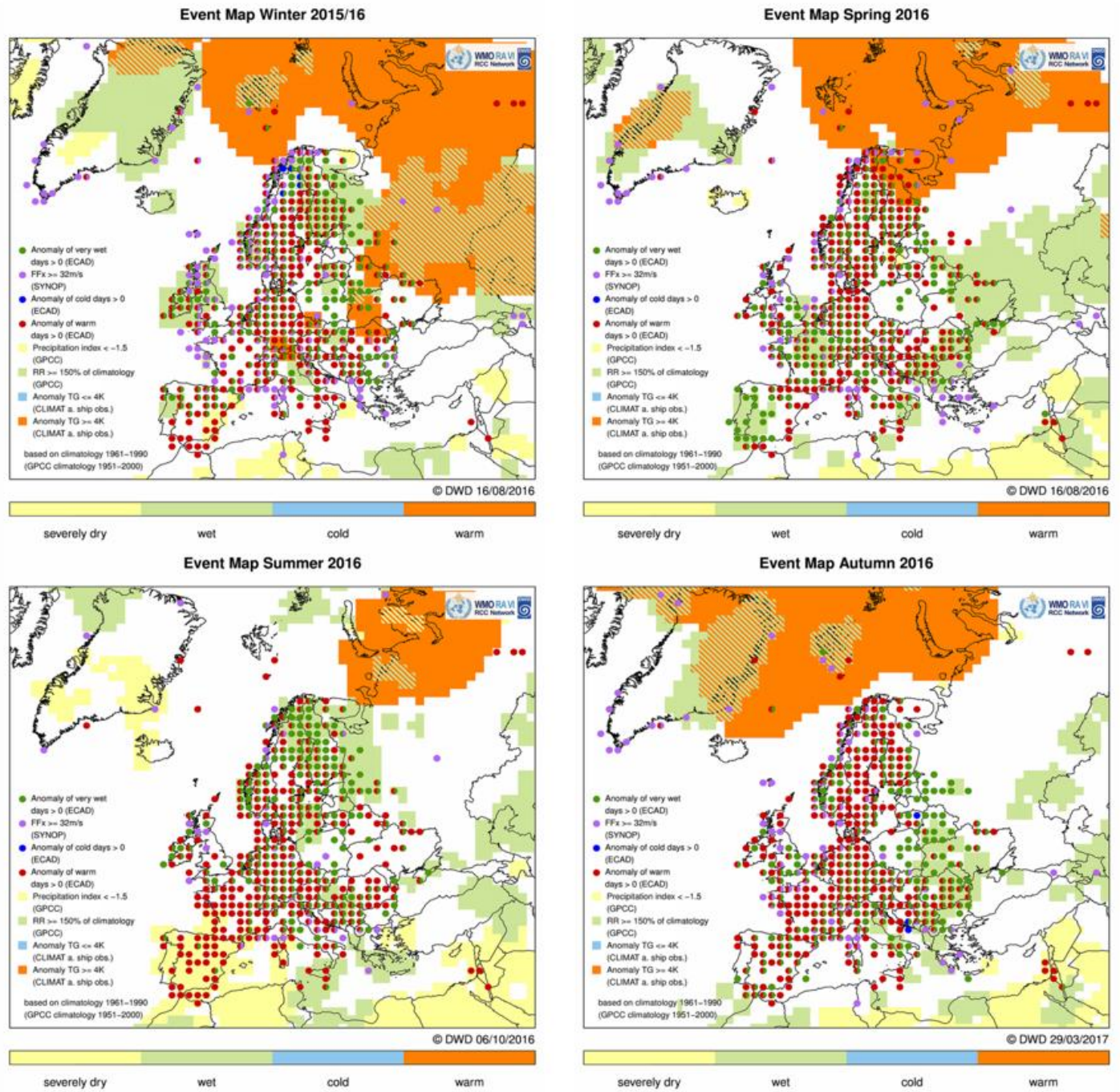


Abb. 14: Ereigniskarten für die Jahreszeiten Winter 2015/2016, Frühjahr 2016, Sommer 2016 und Herbst 2016

Legende zu Abb. 14:

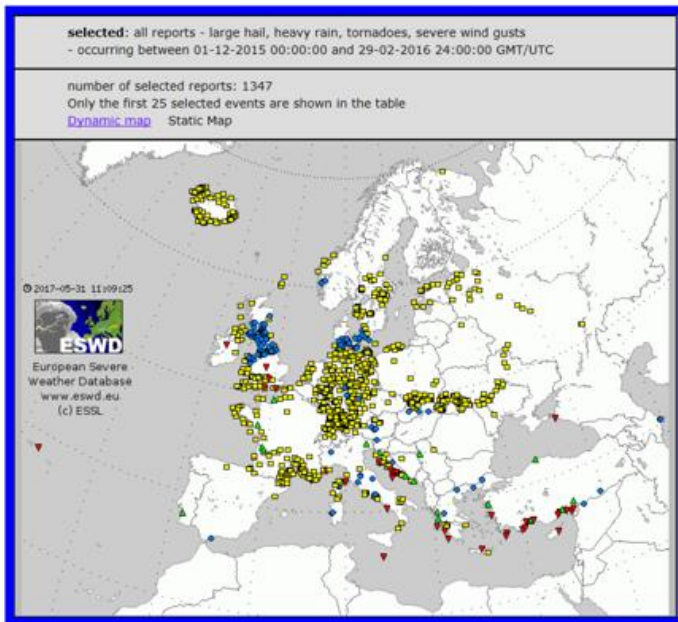
- Anomalie sehr nasser Tage > 0 (ECAD)
- Anomalie sehr warmer Tage > 0 (ECAD)
- Windböen (>=32 m/s) (SYNOP)
- Anomalie sehr kalter Tage > 0 (ECAD)

Temperaturabweichungen der Monatsmittel von der Referenzperiode (CLIMAT und Schiffsbeobachtungen)

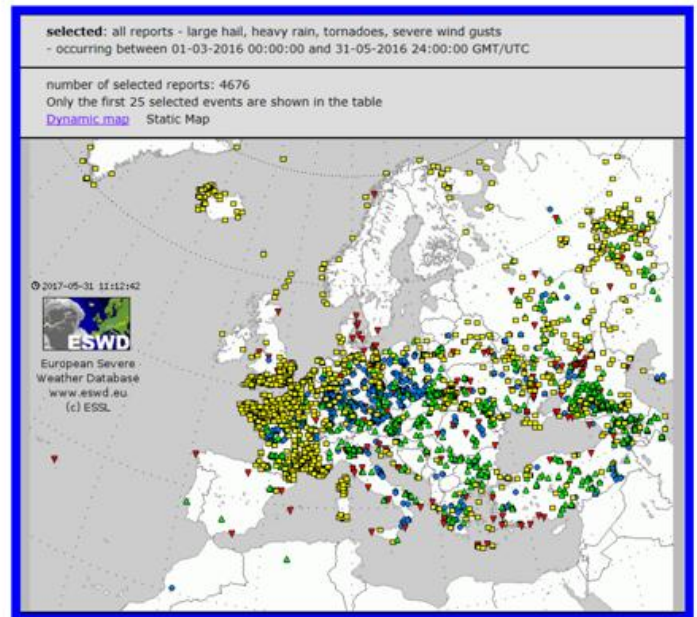
- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≤ -4 K
- Anomalie der Monatsmitteltemperatur ≥ 4 K
- Dürreindex < -1.5 modifizierter SPI (GPCC)
- Niederschlag ≥ 150 % der Klimatologie (GPCC)

Basierend auf der Referenzperiode 1961-1990 (GPCC Referenzperiode: 1951-2000)

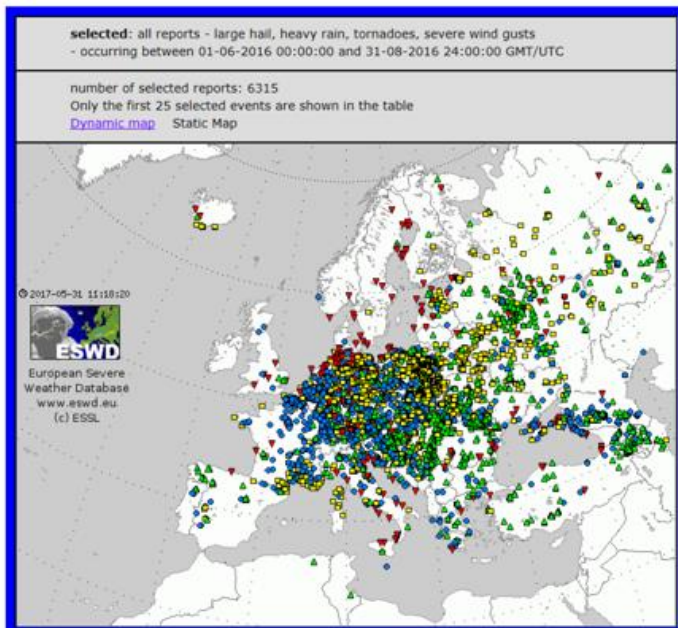
Winter 2015/2016



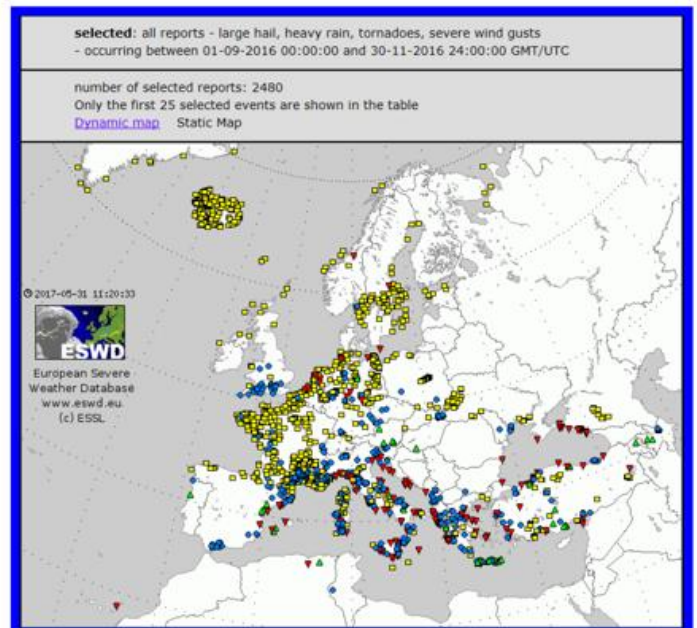
Frühling 2016



Sommer 2016



Herbst 2016



**red: tornado, yellow: severe wind gusts, green: large hail, blue: heavy rain**

**Abb. 15:** Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene **Tornado**, **Sturm**, **Hagel** und **Starkregen** für die Jahreszeiten Winter 2015/2016 (links oben), Frühling 2016 (rechts oben), Sommer 2016 (links unten) und Herbst 2016 (rechts unten)

## Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten des Jahres 2016 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

### Januar 2016

Am 9. und 10. Januar fegte ein Orkan über Norditalien mit Spitzengeschwindigkeiten von 46 m/s am Lago Scafiolo und 42 m/s an der Station Loiano. Am 15. Januar traf der Tropensturm „Alex“ die Azoren, der stärkste der jemals auf dem Nordatlantik im Januar beobachtet wurde. Sturm Gertrude überquerte Ende Januar Irland (Malin Head 36 m/s am 29.), Großbritannien (47 m/s in Lerwick und Baltasound, beide Shetland, am 29.), erreichte Skandinavien und verursachte erhebliche Schäden. Die Münchner Rück bezifferte diese auf 160 Million US\$.

Großbritannien verzeichnete einen sehr milden Januar, was sich auch in neuen Rekorden der Minimumtemperatur am 25.1. zeigte. An mehreren Stationen wurden Werte über 12°C gemessen. In Skandinavien war es dagegen kälter als normal. Am 7. Januar wurde an der Station Nikkaluokta mit -42.9°C, die kälteste Temperatur im Jahr 2016 in Schweden verzeichnet.

Der Januar brachte mehrere Starkniederschlagsereignisse, z. B. vom 9.-11.1. in Portugal mit 120 mm/48h oder am 12. auf Flores (Azoren, Portugal) mit einer Tagessumme von 96 mm/d. In der ersten Woche im Januar erlebten Schottland und England Dauerregen wobei in einigen Teilen schon nach drei Tagen das Monatssoll erreicht war und am 7. das 2-3-fache. Die Stationen Nis (101.3 mm) und Zajecar (105.6 mm) in Serbien verzeichneten neue Tagesrekorde. Die Schweiz erlebte im nördlichen Teil der Alpen mehrere neue Monatsrekorde, so in Eschenz im Gebiet des Bodensee mit 185 mm und in St. Gallen mit 164 mm. In Österreich führten heftige Regenfälle, in Verbindung mit Schneeschmelze, zu lokalen Überschwemmungen. In Finnland kam es am 8. zu Dauerschneefall, so dass während eines Tages die Schneehöhe um 73 cm anwuchs. Ein Starkniederschlagsereignis traf auch Israel am 7.-8.1. mit 24-Stundensummen von 100-130 mm.

### Februar 2016

Am 1. Februar erreichte Sturm „Norkys“ Irland und Großbritannien mit Spitzenböen von 38 m/s, in den Hochlagen Schottlands sogar über 40 m/s. Kurz darauf am 7. und 8. Februar überquerte Sturm „Ruzica“ ebenfalls Irland, Großbritannien und erreichte Mitteleuropa mit hohen Windgeschwindigkeiten, Starkregen und Überflutungen. Einige Kilometer vor Irland wurde an einer Plattform eine 19 m hohe Welle beobachtet. Der Sturm verursachte einen Schaden von 220 Million US\$ (laut Münchner Rück) und sorgte für zahlreiche ausgefallene Rosenmontagszüge.

Für Europa war es der zweitwärmste Februar nach 1990. Besonders Osteuropa meldete hohe positive monatliche

Temperaturabweichungen, so z. B. die Republik Moldawien +6 K bis +7 K, in Rumänien erreichten sie +7.3 K an der Station Sf. Gheorghe (Siebenbürgen), in der Ukraine +5 bis +8 K. Im Zentrum der Anomalie, im Europäischen Russland, traten über +10 K auf. Georgien verzeichnete den zweitwärmsten Februar seit 1961, mit Anomalien von +3 bis über +6 K.

Die Niederschläge im Februar waren, bis auf den südlichen Teil Europas, überdurchschnittlich. Die Niederschlagsmengen in der Schweiz erreichten auf der Alpensüdseite verbreitet 200-290 % des vieljährigen Mittels 1981-2010. Finnland erlebte den zweitregenreichsten Februar mit 240 % und einem Monatsrekord an der Station Kouvola von 131.6 mm. Auch in Lettland war es der zweitregenreichste Februar seit 1924 mit einem Landesmittel von 65.9 mm. Eine extreme Niederschlagsperiode vom 10.-14. Februar führte in Portugal zu einer Summe von 200 mm/120h. Am 26. gab es in Irland einen Tagesniederschlag von 90.9 mm.

### März 2016

Am 2. März stürmte „Aloisia“ (Jake) über Irland und Großbritannien mit Spitzenböen von 36 m/s. Sturm „Jeanne“ kam am 27.-28.3. über den Kanal nach Frankreich und die Niederlande mit Windgeschwindigkeiten von 30 bis 40 m/s an den Küsten. Am 31. März entwickelte sich in den Alpen ein Föhnsturm mit 49 m/s (176 km/h) gemessen an der Zugspitze.

Auch der März war in Europa deutlich wärmer als normal, nur der Westen und Südwesten verzeichnete negative Anomalien. Im nördlichen Schweden war es der wärmste März. An der Station Haparanda (Messbeginn 1859) übertraf die Maximumtemperatur vom 15. März mit 11.8°C den alten Rekord von 1948 um +1.5 K. Die Stationen in der Arktis meldeten teilweise Anomalien der Monatsmitteltemperatur von über +10 K, Svalbard Flughafen +8.8 K. In Russland erwies es sich als der fünftwärmste März und der mehr als 100 Jahre dauernde Temperaturrekord von St. Petersburg wurde am 28. März mit einer Maximumtemperatur von 13.9°C eingestellt. Moldawien registrierte Monatsabweichungen von +5 bis +7 K und Kasachstan sogar bis zu +9 K.

Im März prägten überdurchschnittliche Niederschläge den Balkan und Osteuropa; Mittel- und Nordeuropa blieben dagegen trocken. In Nordspanien führten die letzten 10 Tage des Monats März zu erheblichen Niederschlägen mit einer Monatssumme von 292 mm in La Coruña. Auf der anderen Pyrenäenseite war es mit 183 mm in Biarritz auch nicht viel trockener. Als nassester März stellte Serbien mehrere Rekorde ein, so auch in Zlatibor mit 220.9 mm. In Griechenland führten Gewitter mit Orkanböen

von 40 m/s am 18. zu erheblichen Niederschlägen. Im Zeitraum von 6 Tagen (12.-18.3.) ergossen sich in Zagora 430 mm und eine Monatssumme von 501.6 mm. Das Ergebnis waren Überflutungen und Zerstörungen.

### April 2016

Auch im April blieb Irland nicht von Stürmen verschont. An 7 Tagen wurden noch stürmische Winde beobachtet mit Spitzen von 27 m/s (96 km/h). Vom 4.-9.4. bewegten sich zwei Sturmtiefs, Luana und Myrna, von Norwegen über Schottland nach Frankreich und der Schweiz bis nach Spanien mit lokalem Starkregen und Abkühlung. Vom 10.-16.4. folgten zwei weitere Sturmtiefs (Ortrun und Petra) mit weiterer Abkühlung, sowie mit Regen und Schnee in Westeuropa. Am 10. April wurden in Westfrankreich auf der Ile d'Ouessante 42 m/s Windspitze gemessen. Auf dem Weg nach Nordspanien verursachten diese Tiefs lokale Starkregen mit Schäden durch Überschwemmungen und Starkwind. Der Tagesniederschlag der Station Guarda in Portugal am 15.4. betrug 90.4 mm.

Zentraleuropa und der Balkan gelangten ab dem 24. April in den Griff kalter Luft, so dass verbreitet Bodenfrost registriert wurde, der in vielen Ländern erhebliche Schäden an den gerade blühenden und wachsenden Pflanzen und Bäumen anrichtete. Allein in Österreich wurde er auf 305 Millionen € geschätzt. Davor wurde die höchste je in Serbien am 17. April gemessene Temperatur mit 32°C beobachtet und ersetzte den alten Rekord von 1930. In Israel herrschten dagegen mehrere Hitzewellen, eine vom 1.-10.4. mit Maximumtemperaturen von 35-39°C. Die zweite vom 19.-27. April mit ähnlichen Temperaturen, wobei auch 40°C erreicht wurden.

Die Niederschlagsmengen im April lagen verbreitet über dem Durchschnitt, nur in Zentral- und Südeuropa sowie dem Balkan darunter. Der Pegel des Flusses Sukhona (Russland) stieg vom 15.-20. April, wegen Eisstau, auf fast 10 m an und sorgte in der Region Wologda für Überschwemmungen. Von der Flut waren mehrere Ortschaften und etwa 40.000 Bewohner betroffen mit einem Schaden von über 300 Millionen Rubel (0.5 Mio. €).

### Mai 2016

Der Mai war europaweit wieder wärmer als normal, besonders in Nordeuropa, dafür aber in Südosteuropa und Spanien etwas kühler. In der Arktis herrschte ein Wärmeüberschuss von über +5 K. In Schweden war der Mai für die Jahreszeit zu warm und wechselhaft. Im Südwesten wurde am 24. Mai mit 83.1 mm der höchste Tagesniederschlag für 2016 gemessen. Für Dänemark erwies es sich als der drittwärmste seit 1874 (zusammen mit 1993). In Israel stiegen die Thermometer auf Werte von 40-42°C in der Küstenebene, 42-43°C in der Negev und dem nördlichen Bergland und 45-46°C im Jordantal.

Die Niederschlagsverteilung im Mai zeigte einen Nord-Süd-Gradienten. Aber Schweden berichtete von einem Rekordtagesniederschlag von 83.1 mm am 24. Mai, der auch der höchste im ganzen Jahr war. Zentraleuropa wurde von Ende Mai bis Anfang Juni von katastrophalen Gewittern heimgesucht. Ausgelöst durch Extremniederschläge wurden viele Häuser, Fabriken und Brücken durch Fluten und Schlammlawinen beschädigt oder zerstört. Die Münchner Rück beziffert den Gesamtschaden in Frankreich, den Niederlanden und Deutschland auf 1400 Millionen US\$. In Deutschland ist der 29. Mai mit dem Ort Braunsbach verbunden, wo innerhalb einer Stunde 90 mm Regen eine Sturzflut auslöste, den Ort verwüstete und mehrere Todesopfer forderte. In Frankreich waren die Auswirkungen noch dramatischer, da die Regenmengen höher waren (150 mm in 5 Tagen was einer Wiederkehrzeit von 10-50 Jahren entspricht). Die Flüsse Seine, Loing und Yonne traten über die Ufer und überschwemmten viele Ortschaften wobei es zu 5 Todesopfern kam. Tausende Häuser, Gewerbeflächen wurden beschädigt und Ackerland (Glashäuser) sowie Weinberge wurden zerstört. Die Münchner Rück bezifferte den Gesamtschaden auf 2400 Millionen US\$. Die Schweiz berichtete auch von Rekordniederschlägen z. B. in Luzern mit 270 mm was mehr als 200% der Norm für Mai entsprach. Zypern wurde von einem schweren Hagelunwetter getroffen mit fast 80 mm Tagesniederschlag. Die Tschechen berichteten von einem extremen Tagesniederschlag von 145.8 mm am 31. Mai, wobei schon 129.3 mm innerhalb einer Stunde registriert wurden. In Westkasachstan war es ein Rekordmonat mit 240 % vom langjährigen Mittel (in Atyrau sogar 653 %). Auch in Südrussland erreichten die extremen Niederschläge das 2-3-fache des Normalen, lokal sogar bis zum 6-fachen.

### Juni 2016

Die Temperatur im Juni wies fast überall positive Abweichungen auf; besonders in Osteuropa und vor allem im Norden Russlands war es deutlich wärmer als im langjährigen Mittel, dagegen blieben die Anomalien in Nordskandinavien teilweise darunter. Grönland verzeichnete am 9. Juni mit 24.8°C an der Station Nuuk einen neuen Rekord der Maximumtemperatur. In den Baltischen Ländern erreichten die monatlichen Anomalien Werte von bis zu +7 K und in Pasvalyje (Litauen) kletterte das Quecksilber am 26. Juni auf 35°C. Von Weißrussland bis zum Nahen Osten herrschte eine Hitzewelle von über 40°C, in Griechenland wurden sogar 43.4°C gemessen.

Die konvektiven Niederschläge in Mitteleuropa vom Mai setzten sich auch im Juni fort. Betroffen waren vor allem Belgien, Deutschland und die Schweiz mit einem Gesamtschaden von 2400 Millionen US\$ (gemäß Münchner Rück). Neben den für solche Gewitter üblichen Auswirkungen, wie überschwemmte Straßen, vollgelaufene Keller, demolierte Autos und Stromausfall wurden auch Gebäude durch Schlammlawinen beschädigt und

3 Personen ertranken in Belgien. Auch Luxemburg verzeichnete am 4. Juni einen neuen Tagesrekord mit 135 mm. Starkniederschläge in Bayern führten zu einem Dammbuch und zur Überflutung des Ortes Simbach/Inn mit 7 Todesopfern. Auch anderenorts gab es erhebliche Schäden durch Starkregen und mehrere Tornados. Vom 22.-24. Juni verursachten Gewitter mit häufigem Hagel (teilweise mit einem Durchmesser von 5-10 cm) in den Niederlanden und in Deutschland an hunderten Autos Schäden und zerstörten Solaranlagen, Glashäuser und landwirtschaftliche Anbauflächen mit einem Schaden von 1900 Millionen US\$ (gemäß Münchner Rück). Auch Serbien berichtete von neuen Monatsrekorden mit 187 mm an der Station Zrenjanin. Von Afrika kommend führten Gewitter in Griechenland zu enormen Regengmengen von lokal über 200 mm/Tag. In Rumänien kam es im Juni ebenfalls zu mehreren lokalen Gewittern mit Starkregen von über 100 mm, teilweise auch über 150 mm/Tag. Die Gewitterzone reichte bis zur Ukraine, wo lokal neue allzeit Monatsrekorde aufgestellt wurden mit 212 mm oder 326 %. Im russischen Teil des Nordkavkasus verursachte ein kurzes, heftiges Gewitter mit Hagel und Windböen von 28-32 m/s erhebliche Schäden an Glashäusern und Dächern mit mehreren 1000 entwurzelt Bäumen und zwei Todesopfern.

### Juli 2016

Nach einem der heißesten Juni 2016 in Russland verstärkte sich dort die Hitze weiter im Juli. Neue Temperaturrekorde wurden von der Barentssee gemeldet und der russische Wetterdienst bezeichnete diesen Juli als den wärmsten in Nordrussland. Auch die Iberische Halbinsel hatte unter Hitze zu leiden. Der portugiesische Wetterdienst berechnete eine mittlere Maximumtemperatur im Juli von 32.2°C und damit die höchste seit 1931, dem Beginn der Analysen.

Karlstein (Österreich) wurde am 21. Juli von einem Tornado der Kategorie F2 heimgesucht mit Spitzengeschwindigkeiten von 61 m/s (220 km/h). Bäume wurden entwurzelt und der damit verbundene Hagel führte zu einer Zerstörung auf einer Fläche von 3500 ha mit einem Schaden von 1 Million Euro.

Der Juli zeichnete sich vielerorts durch heftige Gewitter aus. In der Region Rostov (Russland) führte ein solches am 7. in Belaya Kalitva zu einer Niederschlagsmenge von 80 mm innerhalb von 40 Minuten mit Hagel und Windböen. Georgien verzeichnete Monatssummen von 30-90 % über dem vieljährigen Mittel, die im Westkavkasus mit 170-380 mm sogar das 2-3-fache erreichten, mit lokalen Überschwemmungen und Schlammlawinen, die erhebliche Schäden verursachten. Ein heftiges Gewitter am 6.-7. Juli überquerte Lettland mit Rekordsummen von 81 mm in 12 Stunden sowie Litauen mit 53 mm in 12 Stunden. Tage später, vom 13.-14.7., erreichte eine Gewitterfront den Norden Polens mit ergiebigem Regen

von 100-150 mm. Betroffen waren die Städte Danzig und Gdingen mit Überschwemmungen die größere Schäden verursachten. Luxemburg musste wieder mehrere Rekordniederschläge messen, mit 47.5 mm in 60 Minuten, 58.1 mm in 3 Stunden und 60.4 mm in 12 Stunden. Die quasistationären konvektiven Zellen über dem Erzthal ließen Flusspegel ansteigen und führten mancherorts zu Sturzfluten. In Serbien wurde am 16. an der Station Negotin der bisherige Tagesrekord vom 5.7.1970 (67 mm) mit 137 mm/Tag gebrochen, wodurch die Monatssumme auf 340 % anwuchs. Die Station Dolná Poruba (Slowakei) erlebte ebenfalls neue Rekorde am 27.7. mit Niederschlagsmengen von 91 mm in 30 Minuten und 110 mm/1h (128 mm/d). Bis zum Monatsende wurden an weiteren Stationen ebenfalls neue Rekorde erreicht. Dies führte vielerorts zu überfluteten Straßen und Häusern in der Slowakei.

### August 2016

Ähnliche Temperaturen wie im Juli zeigten sich auch im August, wobei die höchsten Anomalien in Russland etwas weiter im Süden lagen. Dort wurden gleich mehrmals nacheinander Rekordtemperaturen erzielt. Vom 8.-14.8. stellte sich in Westkasachstan mit Maximumtemperaturen von 40-43°C eine Hitzewelle ein und führten zu einem neuen Rekord. Gleichzeitig meldete vom 5.-13.8. auch Portugal eine Hitzewelle mit überdurchschnittlich vielen heißen ( $T_{max} \geq 35^\circ\text{C}$ ) oder extrem heißen Tagen ( $T_{max} \geq 40^\circ\text{C}$ ). Eine weitere Hitzewelle bildete sich ab dem 23.8. über Frankreich mit Maximumtemperaturen von 35-38°C. Der Flughafen in Luxemburg erreichte am 26.8. eine Höchsttemperatur von 34.9°C. Am selben Tag verzeichnete Norrköping (Schweden) mit 32.7°C die höchste Temperatur des Jahres 2016 und gleichzeitig einen neuen Rekord. Auch die Schweiz blieb von der Hitze nicht verschont. In Genf wurde es der heißeste Tag seit Aufzeichnungsbeginn im Jahre 1864 mit einer Höchsttemperatur von 33.5°C am 27. August.

Auf Madeira (Portugal) kam es vom 8.-10.8. zu verheerenden Waldbränden in der Umgebung von Funchal. Viele Menschen mussten evakuiert werden und es gab Schäden an Häusern und an der Infrastruktur die sich auf 60 Millionen Euro beliefen.

West- und Zentraleuropa waren im August trockener, der Balkan, Teile der Türkei und Nordeuropa regenreicher als normal. Teile der ehemaligen Jugoslawischen Republik Mazedonien wurden am 6.8. von extremen Gewittern heimgesucht, mit neuem Niederschlagsrekord in Skopje von 92.9 mm, gefolgt von einer Springflut. Im Zentralen Europäischen Russland führte eine Gewitterfront zu hohen Niederschlägen in Moskau, wo vom 14.8. (18:00 Uhr) bis 15.8. (18:00 Uhr) 102 mm in Balchug und damit neue Rekorde des täglichen (25.2 mm von 1887), monatlichen (59 mm von 2003) und sommerlichen (63 mm in 1970) Niederschlagssummen aufgestellt wurden.

## September 2016

Der September war im Westen und Norden Europas zu warm, im Osten dagegen kühler als normal. Portugal verzeichnete am 6.9. den wärmsten Tag des Jahres mit einem landesweiten Mittel von 38.6°C für die Maximum- und 19.8°C für die Minimumtemperatur. In dieser Zeit meldeten 36 spanische Hauptstationen neue Rekorde der Maximumtemperatur mit bis zu 45.4°C am Flughafen in Cordoba. Am 13. September registrierte Gravesend (Kent, Großbritannien) 34.4°C, ein Höchstwert seit 1911 und damit auch die höchste Temperatur des Jahres für ganz Großbritannien. In den Ländern Zentraleuropas rangiert dieser September auf den oberen 1-3 Rängen. Norwegen registrierte an 43 Stationen neue Monatsrekorde und im Landesmittel war es der wärmste September seit 1900. In Schweden war der September lokal sogar wärmer als der August, was sehr ungewöhnlich ist. Tschechien, Slowakei und die Schweiz beobachteten Monatsanomalien von über +3 K. In Teilen der Schweiz wurde es der wärmste September seit 1864.

Große Teile Europas waren im September trockener, in Griechenland, Süditalien, der Türkei und Südrussland dagegen regenreicher als normal. In Griechenland verursachte ein Cut-Off Prozess vom 6.-9.9. heftige Gewitter mit Starkregen, Überflutungen, Schlammlawinen und lokale Tornados mit 6 Toten. Die Tagesniederschlagshöhen lagen zwischen 100 und 200 mm. In der Wolga-Region und im Ural beendete Starkregen die Dürre mit Monatssummen bis zu 220 mm, das dem 4-fachen des Normalen entspricht.

## Oktober 2016

Im Oktober etablierte sich Hochdruck über Skandinavien und Nordeuropa mit einem Kerndruck im Monatsmittel von über 1030 hPa. In Schweden wurde mit 1050.7 hPa in Sveg der höchste je dort beobachtete Bodendruck aufgezeichnet. Dadurch konnte kalte Luft aus Sibirien nach Europa gelangen und nur der äußerste Süden blieb davon verschont. Die kühle Periode begann am 3. und endete am 22. Oktober. Die Schneegrenze in der Schweiz und Österreich fiel auf 1000 m. In Lettland, an der Station Daugavpils, wurde sowohl das landesweite absolute Temperaturmaximum am 2. Oktober mit 19.7°C gemessen als auch das absolute Minimum mit -6.2°C am 13. Oktober. In Litauen erreichten die Monatsanomalien Werte von -1.5 K bis -2.5 K unter dem langjährigen Mittel. Russland verzeichnete meist unterdurchschnittliche Temperaturen, nur im hohen Norden wurden im Gebiet von Novaya Zemlya Anomalien von über +6 K gemessen.

Im Oktober erwies sich Osteuropa feuchter als im vieljährigen Mittel, während der Rest Europas eher trockener blieb. In Weißrussland beendete am 4.10. Starkregen mit bis zu 100 mm/48h die herrschende Dürre. Auch in der Ukraine führte im Gebiet um Odessa Starkregen vom

11.-13.10. zu einem Ende der Trockenzeit mit 12 Stundensummen von 50-78 mm. Die Tagessummen lagen bei 100 mm. Als Folge gab es Überflutungen, gesperrte Straßen, umgestürzte Bäume und Baukräne. Odessa und Bolgrad (Odessa Region) meldeten Monatssummen von 180 mm bzw. 201 mm oder bis zu 700 %. In der Republik Moldawien erreichten die Monatssummen 85-185 mm oder das 3-6-fache der Norm. Es vermeldeten 60% des Staatsgebietes neue Höchstwerte seit Beginn der Analysen. Das Nachbarland Rumänien verzeichnete mit einem Landesmittel von 103.6 mm zwar nur 138 % der Norm, aber in einigen Landesteilen, wie der Moldova wurden 350 % erreicht. Die höchste Abweichung erreichte die Station in Galați mit 207.8 mm oder 802 %, davon fielen allein am 11.10. 90.6 mm/d. Die höchste Monatssumme wurde jedoch in der Umgebung in Cudalbi mit 294.7 mm gemessen. Für Irland war der 3. Oktober an manchen Stellen sehr nass mit extremen Tagessummen von über 150 mm an mehreren Stationen. Ein neuer Höchstwert wurde in Cloone Lake mit 198.6 mm gemessen. Im Süden Portugals entstanden aus Gewitterlinien Superzellen und Tornados die am 25.10. Tagesummen von 50 mm, 3-Stundensummen von über 25 mm (bis zu 40 mm) und Stundensummen von über 10 mm ergaben.

## November 2016

Der November zeichnete sich durch Monatsanomalien der Temperatur unter -6 K im Norden Russlands und über +2 K im Mittelmeerraum aus. Am 8. November registrierte die Station Folldal-Fredheim in Norwegen eine Minimumtemperatur von nur -33.5°C. In St. Petersburg waren die ersten 10 Tage des November die kältesten der letzten 46 Jahre. Dagegen waren der Süden Russlands und der Kaukasus um den 9. November deutlich wärmer wobei in etlichen Städten neue Rekordtemperaturen erreicht wurden. Die extremen Temperaturen der Arktis wurden an der Station auf der Wiese-Insel (Vize-Insel, Kara See, Russland) mit einer Monatsmitteltemperatur von -4.3°C und einer Abweichung von +16.8 K registriert. Auf Spitzbergen erreichten die Anomalien Werte bis zu +10 K.

Europa zeigte sich im Oktober regenreicher als normal, nur Nordrussland, die Türkei, Mitteleuropa und das westliche Großbritannien waren trockener. In Schweden erzielte eine Schneehöhe von 43 cm am 9. November einen Rekord. Kalte und instabile Luftmassen führten in Portugal zu heftigen Schauern mit Gewittern, wobei die Schneefallgrenze von 1200 m am 22.11. auf 900 m am 25. sank. Vom 26.-30.11. sorgten Dauerregen in Griechenland für Überschwemmungen, auch die U-Bahn von Athen war betroffen. In Zakynthos summierte sich der Regen innerhalb von 2 Tagen auf 183.4 mm/48h, in Mitilini wurden innerhalb 36 Stunden 177.2 mm/36h gemessen. Auch in Piemont (Norditalien) führten Dauerregen vom 21.-26. zu Überschwemmungen, wobei Tagessummen von 165 mm am 23.11. und 385 mm in Barge am 24.11.

bzw. 436 mm/24h (bei einer anderen Startzeit) gemessen wurden. Während der 5 Tage registrierte die Station in Piaggia 632.6 mm/5d.

## Dezember 2016

Mit Beginn des Winters stellten sich auch wieder die Stürme ein und führten in Irland, Dänemark sowie Österreich zu einigen Schäden.

Ähnlich wie der November waren die Temperaturanomalien im Dezember im Osten Europas, dem Balkan und im Nahen Osten negativ, dagegen im Norden wieder positiv. Auch Frankreich und Nordspanien wiesen unterdurchschnittliche Temperaturen auf. In Norwegen bezifferten sich die Monatsabweichungen auf bis zu +7.4 K und in Schweden auf +8.4 K an der Station Kvikkjokk-Årrenjarka. Im Europäischen Russland lag die maximale Monatsabweichung bei -12 K, es kamen aber auch Tagesanomalien von -15 K bis -20 vor. In Griechenland fiel die Temperatur Ende Dezember auf -3°C und war mit Schneefall verbunden. Im Nordosten Spaniens erreichte der Frost am 30. Dezember -11.0°C in Molina de Aragón und am 31. in Burgos -8.2°C.

Im Dezember waren der Süden Europas trockener, der Norden regnerischer als normal, mit Ausnahme von Schweden und Finnland. Luxemburg verzeichnete mit nur 7.3 mm Monatssumme den zweittrockensten Dezember seit 1947, dem Beginn der Analysen. Ein stabiles Hoch über den Alpen führte in der Schweiz zum trockensten Monat aller Zeiten, in einigen Teilen wurde sogar kein Niederschlag gemessen. Auch Frankreich erreichte nur 20 % des üblichen Niederschlags und zählte damit zu den trockensten Regionen. In der Slowakei wurden lokal nur 2-4 % des normalen Niederschlags erreicht.

Besonders regenreich war der Südosten von Spanien zwischen Valencia und Almeria sowie Ibiza und Mallorca. Die Niederschlagssummen während des Ereignisses vom 16.-22.12. bezifferten sich auf über 450 mm im nördlichen Mallorca und über 350 mm südöstlich von Valencia. An einigen Stationen wurden Tagesmaxima von über 100 mm erreicht. Damit wurden an vielen Stationen neue Tages- und Monatsmaxima erreicht. In Israel war es der regenreichste Dezember seit 1992 mit Monatssummen von 250-300 mm im Norden und in der Küstenebene, entsprechend 200-250 % vom vieljährigen Mittel und bedeutete damit die Dürre der vorhergegangenen Monate.

## Quellen und Referenzen

### Allgemein:

Annual Bulletin on the Climate in WMO Region VI - Europe and Middle East ([http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports\\_node.html](http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html))

Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901-present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71-99, doi:10.5194/essd-5-71-2013.

Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds., 2017: State of the Climate in 2016. Bull. Amer. Meteor. Soc., 98 (8), Si-S277, doi:10.1175/2017BAMSStateoftheClimate.1.

Mekonnen, A., J. A. Renwick, and A. Sánchez-Lugo, Eds., 2016: Europe and the Middle East [in "State of the Climate in 2015"]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 97 (8), S197-S209.

Dartmouth Flood Observatory (<http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>)

Deutsche Rückversicherung 2017: Sturmdokumentation 2016 Deutschland. ([https://www.deutscherueck.de/fileadmin/files/Sturmdokumentation\\_2016\\_.pdf](https://www.deutscherueck.de/fileadmin/files/Sturmdokumentation_2016_.pdf))

European Severe Weather Database ESWD (<http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi>)

European Climate Assessment & Dataset ECA&D (<http://www.ecad.eu/>)

Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie <http://www.wettergefahren-fruehwarnung.de/Ereignis/archiv.html>

Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201"

Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI - Europe and Middle East ([http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports\\_node.html](http://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/reports/reports_node.html))

Monthly Event Calendars, ([http://www.dwd.de/EN/our-services/rcccm/int/rcccm\\_int\\_sse.html](http://www.dwd.de/EN/our-services/rcccm/int/rcccm_int_sse.html))

Münchener Rückversicherung 2017: TOPICS GEO Jahresrückblick 2016. (<https://www.munichre.com/topics-online/de/2017/topics-geo/world-map-2016>, letzter Zugriff 28.08.2016)

NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2016, published online January 2017, retrieved on August 23, 2017 from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201613>

Satellite Application Facility on Climate Monitoring CM SAF (<http://www.cmsaf.eu>)

Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) (<http://gpcc.dwd.de>)

WMO, 2017, WMO statement on the status of the global climate in 2016, WMO-No. 1189 ([http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/1189\\_State-ment2016\\_EN.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/1189_State-ment2016_EN.pdf), accessed 28.08.2017)

### Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

Imbery F., K. Friedrich, K.-P. Wittich, R. Fleckenstein, J. Breyer 2016: Klimatologische Einschätzung des Spätsommers 2016 [http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20160916\\_spaetsommer\\_2016.pdf](http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20160916_spaetsommer_2016.pdf)

ZAMG, 28.04.2016: Ungewöhnlich viel Neuschnee im Süden <http://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/news/ungewoehnlich-viel-neuschnee-im-sueden>

Schmitt, H.H., Janssen, W., Meinert, T., Wittich, K.-P. 2016: Kurzbericht zur trocken-warmen Witterungsperiode im August/September 2016. [http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/duerre/20161006\\_trockenheit\\_september.pdf](http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/duerre/20161006_trockenheit_september.pdf)

Ziese M., T. Junghänel, A. Becker 2016: Andauernde Großwetterlage Tief Mitteleuropa entfaltet ihr Unwetterpotential mit starken Gewittern und massiven Schadensgeschehen in Deutschland, [http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603\\_starkregen\\_mai-2016\\_meldung.pdf](http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603_starkregen_mai-2016_meldung.pdf)

## Das Klima 2016 im globalen Maßstab

S. Haeseler, C. Lefebvre, A. Becker

Das Jahr 2016 war global das wärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen gegen Ende des 19. Jahrhunderts und verdrängte damit die bisher wärmsten Jahre 2015 und 2014 auf die Plätze 2 und 3 in der Rangfolge der Jahre mit der höchsten Globaltemperatur. Im Jahresverlauf wurden die klimatischen Verhältnisse markant durch eine starke El-Niño-Phase geprägt, die sich bereits 2015 ausgebildet hatte.

El Niño Southern Oscillation (kurz: ENSO) bezeichnet ein gekoppeltes Zirkulationssystem von Ozean und Atmosphäre im Bereich des tropischen Pazifiks, das u. a. die Temperatur des Wassers sowie Anzahl und Stärke der Stürme und Niederschläge beeinflusst. Das Zirkulationssystem kann innerhalb eines Jahres und von Jahr zu Jahr stark schwanken und trägt damit zur natürlichen Klimavariabilität auf der Erde bei. [Quelle: [DKK](#)]

Bei ENSO werden drei verschiedene Phasen unterschieden:

- warme Phase (El Niño)
- neutrale Phase
- kalte Phase (La Niña)

Sowohl das El-Niño-Ereignis als auch die menschlichen Aktivitäten trugen 2016 zum weiteren Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration bei, die im globalen Mittel einen neuen Höchstwert von 403,3 ppm erreichte ([WMO, 30.10.2017](#)). Geologische Daten zeigen, dass ein vergleichbar hohes CO<sub>2</sub>-Niveau zuletzt vor 3 bis 5 Millionen Jahren auftrat. Damals war das Klima 2 bis 3 K wärmer als heute, die Eisschilde Grönlands und der Westantarktis sowie Teile des Ostantarktischen Eises schmolzen, was zu einem 10 bis 20 m höheren Meeresspiegel als heute führte.

### El Niño 2015/2016

Anfang 2016 setzte sich die im Frühjahr 2015 entstandene starke El-Niño-Phase fort. Im Mai/Juni 2016 wurde diese durch eine neutrale ENSO-Phase abgelöst. In der zweiten Jahreshälfte herrschten dann neutrale Bedingungen oder schwache La-Niña-Bedingungen vor. Insgesamt zählt das El-Niño-Ereignis von 2015/2016 mit denen der Jahre 1997/1998 und 1982/1983 zu den drei stärksten El-Niño-Ereignissen seit 1950. Folgen des El Niño waren 2016 u.a. eine erhöhte Wasseroberflächentemperatur und Dürren in tropischen Regionen.

### Temperatur

Nach Angaben der World Meteorological Organization (WMO, 2017) lag die Globaltemperatur um  $0,83 \pm 0,1$  K über dem Mittel des internationalen Referenzzeitraums 1961-1990 (Abb. 1). Dabei stellt die Globaltemperatur das Mittel der drei Datensätze GISTEMP (Goddard Institute for Space Studies der NASA), NOAA GlobalTemp (National Centers for Environmental Information der NOAA) und HadCRUT (UK Met Office Hadley Centre und der Climatic Research Unit der University of East Anglia) dar. Sowohl die Jahresmitteltemperaturen über Land als auch die über den Meeren waren die bisher höchsten seit Aufzeichnungsbeginn. Die letzten 5 und die letzten 10 Jahre waren die jeweils wärmsten Zeiträume. Die globalen Mittelwerte der Periode 2012-2016 lagen um 0,65 K und die der Periode 2007-2016 um 0,57 K über den Mittelwerten der Bezugsperiode 1961-1990.

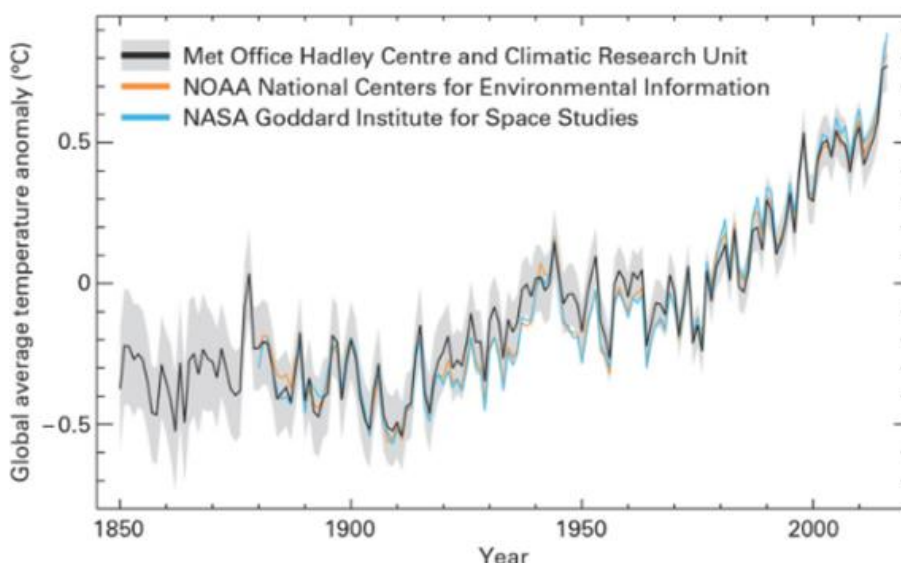
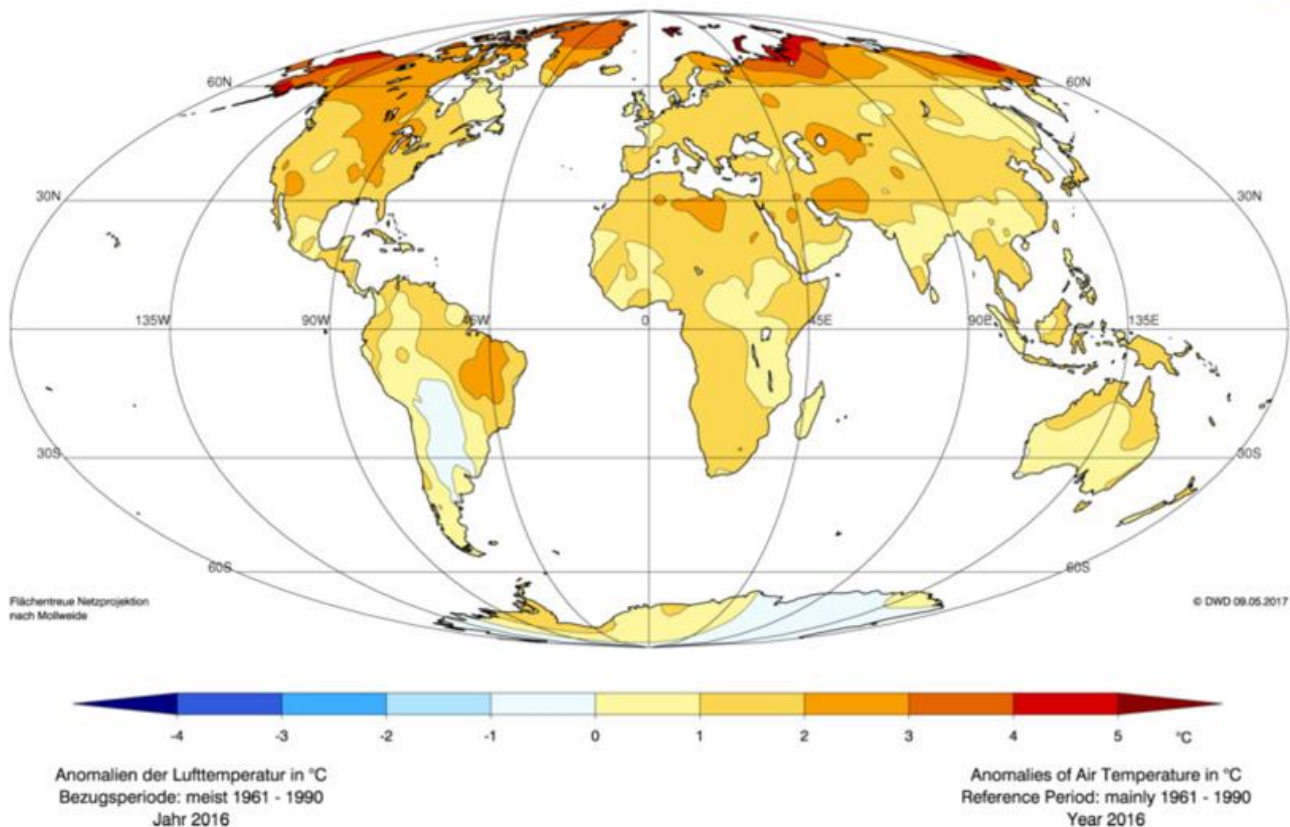


Abb. 1: Verlauf der Globaltemperaturen von 1880 bis 2016 (Quelle: [WMO](#))



**Abb. 2:** Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 2016 vom Mittel des Zeitraums 1961-1990 (Quelle: DWD)

Abb. 2 zeigt die globale Verteilung der Temperaturanomalien des Jahres 2016 über den Landflächen. Das Temperaturniveau lag hier verbreitet über dem Mittel der Jahre 1961-1990. Ausnahme bildeten Gebiete in Südamerika, Südwestaustraliens und der Antarktis. In den mittleren und höheren Breiten der Nordhemisphäre war es meist um mindestens 1 K wärmer als im Mittel. Besonders hohe Anomalien ergaben sich in der Nordpolregion, wo es gebietsweise mehr als 4 K wärmer war als im Mittel.

Europa verzeichnete sein drittwärmstes Jahr. Ungewöhnlich war eine spätsommerliche Hitzewelle in der ersten Septemberhälfte im Westen Europas. Die höchsten Temperaturen traten dabei im Süden Spaniens auf, wo Cordoba am 6. September 45,4°C meldete. Auch viele andere Stationen auf der Iberischen Halbinsel registrierten neue Rekordwerte für September. Am 13. September stieg die Temperatur in Gravesend (England) auf 34,4°C, die höchste Septembertemperatur im Vereinigten Königreich seit 1911. Insgesamt lagen die Monatsmitteltemperaturen für September in Deutschland und Norwegen auf Rekordniveau.

Afrika erlebte sein zweitwärmstes Jahr, wobei die Monate April und August die bisher wärmsten waren, ebenso wie der Zeitraum Juni bis August (Nordsommer). Im Süden

Afrikas startete das Jahr mit einer extremen Hitzewelle, die verbreitet für neue Rekordwerte sorgte. In Pretoria wurden mit 42,7°C und in Johannesburg mit 38,9°C am 7. Januar Höchsttemperaturen verzeichnet, die um 3 K und mehr über den örtlichen Allzeitrekorden vor der dortigen Sommersaison 2015/2016, d.h. vor November 2015, lagen.

Für Asien erwies sich das Jahr 2016 als drittwärmstes der Datenreihe. Indien, Thailand Singapur und Neuseeland verzeichneten ihr bisher wärmstes Jahr. Dennoch gab es gebietsweise auch sehr kalte Phasen. Eine besonders markante Kältewelle ereignete sich gegen Ende Januar im Osten Asiens. Sie erfasste insbesondere den Raum vom Osten Chinas bis in den Süden Thailands mit extrem niedrigen Temperaturen. In Guangzhou im Süden Chinas schneite es zum ersten Mal seit 1967 wieder, in Nanning zum ersten Mal seit 1983. Dagegen litten die Menschen im Süden und Südosten Asiens im April und Mai unter extremer Hitze. In Thailand wurde am 28. April mit einer Höchsttemperatur von 44,6°C in Mae Hong Son ein neuer nationaler Rekord aufgestellt. Wenig später, am 19. Mai, wurde dann in Phalodi mit 51°C die höchste bisher verzeichnete Temperatur in Indien gemessen. In Mitribah in Kuwait stieg die Temperatur am 21. Juli sogar auf 54°C. Sofern diese offiziell von der WMO bestätigt wird, ist es die höchste Temperatur, die bisher in Asien ge-

messen wurde. Zu weiteren Extremtemperaturen zählen 53,9°C in Basra (Irak) und 53°C in Delhoran (Islamische Republik Iran), jeweils am 22. Juli gemessen. Letztere stellt einen neuen nationalen Rekord dar.

2016 war Australiens viertwärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. Für den Monat März sowie die Herbstsaison insgesamt (März bis Mai) ergaben sich die bislang höchsten Mitteltemperaturen für den gesamten Kontinent. Tasmanien verzeichnete das wärmste Jahr in der 107-jährigen Datenreihe.

Für Südamerika war 2016 das zweitwärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen. Im Nordosten lagen die Temperaturen verbreitet um mehr als 1 K über dem Mittel von 1961-1990. Weiträumig unterdurchschnittliche Temperaturen wurden dagegen vom zentralen Argentinien, über Paraguay bis ins Tiefland von Bolivien verzeichnet. Zu kühl war es dort vor allem im Herbst (auf der Südhalbkugel März bis Mai) und frühen Winter.

In Nordamerika war 2016 das bisher wärmste Jahr mit dem bisher wärmsten Herbst. Alaska registrierte sein wärmstes, die kontinentalen Gebiete der USA (ohne Alaska) ihr zweitwärmstes und Kanada sein viertwärmstes Jahr. Wärme und Trockenheit führten zu den verheerendsten Waldbränden in der Geschichte Kanadas. Sie begannen im Mai und zerstörten bis Anfang Juli eine Fläche von etwa 590.000 ha. Im Südosten der USA wurden in und um Gatlinburg, Tennessee, Ende November etwa 2.400 Gebäude durch Waldbrände beschädigt oder zerstört, ebenfalls bei ungewöhnlich trockenen Witterungsbedingungen.

Über dem Großteil der Ozeane war es 2016 wärmer als im Mittel. Aber es gab auch einige Gebiete mit unterdurchschnittlichen Temperaturen, wie z.B. südlich von Grönland, im Nordpazifik und im Antarktusraum. Sehr warme Ozeantemperaturen trugen zur signifikanten Korallenbleiche in einigen tropischen Gewässern bei, wie z.B. am Great Barrier Reef östlich von Australien und in der Okinawaregion von Japan. Einige pazifische Inseln berichteten neben einer Korallenbleiche auch von Fischsterben.

## Niederschlag

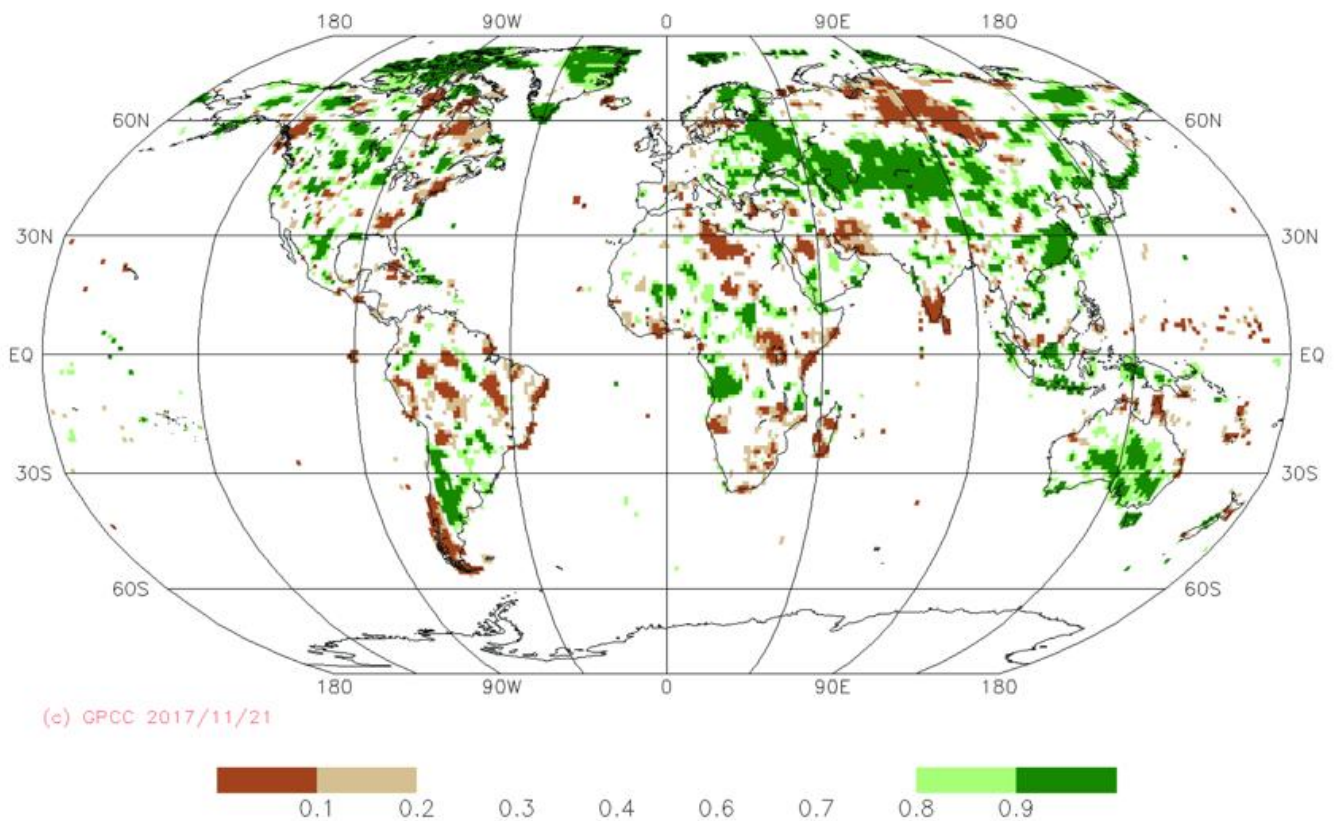
Die globalen Niederschläge waren stark vom Wechsel der ENSO-Bedingungen im Laufe des Jahres beeinflusst. Dadurch gab es große saisonale Unterschiede im Niederschlagsgeschehen. Dürresituationen, die in Zusammenhang mit dem El-Niño-Ereignis standen, besserten sich im Laufe des Jahres in mehreren Regionen, während anderswo Trockenheit zum Problem wurde. Insgesamt bewegten sich die Jahresniederschläge in den meisten Regionen der Erde im Bereich der Durchschnittswerte. Eine Einordnung der Niederschläge als Perzentile des langjährigen Mittels 1951-2010 zeigt Abb. 3. Aller-

dings können diese jährlichen Abweichungen nur bedingt saisonal aufgetretene nasse oder trockene Perioden widerspiegeln, da sie sich teilweise übers Jahr ausgleichen.

So fiel im zentralen und westlichen Europa das erste Halbjahr sehr nass, das zweite Halbjahr dagegen zu trocken aus, was insgesamt zu durchschnittlichen Jahresniederschlägen führte. Das Vereinigte Königreich erlebte 2015/2016 den Winter mit den zweithöchsten Niederschlägen. Die nasse Witterung im Mai und Juni führte zu Überschwemmungen, insbesondere in Frankreich und Deutschland. Anschließend verzeichnete Frankreich dann den trockensten Juli und August seiner Datenreihe. Im Dezember war es in Europa (mit Ausnahme Osteuropas) verbreitet deutlich zu trocken. Viele Regionen registrierten weniger als 20 % des gewöhnlichen Dezemberriederschlags.

In weiten Teilen des südlichen Afrikas setzte sich Anfang 2016 eine schwere Dürre fort, die Missernten zur Folge hatte. Eine Entspannung der Lage ergab sich erst in der Regensaison. So lag das Niederschlagsaufkommen im Zeitraum Oktober bis Dezember in der Region im Allgemeinen nahe oder über dem Durchschnitt. Auch Teile Ostafrikas litten 2016 unter Trockenheit. Im Zeitraum Oktober bis Dezember 2016 fiel weiträumig weniger als die Hälfte des üblichen Niederschlags, insbesondere im Osten Tansanias, im Osten Kenias und in Somalia. Es gab beträchtliche Ernteverluste und nicht ausreichend Futter für die Tiere, wie z.B. in Kenia. Allgemein überdurchschnittliche saisonale Niederschläge in der Sahelzone führten in der zweiten Jahreshälfte zu erheblichen Überschwemmungen am Niger. In Mopti (Mali) am oberen Niger erreichte der Pegel am 6. September seinen höchsten Stand seit 1964. Auch aus der Südhälfte des Sudans wurde von schweren Überschwemmungen berichtet. Die Nässe wirkte sich in vielen Teilen des Sahel positiv auf den Pflanzenbau aus. Mali, Niger und Senegal berichteten von Rekordemten.

In Indonesien folgte auf die Trockenheit zu Jahresbeginn, die durch die El-Niño-Bedingungen verursacht wurde, ab Mai eine Phase mit Starkniederschlägen. Mitte Mai waren in Sri Lanka mehrere hunderttausend Menschen von Überschwemmungen und Erdbeben betroffen. Während des Sommermonsuns, der 2016 in der zweiten Maihälfte über dem Golf von Bengalen einsetzte und Richtung Nordwesten fortschritt, wurde aus verschiedenen Teilen Indiens, insbesondere der Gangesebene, aus Nepal und aus Bangladesch von signifikanten Überschwemmungen berichtet. Im Süden Indiens traten dann insbesondere im letzten Quartal 2016 große Niederschlagsdefizite auf. Mit weniger als 65 % der üblichen Niederschläge war es dort die trockenste Saison. China erlebte 2016 sein nassestes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn mit einem landesweit gemittelten Niederschlag von 730 mm. Überschwemmungen, wie in der Jangtse- und Pekingregion, hinterließen dort enorme Schäden.



**Abb. 3:** Niederschlagshöhen des Jahres 2016 als Perzentile vom Mittel des Zeitraums 1951-2010. Gebiete, die 2016 zu den nassesten (grün) oder trockensten (braun) 20 % aller Jahre gehören, sind farbig markiert. Die dunkleren Farbtöne kennzeichnen dabei Gebiete, die sogar zu den nassesten oder trockensten 10 % zählen. (Quelle: Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie, DWD)

Der El Niño 2015/2016 trug zu trockener Witterung im Osten Australiens bei. Auch hier änderten sich nach dessen Ende die Verhältnisse markant. Die Gesamtniederschläge von Mai bis Dezember 2016 lagen in weiten Teilen des Kontinents deutlich über den Normwerten. Im September verzeichneten sogar viele Regionen im Osten Australiens Monatsniederschläge von Rekordhöhe, was zu ausgedehnten Überschwemmungen führte. Bereits Anfang Juni hatten Überschwemmungen an der Ostküste und im Norden Tasmaniens zu Schäden geführt.

Im Südpazifik herrschten gegen Ende 2015 und in den ersten Monaten 2016, wie bei einem El Niño erwartet, ungewöhnlich trockene Bedingungen vor. Betroffen war eine Region, die sich vom südlichen Papua Neuguinea über die Solomon Inseln und Vanuatu bis Fiji, Tonga, Samoa und die südlichen Cook Inseln erstreckte. Erst in der zweiten Jahreshälfte 2016 verbesserte sich die Lage etwas. Port Vila auf Vanuatu verzeichnete dennoch sein trockenstes Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen.

Brasiliens Amazonasbecken und der Nordosten waren 2016 von einer merklichen Dürre betroffen. In diesen Gebieten besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Dürre im späten Stadium eines El-Niño-Er-

eignisses. Doch selbst nach dem Ende der El-Niño-Phase besserte sich die Lage kaum. Die Flusspegel sanken auf ungewöhnlich niedrige Stände, Ernten fielen geringer aus als üblich. Im südlichen und zentralen Chile sowie im äußersten Süden Argentiniens war es 2016 mit Jahresniederschlägen, die verbreitet um 30 bis 60 % unter den Mittelwerten lagen, sehr trocken. Zum Jahresende brachen Waldbrände aus, deren Ausbreitung durch die Trockenheit und hohe Temperaturen begünstigt wurde.

In Mittelamerika litten Anfang 2016 Staaten wie El Salvador, Guatemala, Honduras und Nicaragua unter einer anhaltenden Dürre.

Einige Gebiete im Süden der USA, insbesondere Louisiana, waren im August von extremen Überschwemmungen betroffen. Teilweise fiel 500 bis 800 mm Niederschlag innerhalb einer Woche. Mehr als 50.000 Häuser und 20.000 Geschäfte wurden beschädigt oder zerstört. Im Südosten der USA war es im Binnenland im Oktober und November besonders trocken. Örtlich fiel in diesen beiden Monaten kaum oder kein Niederschlag, was zu größeren Waldbränden beitrug.

Auf der Nordhemisphäre lag die mittlere jährliche Schneebedeckung 2016 bei 24,6 Millionen km<sup>2</sup> und damit

um 0,5 Mio. km<sup>2</sup> unter dem Mittel von 1967-2015. Dies war der zwölftniedrigste Wert, der bislang verzeichnet wurde. Nach überdurchschnittlicher Schneebedeckung im Januar lag die Schneebedeckung von Februar bis Juni deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Die mittlere Ausdehnung im April war sogar die bislang geringste. Im Herbst lag die Schneebedeckung wieder über dem Mittel. In Kanada erreichte sie im Oktober einen neuen Rekordwert. Dies trug dazu bei, dass der Oktober die drittgrößte mittlere Schneebedeckung seit Aufzeichnungsbeginn aufwies.

Der Nordosten der USA erlebte im Januar einen heftigen Schneesturm. Von West Virginia bis in die Region von New York City fielen vom 22. bis 24. Januar mehr als 50 cm Schnee. Im Raum New York wurden an einigen Orten Allzeitrekorde der Neuschneedecke für ein Einzelergebnis verzeichnet, wie am JFK International Airport mit 77 cm und in Baltimore mit 74 cm. Die NOAA stufte diesen Schneesturm als Schneesturm mit den viertstärksten Auswirkungen in der Region seit 1950 ein.

### Meereis

Die Auswirkungen der überdurchschnittlichen Temperaturen zeigten sich auch in der Arktis und Antarktis. 2016 wurden dort mehrfach neue Minimumrekorde der mittleren monatlichen Meereisbedeckung verzeichnet: in der Arktis in den Monaten Januar, Februar, April, Mai, Juni, Oktober und November und in der Antarktis im November und Dezember (NSIDC). Die mittlere Meereisbedeckung für das gesamte Jahr war 2016 in der Arktis die niedrigste, in der Antarktis die zweitniedrigste seit Beginn der Satellitenbeobachtungen 1979 (NOAA/NASA).

In der Arktis wurde am 24. März 2016 mit 14,52 Mio. km<sup>2</sup> das Maximum der jährlichen Meereisbedeckung registriert. Es lag knapp unter der bis dahin geringsten maximalen Ausdehnung vom 25. Februar 2015 (14,54 Mio. km<sup>2</sup>). Am 10. September 2016 erreichte die arktische Meereisbedeckung dann ihr jährliches Minimum (4,14 Mio. km<sup>2</sup>). Dies war zusammen mit 2007 der zweitniedrigste Wert. Aufgrund der geringen Eisausdehnung waren 2016 die Nordwest-Passage und die Nordost-Passage zeitweise offen und mit Schiffen befahrbar.

Die antarktische Meereisbedeckung lag in den ersten 10 Monaten des Jahres nahe dem Mittelwert der Jahre 1979-2015 und erreichte am 31. August ein saisonales Maximum von 18,44 Mio. km<sup>2</sup>. Eine starke Eisschmelze im südhemisphärischen Frühling führte dann im November zu einem Rekordminimum der mittleren Meereisausdehnung von 14,54 Mio. km<sup>2</sup>.

### Tropische Wirbelstürme

Die Aktivität der tropischen Stürme (Mittelwind ab 34 kn bzw. 63 km/h) war 2016 global gesehen nahezu normal. Mit 82 Stürmen lag deren Anzahl nur um 3 unter dem vieljährigen Mittel. Zwei Hurrikans traten schon im Januar auf, was ungewöhnlich war: PALI im zentralen Pazifik und ALEX im Nordatlantik. PALI erreichte die geringste nördliche Breite (2° N) aller Hurrikans in der westlichen Hemisphäre. ALEX war der erste Januar-Hurrikan im Atlantik seit 1938.

Im Nordatlantik bildeten sich 2016 insgesamt 15 tropische Stürme. 7 davon entwickelten sich zum Hurrikan. Der stärkste davon war Hurrikan MATTHEW Ende September / Anfang Oktober, der südlich von Haiti eine Intensität der Kategorie 5 der Saffir-Simpson-Skala erreichte. Er war das meteorologische Extremereignis des Jahres 2016, welches die höchsten Schäden verursachte. In Haiti verschlechterten sich die Ernährungsgrundlage und der Gesundheitszustand der Menschen dramatisch. Gegen Ende November traf Hurrikan OTTO in Nicaragua auf Land. Bisher war noch kein Hurrikan so weit südlich auf Land getroffen.

Im Nordostpazifik gab es 21 tropische Stürme, 5 davon erreichten eine Stärke der Kategorie 3 oder mehr. Die Aktivität lag hier etwas über dem Durchschnitt von 16 Tropenstürmen.

Im Nordwestpazifik traten laut WMO 26 tropische Stürme auf. Der erste tropische Sturm der Saison, NEPARTAK, bildete sich erst sehr spät (Anfang Juli) und entwickelte sich dann gleich zu einem Taifun der höchsten Kategorie. Erst kurz bevor er in Taiwan auf Land traf, wurde er herabgestuft. Taifun MERANTI im September galt als der stärkste Taifun, der in der chinesischen Provinz Fujian je auf Land traf. Er hatte mit 890 hPa den tiefsten Luftdruck aller tropischen Wirbelstürme des Jahres.

In der Südhemisphäre, insbesondere im Bereich von Australien, war die Aktivität tropischer Stürme 2016 unterdurchschnittlich. Australien verzeichnete die geringste Aktivität seit Beginn der Satellitenaufzeichnungen. Rund um den Kontinent entwickelten sich nur 3 tropische Stürme. Im Mittel sind es dagegen 10. Dennoch machten einige südhemisphärische Wirbelstürme von sich Reden. Zyklon WINSTON überquerte im Februar mit einer Stärke der Kategorie 5 die Fiji-Inseln und gilt dort als stärkster verzeichneter Zyklon. Sowohl Fiji als auch Tonga erlitten schwere Schäden. Zyklon FANTALA, der im April südlich der Seychellen 10-Minuten-Mittelwinde von 250 km/h hervorrief, zählt zu einem der stärksten Zyklone im südwestlichen Indischen Ozean.

**Quellen und weitere Informationen:**

Bureau of Meteorology (BoM), Australia: Annual climate statement 2016.

<http://www.bom.gov.au/climate/current/annual/aus/>

Deutsches Klima Konsortium (DKK), 2015: Perspektiven für die Klimaforschung 2015 bis 2025. Positionspapier.

[http://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user\\_upload/pdfs/Publikationen\\_DKK/DKK\\_Positionspapier\\_Mai\\_2015\\_Web.pdf](http://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen_DKK/DKK_Positionspapier_Mai_2015_Web.pdf)

Haeseler S, 2017: 2016: Neuer globaler Wärmerekord. / Globally hottest year on record. DWD, Der Wetterlotse, Ausgabe 6/2016.

<https://www.dwd.de/DE/leistungen/wetterlotse/wetterlotse.html>

National Snow & Ice Data Center (NSIDC): Low sea ice extent continues in both poles.

<http://nsidc.org/arcticseaicenews/2017/01/low-sea-ice-extent-continues-in-both-poles/>

NOAA/NASA (2017): Annual Global Analysis for 2016.

[https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/NOAA-NASA\\_Global\\_Analysis-2016-FINAL.pdf](https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/NOAA-NASA_Global_Analysis-2016-FINAL.pdf)

NOAA, National Centers for Environmental Information (NCEI): State of the Climate.

<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/>

World Meteorological Organization (WMO), 2017: WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016. WMO-No. 1189, WMO Geneva.

[https://library.wmo.int/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=3414](https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414)

World Meteorological Organization (WMO): Highlights of Global Climate 2016.

<https://wmo.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=37e7555ce4b1404da1ec2d49bb8b3588>

World Meteorological Organization (WMO): Greenhouse gas concentrations surge new record. (Published 30 October 2017)

<https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-concentrations-surge-new-record>

Ergänzende Berichte sind im Internetauftritt des DWD unter dem Link

<https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/besondereereignisse.html> verfügbar:

Haeseler S, Lefebvre C, Ziese M, 2016: Extremer Blizzard im Osten der USA vom 22. bis 24. Januar 2016.

Haeseler S, 2016: Zyklon WINSTON zieht am 20. Februar 2016 mit extremer Intensität über die Fiji-Inseln.

Haeseler S, Ziese M, 2016: El Niño 2015/2016 und seine klimatischen Folgen im Vergleich zu 1982/83 und 1997/98.

Haeseler S. 2016: Das globale Klima im ersten Halbjahr 2016 mit neuen Rekorden.

Imbery F, Kaspar F, 2017: WMO-Klimabericht 2016: Vielfache Klimarekorde mit globalen Auswirkungen.

## Das phänologische Jahr in Deutschland betrachtet von 1997 bis 2016

K. Zimmermann, C. Polte-Rudolf

### Einleitung

Das phänologische Jahr wird in 10 phänologische Jahreszeiten unterteilt. Den Beginn einer Jahreszeit markiert kein festgesetztes Datum sondern bestimmte Wachstumsstadien an ausgewählten Pflanzen. Dies sind die sogenannten Leitphasen.

Der Vorrühling beginnt, wenn die Haselsträucher stäuben und die Schneeglöckchen anfangen zu blühen. Die Forsythienblüte zeigt den Beginn des Erstfrühlings an. Wo sie nicht beobachtet wird, kann die Blattentfaltung der Stachelbeere als Leitphase herangezogen werden. Auf den Erstfrühling folgt der Vollfrühling mit der Apfelblüte und der Blattentfaltung der Stiel-Eiche.

Mit dem Blühbeginn des Schwarzen Holunders und der Robinie setzt der Frühsommer ein. Im Hochsommer blühen die Linden und Johannisbeeren, Süßkirschen können gepflückt werden. Auf den Hochsommer folgt der Spätsommer, der durch die Fruchtreife des Frühapfels und der Eberesche (Vogelbeere) markiert wird.

Der Frühherbst beginnt, wenn Holunderbeeren und Kornelkirschen reif sind. Setzt die Fruchtreife von Rosskastanie und Stiel-Eiche ein hat der Vollherbst begonnen. Abgeschlossen wird der phänologische Herbst vom Spätherbst, dessen Leitphasen die Laubverfärbung der Stiel-Eiche und der Blattfall der Eberesche sind.

Der Winter beendet das phänologische Jahr. Er beginnt mit dem Blattfall der Stiel-Eiche und des spätreifenden Apfels.

Da das Eintreten der eben beschriebenen Pflanzenphasen eng mit der Witterung verknüpft ist, wird nachfolgend gezeigt, welche Phasen besonders stark reagieren und wie sich der Witterungsverlauf auf die Pflanzenentwicklung und damit auf die Länge der phänologischen Jahreszeiten auswirkt.

Damit die Betrachtung der phänologischen Jahre nicht zu unübersichtlich wird, wurden die drei Jahreszeiten des Frühlings, des Sommers und des Herbstes wieder zu einer zusammengefasst. Einen Überblick über Beginn, Ende und Länge der Jahreszeiten in den Jahren 1997 bis 2016 gibt Abb. 1.

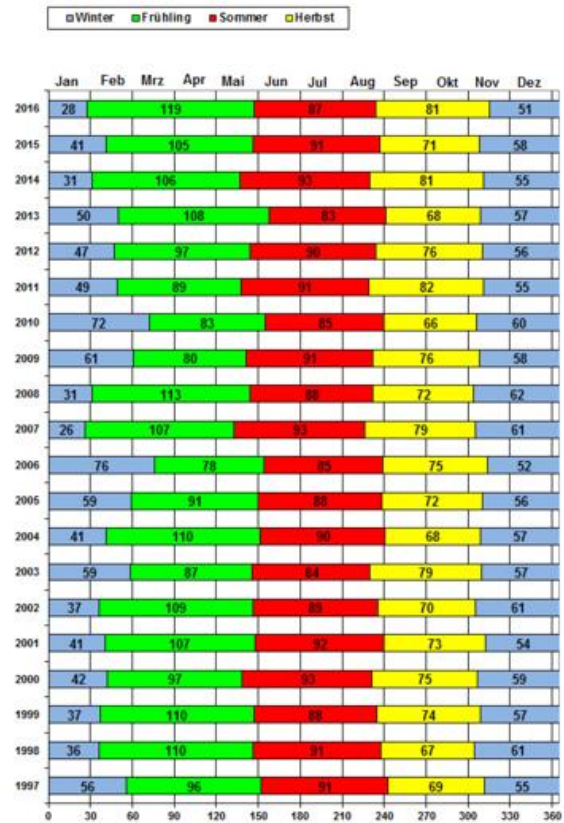


Abb. 1: Das phänologische Jahr in Deutschland 1997 bis 2016 Beginn und Dauer (Tage) der phänologischen Jahreszeiten

### 1997 - 2016 im Überblick

Beim Betrachten der Abbildung fällt sofort auf, dass sich die phänologischen im Gegensatz zu den kalendarischen Jahreszeiten deutlich in ihrer Länge unterscheiden. Während der Herbst mit maximal 82 Tagen im Zeitraum 1997 - 2016 die kürzeste Jahreszeit darstellte, dauerten Winter und Frühling häufig über 100 Tage. Ferner wird deutlich, dass der Beginn sowohl des phänologischen Herbstes als auch des phänologischen Winters keinen großen Schwankungen unterworfen ist. Dagegen zeigt insbesondere der Beginn des phänologischen Frühlings eine große Variabilität. Das Ende der Winterruhe wird bei Pflanzen vor allem durch den Temperaturanstieg im Frühjahr ausgelöst. Da gerade die Witterung in den ersten Monaten von Jahr zu Jahr stark variieren kann, ist auch die Pflanzenentwicklung in dieser Zeitspanne größeren Schwankungen unterworfen. Anhand einiger ausgewählter Jahre wird im nächsten Abschnitt kurz erläutert werden, welchen Einfluss die Witterung auf Beginn und Länge der phänologischen Jahreszeiten hat.

Ausgewählt wurden folgende Jahre:

- 2016: Früher und langer Frühling
- 2009: Später und kurzer Frühling, früher und langer Sommer
- 2007: Früher Frühlings-, Sommer- und Herbstanfang
- 2006: Später und kurzer Frühling

Beim Winter fallen die drei sehr langen phänologischen Winter 2005/2006, 2008/2009, 2009/2010 auf.

### Phänologisch interessante Jahre

Der frühe Frühlingsbeginn des Jahres 2016 war gekoppelt an den sehr milden Winter 2015/2016. So blühten die ersten Haselsträucher des Bezugsjahres 2016 im Westen Deutschlands bereits Anfang Dezember, so dass dort der Beginn des meteorologischen Winters mit dem Beginn des phänologischen Vorfrühlings zusammenfiel. Im Mittel konnte der Beginn des Vorfrühlings auf den 29. Januar 2016 datiert werden. In der zweiten Januarhälfte wurde die milde Witterungsperiode durch den Zustrom skandinavischer Kaltluft unterbrochen. Danach wechselten sich milde und kalte Perioden ab. Im Mittel waren Januar und Februar zwar zu warm, doch durch das Auf und Ab der Temperaturen verbunden mit Nachfrösten geriet die Vegetationsentwicklung ins Stocken. Zu Beginn des meteorologischen Frühlings am 1. März herrschte in der Pflanzenwelt immer noch Vorfrühling. Da der Vorsprung der Vegetationsentwicklung immer weiter schrumpfte, verlief die Pflanzenentwicklung im Vollfrühling schon wieder relativ normal. Durch den frühen und langen Vorfrühling sowie einen verlängerten Erstfrühling entwickelte sich der phänologische Frühling 2016 zum längsten Frühling der letzten 20 Jahre (DWD 2016).

Der späte Frühlingsbeginn in den Jahren 2006 bzw. 2009 ist eine Folge der langen Winter 2005/2006 bzw. 2008/2009. Diese Winter sowie der Winter 2009/2010 zeichneten sich vor allem dadurch aus, dass sie die Bezeichnung Winter wirklich verdienten. Zum Teil heftige Schneefälle und unterdurchschnittliche Temperaturen (gemessen an der internationalen Referenzperiode 1961–1990) machten diese Winter aus. Da die winterlichen Temperaturen bis zur letzten Märzdekade wetterbestimmend blieben, entwickelte sich die Vegetation zunächst schleppend aber mit dem spätestens im April erfolgten Temperaturanstieg setzte eine rasante Entwicklung ein. Diese führte, wie z.B. 2006, zu einem sehr komprimierten Frühling. Nach einer langen Winterruhe entwickelten sich mit den merklich steigenden Temperaturen im Frühling alle Phasen sehr schnell hintereinander, so dass der Übergang von Vor-, Erst- und Vollfrühling eher fließend war. Im Jahr 2009 führten die relativ warmen Frühlingsmonate April und Mai außerdem dazu, dass der Frühsommer, eingeleitet durch die Holunderblüte, gemittelt über ganz Deutschland bereits in der

letzten Maidekade einsetzte. Die weitere Vegetationsentwicklung in dem Sommer verlief normal, so dass der Sommer 2009 eher zu den längeren der letzten 20 Jahre zählte.

Ähnlich wie 2016 ging der frühe Frühlingsbeginn 2007 einher mit dem extrem milden Winter 2006/2007. Da auch der Frühling 2007 extrem warm und zusätzlich noch sonnig war, die Pflanzenentwicklung also nicht durch Spätfröste gestört wurde, war er deutlich kürzer als der Frühling 2016. Die Frühjahrswitterung begünstigte, ähnlich wie 2009 (s.o.), den Beginn der Holunderblüte und damit auch den Beginn des Frühsommers. Auf die frühe Holunderblüte folgte eine frühere Fruchtreife, und damit stellte sich auch der phänologische Herbst früher als in den Vorjahren ein.

Nach diesen Betrachtungen, die sich auf den oberen Teil von Abb. 1 bezogen, sollte auch noch ein Blick auf die untere Hälfte geworfen werden. Generell fällt auf, dass die jährliche Schwankungsbreite im Zeitraum 1997–2002 relativ gering ist. Nur im Jahr 1997 fing der Frühling, bedingt durch einen sehr frostigen Januar, später an. Ansonsten verhielt sich die Witterung in dem o.a. Zeitraum eher jahreszeitengerecht, so dass es auch bei der Pflanzenentwicklung keine Überraschungen gab.

Damit zeigen die phänologischen Jahre 1997 bis 2016 sehr deutlich, dass die Variabilität der Jahreszeiten, insbesondere des Frühlings und des Sommers stark zugenommen hat, während beim Herbst der Beginn über den ganzen Zeitraum zwischen Mitte August und Anfang September schwankt. Allerdings fällt in den letzten sechs Jahren auf, dass der phänologische Herbst tendenziell etwas länger wird.

### Literatur

DWD:  
<http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaeueberwachung/phaenologie/produkte/jahreszeiten/jahreszeiten.html>

DWD (2016): Pressemitteilung: Deutscher Wetterdienst zur Pflanzenentwicklung im Winter 2015/16

## 50 Jahre Beobachtung, Dokumentation und Auswertung der Erstankunftstermine heimkehrender Zugvögel im Vogtland - eine Analyse zwischen 1967 und 2016

W. Friedel, S. Ernst

### 1. Einleitung

Nachdem eine vollständige 50-jährige ornithologische Beobachtungsreihe vorliegt, sollen die Auswertungsergebnisse mit diesem Beitrag der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden und gleichzeitig wollen wir die Jahrzehnte währende ehrenamtliche Tätigkeit der ornithologischen Beobachter auf diese Weise würdigen. Ohne sie hätten diese Auswertungen überhaupt nicht erfolgen können.

Über die Verfrühung der Erstankunftszeiten häufiger Zugvogelarten im Vogtland wurde unter Einbeziehung analoger aber kürzerer Datenreihen bereits mehrfach berichtet (ERNST 2013, FRIEDEL & ERNST 2014, FRIEDEL 2016b). Der in diesen Arbeiten festgestellte Trend zur Verfrühung setzte sich bei den meisten der 25 untersuchten Vogelarten fort.

Uns kam es erneut darauf an, die Abhängigkeit tier- und pflanzenphänologischer Prozesse im jahreszeitlichen Verlauf von Klimafaktoren, insbesondere vom Temperaturniveau, auch quantitativ zu belegen und zu zeigen, dass in der Jahresperiodik ein enger Zusammenhang zwischen der Ankunft der Zugvögel im Frühjahr und dem Pflanzenwuchs besteht.

### 2. Material

Die nachfolgend benannten Datenreihen standen für die statistische Bearbeitung zur Verfügung:

- Daten der mittleren jährlichen Erstbeobachtung von 25 Vogelarten im Vogtland, getrennt nach 17 Langstreckenziehern (LZ) und 8 Kurz- und Mittelstreckenziehern (KMZ) im Zeitraum 1967 - 2016 (Abb. 1 - 3),
- Pflanzenphänologische Reihe des Blühbeginns der

Forsythie im Deutschlandmittel von 1967 - 2016 (Abb. 4),

- mittlere Frühjahrstemperaturanomalie Deutschlands (März bis Mai) im genannten Zeitraum (Abweichung zur Referenzreihe 1961 - 1990) (Abb. 5).

### 3. Methodik der Auswertung

Zur Ermittlung der erforderlichen Parameter der Verlaufskurven, des Grades der Beziehungen zwischen den Merkmalen sowie weiterer statistischer Maßzahlen wurden die Datenreihen üblichen Regressions- und Korrelationsuntersuchungen unterzogen. Damit erhielten wir Angaben:

- zum mittleren Erstankunftstermin (EAK) in Tage ab Neujahr,
- zum Regressionskoeffizienten  $b$ , der die Neigung der Geraden als Verfrühung (VF) pro Jahr (oder in 50 Jahren) angibt,
- zum Korrelationskoeffizienten  $r$ , der den Grad der Abhängigkeit von der Zeitachse (1967 - 2016) oder zwischen zwei Merkmalen vermittelt,
- zur frühesten und spätesten Ankunft zwischen 1967 und 2016 (FA und SA) in Tage ab Neujahr sowie
- zur Varianz als Maß der Streubreite im Gesamtbestand der 25 Zugvogelarten und getrennt nach Langstreckenziehern (LZ) sowie Kurz- und Mittelstreckenziehern (KMZ) in Tage.

### 4. Ergebnisse

Die Untersuchung der vorliegenden Datenreihen mittels der genannten mathematisch statistischen Methoden erbrachte die in den Tab. 1 und 2 zusammengefassten Ergebnisse.

Zugvögel Gesamt- bestand LZ und KMZ	EAK Erstankunft (Tage ab Neujahr)	VF Verfrühung (Tage in 50 Jahren)	$\rho$ Korrelations- koeffizient	FA Früheste Ankunft (Tage ab Neujahr)	SA Späteste Ankunft (Tage ab Neujahr)	V Varianz (Tage)
25 VA	99,2	-13,4	-0,86	90,3	108,6	20,6
17 LZ	112,3	-12,6	-0,89	103,8	119,7	16,9
8 KMZ	71,3	-15,6	-0,66	59,0	88,8	47,4

**Tab. 1:** Angaben zu charakteristischen Merkmalen der Ankunft von Zugvögeln im sächsischen Vogtland. Die mittleren statistischen Maßzahlen der Zugvogelgruppen wurden durch Trendanalysen im Zeitraum zwischen 1967 und 2016 ermittelt. (Abkürzungen: VA - Zugvogelarten, LZ - Langstreckenzugvögel, KMZ - Kurz- und Mittelstreckenzugvögel).

Zugvogelart	Typ	EAK	VF	r	FA	SA
Kuckuck	LZ	115,4	-12,2	-0,57	95	129
Mauersegler	LZ	113,5	-15,6	-0,76	101	125
Neuntöter	LZ	124,9	-11,2	-0,55	103	138
Rauchschwalbe	LZ	91,5	-14,1	-0,67	77	105
Mehlschwalbe	LZ	108,9	-27,4	-0,84	88	131
Waldlaubsänger	LZ	113,5	-14,1	-0,63	101	128
Fitis	LZ	94,2	-8,7	-0,41	83	111
Zilpzalp	KMZ	75,2	-15,1	-0,53	55	96
Sumpfrohrsänger	LZ	129,6	-11,3	-0,54	120	143
Gelbspötter	LZ	126,4	-0,3	-0,03	121	135
Mönchsgrasmücke	KMZ	96,1	-33,2	-0,87	75	126
Gartengrasmücke	LZ	120	-15,1	-0,81	106	129
Klappergrasmücke	LZ	105,8	-11	-0,53	93	117
Dorngrasmücke	LZ	118,2	-14,7	-0,66	106	130
Sommergoldhähnchen	KMZ	80,2	-12,9	-0,35	66	112
Singdrossel	KMZ	57	-12,6	-0,36	34	75
Grauschnäpper	LZ	124,4	-12,8	-0,53	107	136
Trauerschnäpper	LZ	109,4	-10,6	-0,6	95	126
Braunkehlchen	LZ	112,2	-18,2	-0,67	100	133
Hausrotschwanz	KMZ	73,2	-16,2	-0,67	59	88
Gartenrotschwanz	LZ	101,4	-11,8	-0,55	87	117
Heckenbraunelle	KMZ	66,8	-10,1	-0,39	53	86
Baumpieper	LZ	100,1	-7,5	-0,41	89	113
Bachstelze	KMZ	59,1	-10,6	-0,39	42	75
Rohrhammer	KMZ	62,7	-13,3	-0,53	50	83

**Tab. 2:** Angaben zu charakteristischen Merkmalen der Ankunft von Zugvögeln im sächsischen Vogtland. Die statistischen Maßzahlen der einzelnen Zugvogelarten wurden durch Trendanalysen im Zeitraum zwischen 1967 und 2016 ermittelt. Angegeben sind von jeder Vogelart folgende mittlere Werte:

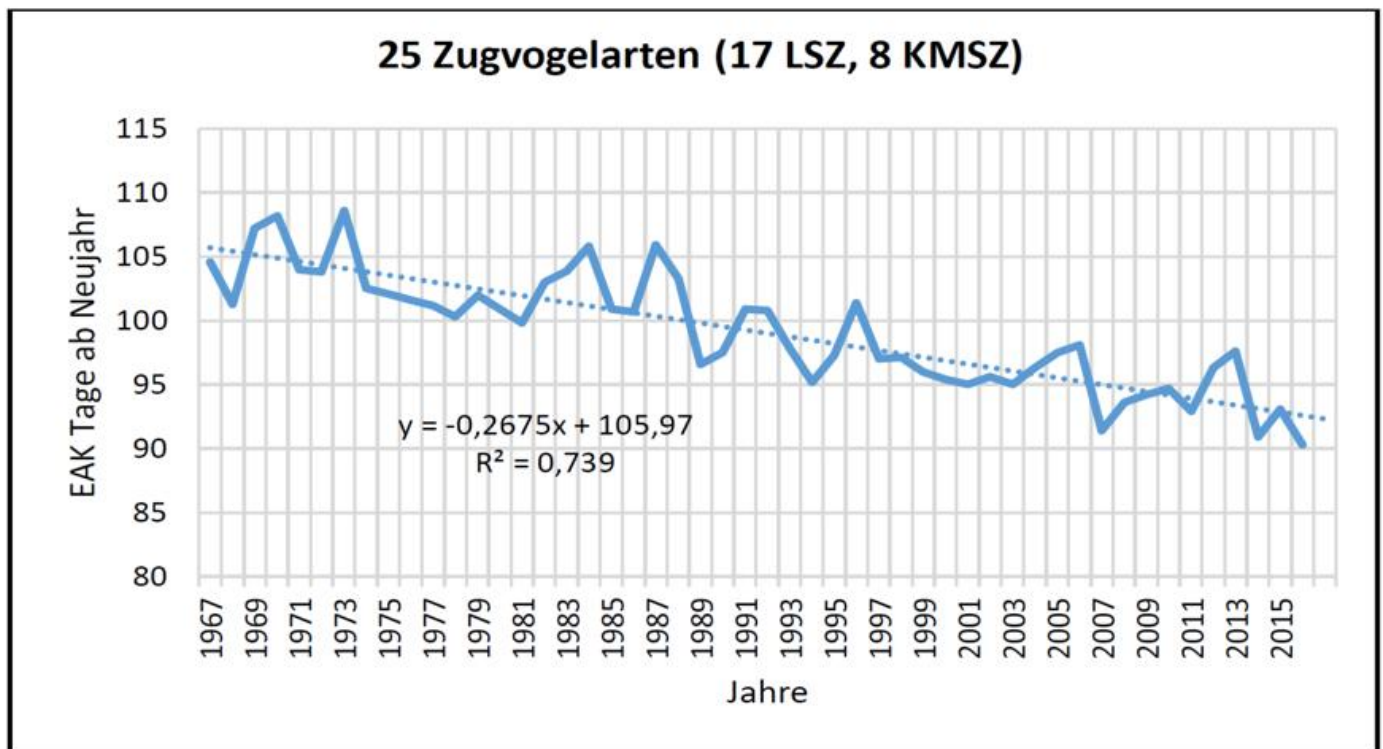
- EAK Erstankunft in Tagen ab Neujahr (Mittelwert)
- VF Verfrühung innerhalb von 50 Jahren in Tage entsprechend der Trendformel
- r Korrelationskoeffizient der Verlaufskurve
- FA Frühester Ankunftsstermin entspr. Trendanalyse von 1967-2016
- SA Spätester Ankunftsstermin entspr. Trendanalyse von 1967-2016

Bedeutung der Abkürzungen: LZ Langstrecken-Zugvögel, KMZ Kurz- und Mittelstrecken-Zugvögel, VA Zugvogelart.

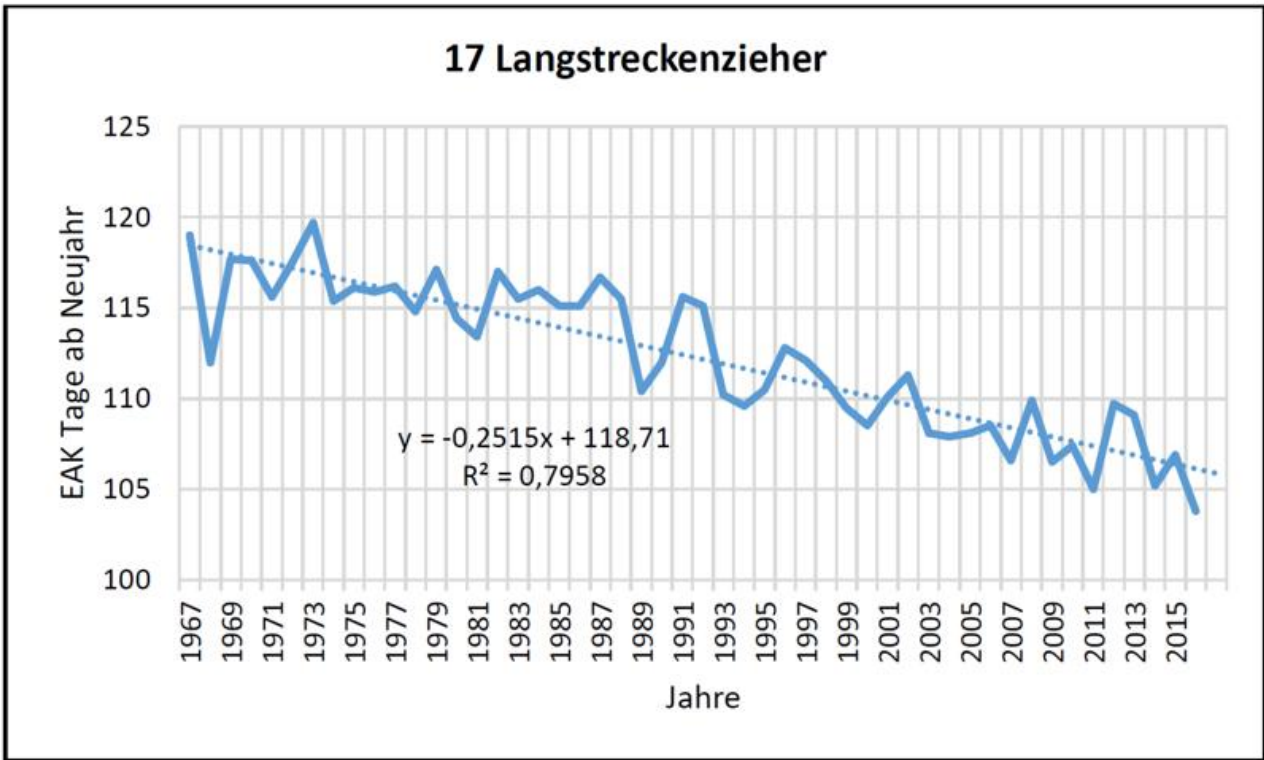
### Mathematisch-statistische Untersuchung der verwendeten Datenreihen und der Beziehungen ihrer Merkmale untereinander

Die statistische Überprüfung erfolgte allgemein mit der vorgegebenen geringen Irrtumswahrscheinlichkeit von <1 % (in Ausnahmefällen bis <5 %) entsprechend den theoretischen Grundlagen der mathematischen Statistik nach Weber (1967).

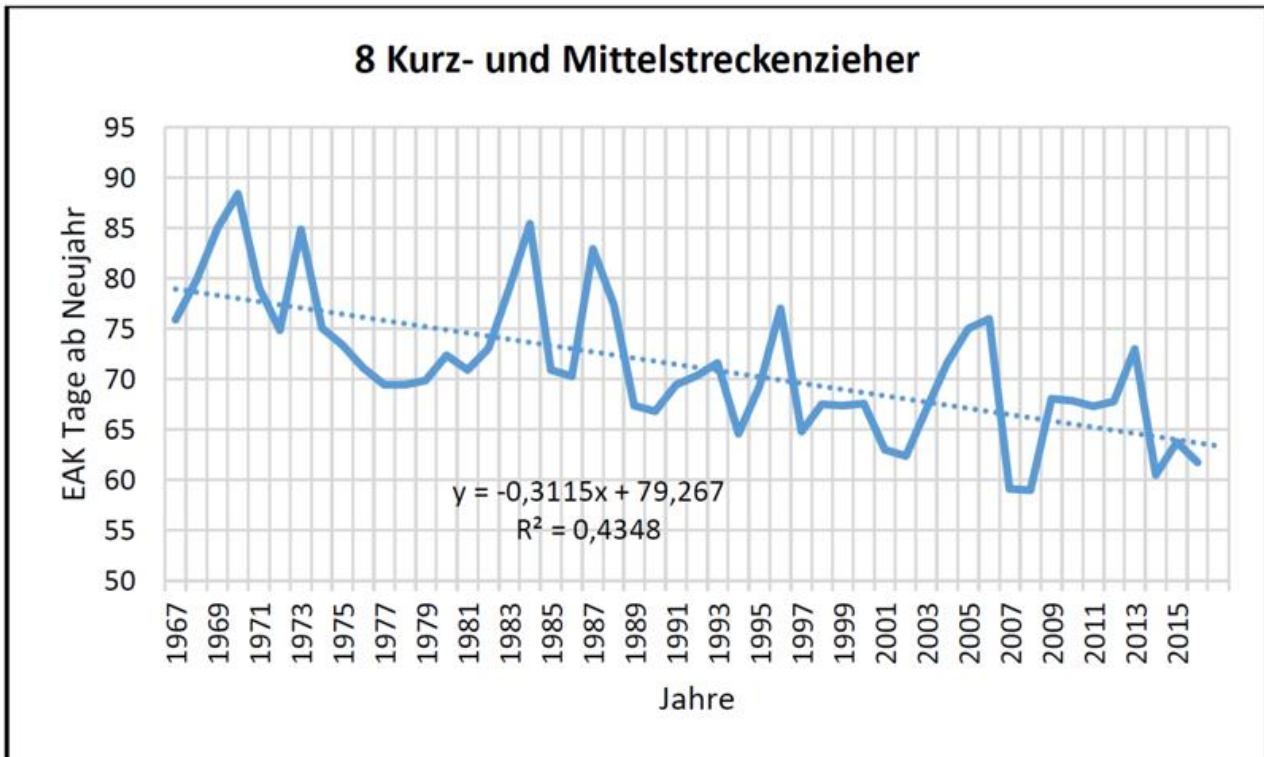
Die einbezogenen 50-jährigen tier- und pflanzenphänologischen sowie Klimareihen stellen Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten dar. Ihre Trends mit den berechneten Regressions- und Korrelationskoeffizienten bestätigen in fast allen Fällen die statistisch gesicherte lineare Abhängigkeit der Merkmale von der Zeitachse 1967 - 2016 und der Zufallsgrößen untereinander.



**Abb.1:** Linearer Trend der mittleren Erstankunftstermine von 25 Vogelarten im Vogtland zwischen 1967 und 2016. Entsprechend der Trendberechnung betrug die Verfrüfung -13,4 Tage innerhalb der 50 Jahre.



**Abb.2:** Linearer Trend der mittleren jährlichen Erstbeobachtungstermine von 17 Langstrecken-Zugvogelarten zwischen 1967 und 2016 im Vogtland. Entsprechend der Trendberechnung betrug die Verfrüfung -12,6 Tage innerhalb der 50 Jahre.



**Abb.3:** Linearer Trend der mittleren jährlichen Erstbeobachtungstermine von 8 Kurz- und Mittelstrecken-Zugvogelarten zwischen 1967 und 2016 im Vogtland. Entsprechend der Trendberechnung betrug die Verfrüfung -15,6 Tage innerhalb der 50 Jahre.

#### 4. Diskussion

Die Auswertung der untersuchten Daten von 25 Vogelarten zusammen ergab entsprechend Abb. 1 und der Tab. 1 einen hochgesicherten Trend zur Verfrühung zwischen 1967 und 2016.

Betrachtet man die Langstreckenzieher (LZ) getrennt von den Kurz- und Mittelstreckenziehern (KMZ), so zeigt sich wie erwartet, dass die Verfrühung beider Zugvogeltypen innerhalb der 50 Jahre ebenfalls mit der geringen Irrtumswahrscheinlichkeit  $< 1\%$  statistisch gesichert ist, wobei die KMZ sich stärker verfrühen, also eher auf den steigenden Temperaturtrend im Beobachtungszeitraum reagieren. Veränderte Umwelteinflüsse haben einen geringeren Einfluss auf das überwiegend endogen geprägte Zugverhalten der Langstreckenzieher, die ihrem Namen „Kalendervögel“ auch mit der auffallend geringen Streubreite (Varianz) gerecht werden (siehe dazu auch Abb. 2 und 3 sowie Tab. 1).

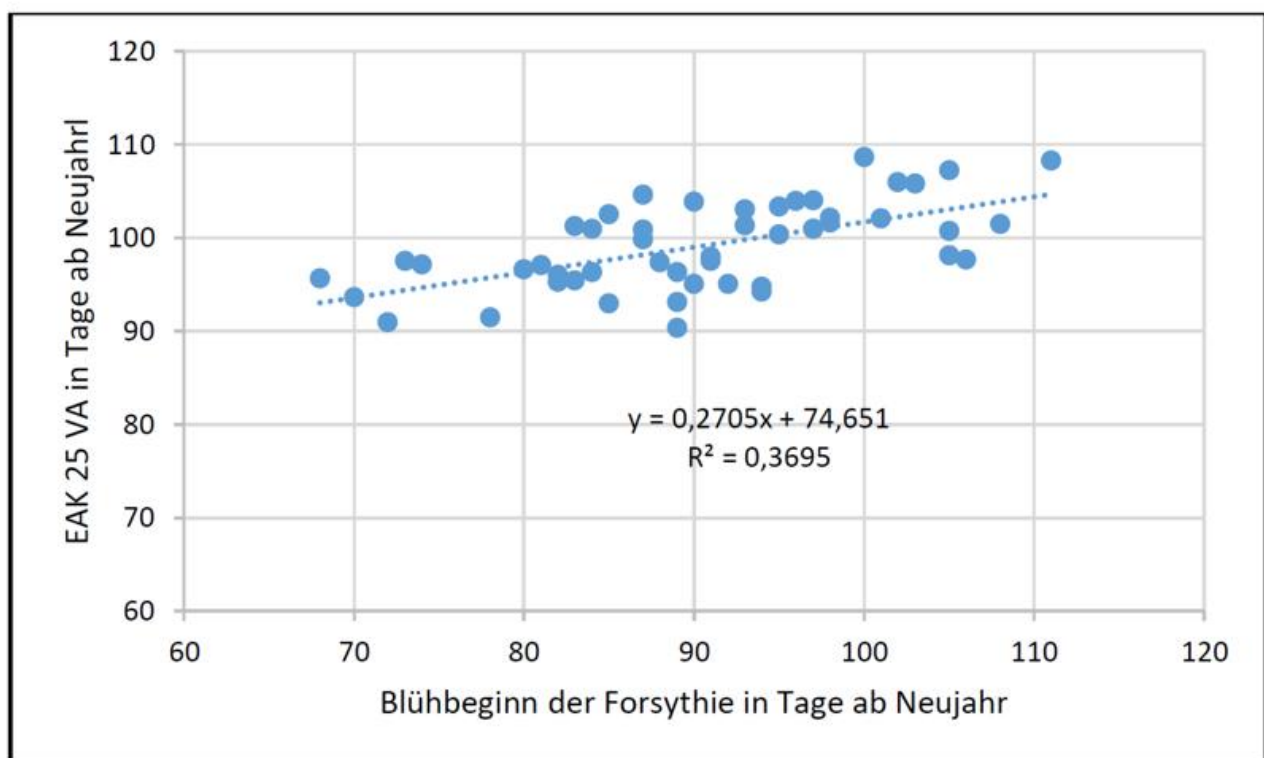
Der festgestellte Trend zu divergierenden Ankunftszeiten zwischen den beiden Zugvogelgruppen LZ und KMZ wird sicherlich Auswirkungen auf die Verhaltensweisen der einzelnen Vogelarten im Brutgebiet haben. Diesbezügliche Untersuchungen werden sich wohl zukünftig verstärkt erforderlich machen.

Die 25 Vogelarten neigen natürlich auch einzeln mehr oder weniger zur Verfrühung (siehe Tab. 2). Mit Ausnahme des Gelbspötmers sind alle weiteren 24 Verlaufskurven statistisch gesichert. Der Verfrühungstrend der Sommergoldhähnchen- sowie der Singdrosselpopulation ist mit  $< 5\%$  Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant. Von den anderen 22 Zugvogelarten kann mit der sehr geringen Irrtumswahrscheinlichkeit von  $< 1\%$  die in Tab. 2 angegebene Verfrühung der Ankunft bestätigt werden.

Analysen über 50 Jahre spiegeln natürlich stets den Zustand des Untersuchungszeitraumes 1967-2016 wider, sind also nicht geeignet, prognostisch nach vorne zu schauen. Sich vollziehende Klimaveränderungen, auch abrupte, können zu angepassten Verhaltensnormen der Zugvogelarten und so durchaus zur Umkehr bisheriger Trendverläufe führen.

Mit den angefügten Anlagen werden der Zusammenhang zwischen tier- und pflanzenphänologischen Erscheinungen im jahreszeitlichen Verlauf und der Einfluss der Frühjahrstemperaturanomalie auf den Ankunftstermin der Zugvogelarten ergänzend dargestellt.

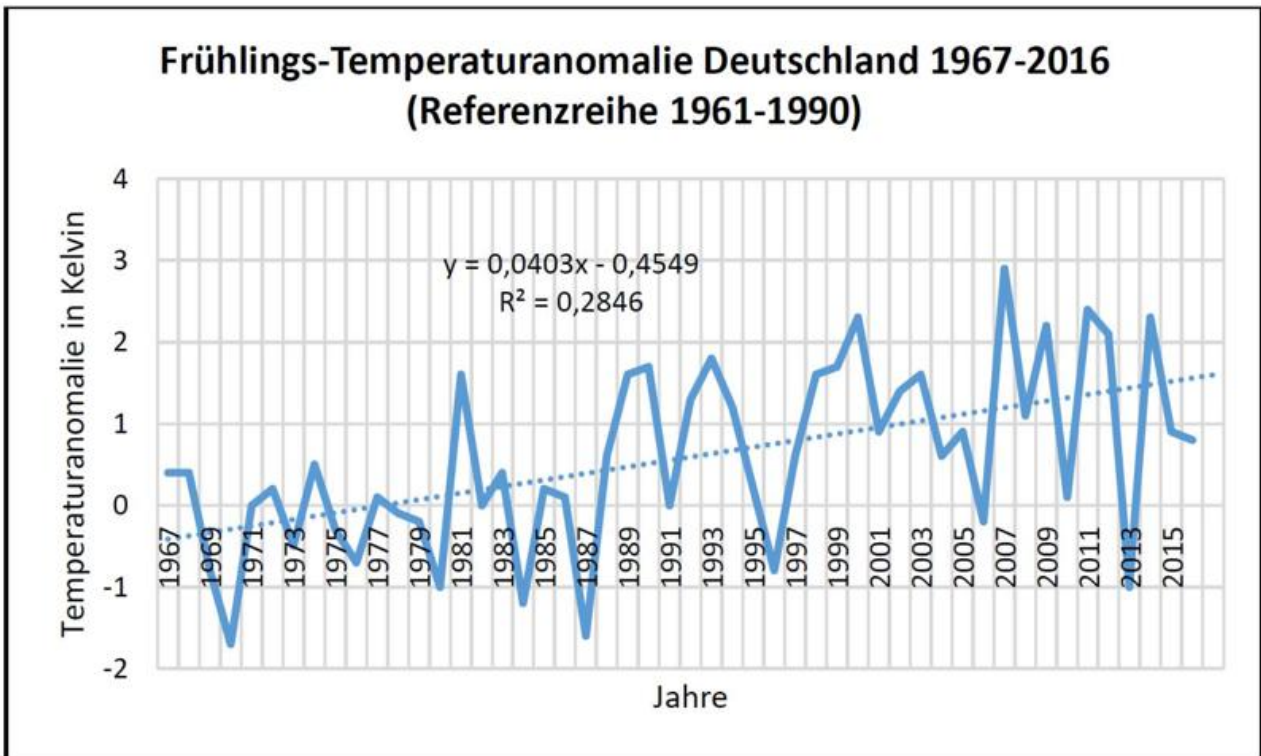
**Anlage 1: Demonstration des Zusammenhanges zwischen tier- und pflanzenphänologischen Prozessen im jahreszeitlichen Verlauf**



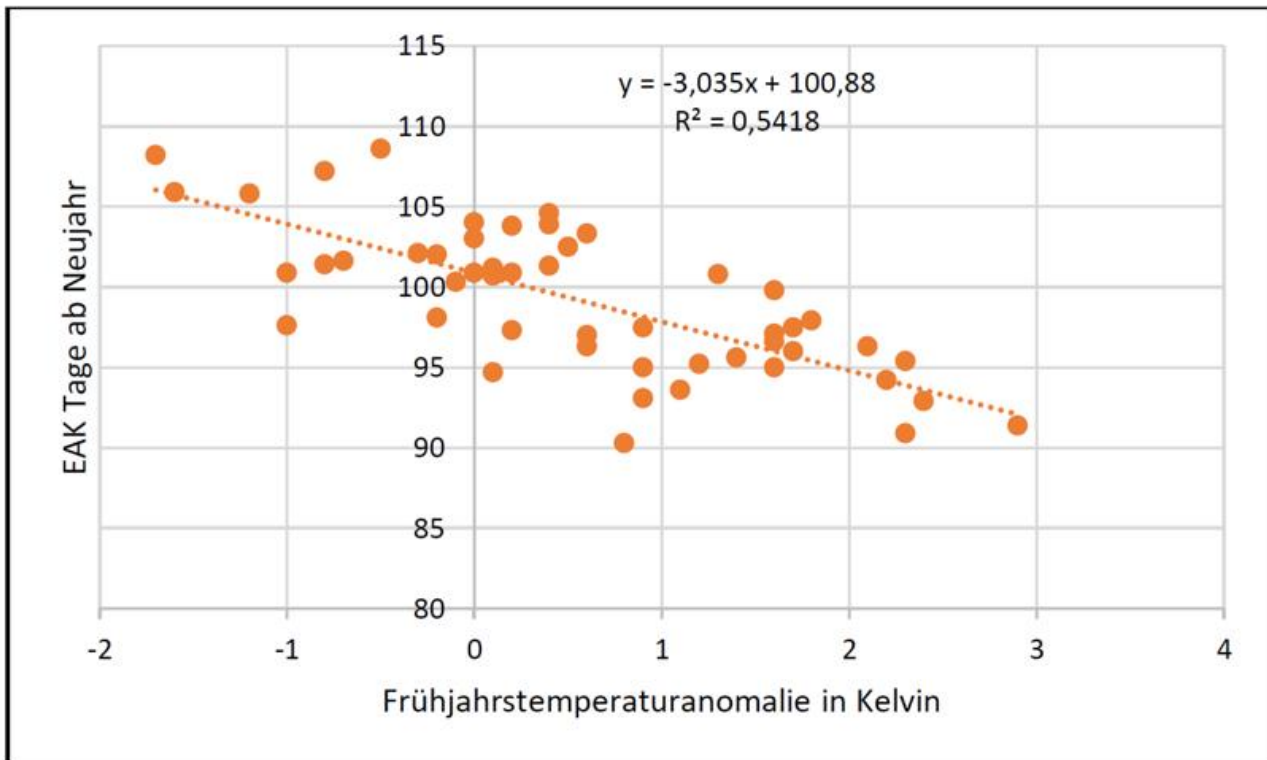
**Abb.4:** Zusammenhang zwischen dem Blühbeginn der Forsythie im Deutschlandmittel (Erstfrühling) und der beobachteten mittleren Erstankunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland zwischen 1967 und 2016.

Alle Vorgänge in der Natur verlaufen koordiniert unter dem direkten Einfluss der großräumigen Luftmassenzufuhr. So wird das Wachstum der Pflanzen unter anderem von der Advektion kalter oder warmer, feuchter oder trockener Luftmassen beeinflusst. Gleiches gilt für das Verhalten von Tieren, auch für den Vogelzug im Frühjahr, denn die Prozesse der globalen Zirkulation der Atmosphäre stehen untereinander in Verbindung, beeinflussen einander. Keine Region befindet sich abgeschirmt im Glashaus. So ist entsprechend Abb. 4 beispielsweise ein enger Zusammenhang zwischen dem Blühbeginn der Forsythie im Deutschlandmittel und den Daten der mittleren Erstbeobachtung von 25 Zugvogelarten im Vogtland zu erkennen. Blüht die Forsythie am 90. Tag nach Neujahr, so fällt die mittlere Ankunft der 25 Zugvogelarten im Durchschnitt auf den 99. Tag. Der statistisch gesicherte Zusammenhang (Irrtumswahrscheinlichkeit < 1 %) lässt sich auch anders formulieren: Blüht die Forsythie spät, dann treffen die Zugvögel spät ein und umgekehrt.

**Anlage 2: Zusammenhang zwischen der Frühjahrstemperaturanomalie und der Ankunft von Zugvögeln im Vogtland**



**Abb.5:** Linearer Trend der Frühjahrstemperaturanomalie Deutschlands zwischen 1967 und 2016. Entsprechend der Trendberechnung erhöhte sich die Temperaturanomalie um 2,0 Grad innerhalb der 50 Jahre.



**Abb.6:** Zusammenhang zwischen der Frühjahrs-temperaturanomalie (März bis Mai) im Deutschlandmittel und der beobachteten mittleren Erstankunft (EAK) von 25 Zugvogelarten im Vogtland zwischen 1967 und 2016.

Zwischen dem Temperaturniveau im Frühjahr, dargestellt als mittlere Temperaturanomalie Deutschlands von März bis Mai und der beobachteten mittleren Erstankunft (EAK) von 25 Zugvogelarten im Vogtland besteht eine gesicherte Abhängigkeit (Irrtumswahrscheinlichkeit < 1 %). Erhöht sich die Temperaturanomalie um 1 Grad, so verfrüht sich die Erstankunft der 25 Zugvogelarten im Durchschnitt um 3 Tage. Das heißt, je höher das Temperaturniveau Mitteleuropas im Frühjahr ausfällt, umso früher treffen die Zugvögel ein. Ursächlich bestimmt aber die großräumige Zirkulation der Atmosphäre sowohl die Temperaturverhältnisse unserer Region wie auch den Ablauf des Vogelzuges.

Zugvögel als auch des Blühbeginns von Pflanzen quantitativ zu belegen.

### Zusammenfassung:

Mit Hilfe der 50-jährigen vogtländischen Beobachtungsreihe der Erstankunft von heimkehrenden Zugvögeln war es möglich, verlässliche Angaben zu einem erheblich veränderten Zugverhalten (auch jeder einzelnen Vogelart) zwischen 1967 und 2016 zu gewinnen. Sowohl die Langstreckenzieher (LZ) als auch die Kurz- und Mittelstreckenzieher (KMZ) kehren signifikant früher aus den Überwinterungsgebieten zurück. Dieser Trend stimmt bei hoher statistischer Sicherheit mit pflanzenphänologischen Verlaufskurven, beispielsweise mit dem Termin des Blühbeginns der Forsythie (Erstfrühling), überein. Die Einbeziehung des Umweltparameters Temperaturanomalie ermöglichte es, den Einfluss des ansteigenden Temperaturniveaus im Frühjahr auf die Verfrüherung der

**Literatur:**

Datenbank sklima: Datenbankauswertungen für ausgewählte Phänologie-Stationen Deutschlands von 1951-2016

ERNST, S. (2013): Veränderung der Ankunftszeiten von 25 häufigen Zugvogelarten im sächsischen Vogtland in den Jahren 1967-2011. - Mitt. Ver. Sächs. Ornithol. 11: 1-14.

FRIEDEL, W. (2014a): Untersuchungen zu den klimatischen Ursachen der veränderten Erstankunftszeiten von Zugvögeln im Frühjahr im Vogtland. - Phänologie-Journal Nr. 42.

FRIEDEL, W. (2014b): Ist ein gesicherter Zusammenhang zwischen der Erstankunft von Zugvögeln im Vogtland und Klimaparametern (regionales Temperaturmittel, Kältesumme sowie NAO-Index) mittels statistischer Methoden feststellbar? - Beitragsreihe zur Witterung und zum Klima im mittleren Vogtland, Heft 12: 22-34.

FRIEDEL, W. (2015): Zusammenhang zwischen den Spätwinter- und Frühjahrstemperaturen im Vogtland und phänologischen Datenreihen. - Beitragsreihe zur Witterung und zum Klima im mittleren Vogtland, Heft 13: 39-42.

FRIEDEL, W. (2016a): Neue Untersuchung zum Einfluss der mittleren Spätwinter- und Frühjahrstemperatur auf das Datum der Erstankunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland mit Hilfe der Trendanalyse. - Beitragsreihe zur Witterung und zum Klima im mittleren Vogtland, Heft 14: 39-42.

FRIEDEL, W. (2016b): Untersuchung tier- und pflanzenphänologischer Zusammenhänge in Abhängigkeit von Klimafaktoren anhand vieljähriger Beobachtungs- und Messreihen. - Mitt. Ver. Sächs. Ornithol. 11: 413-423.

FRIEDEL, W. & S. ERNST (2014): Besteht ein Zusammenhang zwischen den veränderten Erstankunftszeiten von Zugvögeln und dem Temperaturtrend im Vogtland? - Mitt. Ver. Sächs. Ornithol. 11: 195-200.

Wetterzentrale Forum: Abweichung des Deutschen Temperatur-Flächenmittels zwischen 1881-2016 von den Werten der Referenzperiode 1961-1990 (Datenquelle: DWD - Deutscher Wetterdienst)

Weber, Erna (1967): Grundriss der biologischen Statistik, 6. Auflage, Gustav Fischer Verlag Stuttgart

## Das Deutsche Klimabeobachtungssystem



Um sicherzustellen, dass die zur Untersuchung klimarelevanter Fragestellungen erforderlichen Beobachtungen und Informationen allen potentiellen Nutzern zur Verfügung stehen, wurde 1992 von der Weltorganisation für Meteorologie (World Meteorological Organization, WMO) und anderen UN-Organisationen das globale Klimabeobachtungssystem (Global Climate Observing System, GCOS) eingerichtet. Derzeit sind 55 relevante Klimavariablen (ECVs – Essential Climate Variables) für den atmosphärischen, ozeanischen und terrestrischen Teil des Klimasystems definiert. GCOS überwacht die Verfügbarkeit von Beobachtungen nationaler Institutionen zu diesen ECVs durch nationale GCOS Koordinatoren.

Auf nationaler Ebene wurde im Herbst 1992 beim Deutschen Wetterdienst (DWD) das deutsche GCOS-Sekretariat mit einem deutschen GCOS Koordinator eingerichtet.

Zu den Aufgaben gehören heute:

- Erstellung des Nationalberichtes über Klimabeobachtungssysteme für die Vertragsstaatenkonferenz zur Klimarahmenkonvention;
- Kontakt zu operationellen Diensten, Universitäten und Großforschungseinrichtungen in Deutschland, die einen nationalen Beitrag zur Klimaüberwachung und Klimaforschung leisten;
- Unterstützung der deutschen Mitglieder in GCOS Gremien;
- Kontakt zum internationalen GCOS-Sekretariat bei der WMO;
- Mitarbeit in internationalen GCOS-Gremien;
- Kontakte zu GCOS-Koordinierungsstellen in anderen Ländern.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben findet jedes Jahr ein nationales GCOS-Treffen mit Teilnehmern aus verschiedenen Behörden und Forschungseinrichtungen statt. Daher ist das deutsche GCOS-Sekretariat direkt der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie (IMAA) zugeordnet.

Die Publikation „Die deutschen Klimabeobachtungssysteme - Inventarbericht zum Global Climate Observing System (GCOS)“ gibt einen guten Überblick.

Weitere Informationen sind unter: [www.gcos.de](http://www.gcos.de), der Inventarbericht unter „GCOS-Publikationen“ oder [gcos.wmo.int](http://gcos.wmo.int) zu finden.

## Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 21. Jahrhundert

R. Fleckenstein, K. Friedrich, S. Kósa-Rieß

Deutschland liegt in der gemäßigten Klimazone, wobei der Westen eher maritim, der Osten Deutschlands hingegen mehr kontinental geprägt ist. Die Jahresmitteltemperatur für Deutschland beträgt 8,2°C (vieljähriges Mittel 1961-1990). Der kälteste Monat ist der Januar mit einer Mitteltemperatur von -0,5°C und der wärmste Monat ist der Juli mit einer Mitteltemperatur von 16,9°C. Der meiste Niederschlag wird im Monat Juli mit ca. 85 mm beobachtet. Im Februar werden durchschnittlich 50 mm Niederschlag registriert. Trotz der recht ausgewogenen Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse kann es, je nach vorherrschender Witterungssituation, zu Extremereignissen kommen. In den Wintermonaten kann polare Kaltluft nach Deutschland fließen und die Temperaturen über mehrere Tage im zweistelligen Minusbereich verharren lassen. In den Sommermonaten kann Warmluftadvektion aus dem Mittelmeerraum und intensive Sonneneinstrahlung über Deutschland zu Hitzeperioden führen. Oft sorgen dabei stabile Hochdruckgebiete dafür, dass der Einfluss der Westwindzirkulation auf Mitteleuropa ausgesetzt bzw. umgelenkt wird. Langanhaltende Niederschlagsereignisse haben oft ihren Ursprung in Tiefdruckgebieten, die vom Mittelmeer ausgehend unser Witterungsgeschehen beeinflussen. Aber auch Witterungsabschnitte, in denen über längere Zeiträume nur sehr wenig Niederschlag beobachtet wird, sind möglich. Eine Kombination von verschiedenen Ereignissen mit geringer Relevanz kann auch zu einem Extremereignis führen, wenn z.B. eine Kälteperiode durch feuchte Verhältnisse abgelöst wird und dabei erhebliche Straßenglätte entsteht. An Luftmassengrenzen kann es zur Entwicklung von extremen Gewittern oder Starkniederschlagsereignissen kommen. Starke Tiefdruckgebiete in der Westwindzone können Orkane auslösen. Auch Tornados werden immer wieder in Deutschland beobachtet. Somit ist fast das gesamte Spektrum von extremen Wetter- und Witterungsereignissen über Deutschland möglich. Dabei können die Ereignisse eine sehr unterschiedliche geografische Ausbreitung aufweisen. Starkniederschläge haben oft nur eine sehr kleine räumliche Ausdehnung, können aber auch verheerende Folgen haben, so wie langanhaltende großräumige Niederschlagsereignisse. Auch die zeitliche Ausdehnung von Extremereignissen ist sehr unterschiedlich. Extreme Sturmereignisse haben eine recht kurze Andauer von meist nur wenigen Stunden. Hitzeperioden können über mehrere Tage oder sogar Wochen anhalten. Das Schadenspotential von Extremereignissen ist ein weiterer Aspekt. Langanhaltende Hitzeperioden können sich besonders auf die Gesundheit von älteren Menschen negativ auswirken und damit hohe Mortalitätsraten verursachen. Vorsorgemaßnahmen können den Einfluss solcher Ereignisse wesentlich mindern. Bei kurzfristigen Ereignissen wie Stürmen oder Starknie-

derschlägen müssen ganz andere Vorsorgemaßnahmen getroffen werden. Über die Analyse von Extremereignissen ist es möglich, die Auswirkungen und Folgen der Ereignisse zu beziffern, um das Gefahrenpotential von künftigen Wetterkapriolen einschätzen zu können.

Die in der Beschreibung der Extremereignisse genannten Messwerte stammen aus dem Messnetz des Deutschen Wetterdienstes oder sind abgeleitete Werte aus diesen Messungen. Die Stationen, an denen die Messwerte erhoben werden, sind nach international gültigen Kriterien eingerichtet, so dass die Messwerte repräsentativ für die Region sind, in der die Messung erfolgt. Nach der Messung sorgen Prüfroutinen für eine hohe Datenqualität. Die Informationen über Personenschäden und materielle Schäden sind Angaben, die meist der Presse oder den Veröffentlichungen von Versicherungsunternehmen (z.B. Munich RE) entnommen wurden. Diese Angaben können durchaus fehlerbehaftet sein. Um aber die Schwere von Extremereignissen einschätzen zu können, ist die Angabe der Schäden wichtig, auch wenn diese Informationen nicht immer vollständig bzw. fehlerfrei sind.

Durch die immer weiter verbesserte Vorhersagequalität lassen sich viele Extremereignisse rechtzeitig vorhersagen. Stellt man sich auf die Extremsituationen ein, kann viel Schaden vermieden werden. Der Deutsche Wetterdienst gibt z.B. über die Internetseite ([https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen\\_gemeinden/warnWetter\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_gemeinden/warnWetter_node.html)) oder über die Warnwetter-App (<https://www.dwd.de/DE/leistungen/warnwetterapp/warnwetterapp.html>) amtliche Warnungen über bevorstehende Wetterereignisse heraus. Einige sehr schwere Unwettersituationen werden in Berichten des Deutschen Wetterdienstes ausführlich erörtert. Diese Berichte sind unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/besondereereignisse.html> zu finden.

Mit der zunehmenden Klimaerwärmung wird auch mit einer Zunahme von Extremereignissen gerechnet. Ein aktuelles Forschungsthema ist die Attributierung von Extremereignissen. Dabei versucht man, die Ursachen für meteorologische Extremereignisse herauszufinden und den Anteil des Klimawandels an der Entstehung der Ereignisse herauszuarbeiten. Dieser Fragestellung kann in dieser Zusammenschau leider nicht nachgegangen werden.

Neben den in der Tabelle aufgeführten Ereignissen gibt es eine Vielzahl weiterer Ereignisse, die aber nicht alle aufgezählt werden können. Deshalb haben wir bei der Auswahl eine starke Priorisierung vorgenommen und hier die Ereignisse aufgeführt, die eine hohe Relevanz für

Deutschland haben, da sie von der räumlichen oder zeitlichen Ausdehnung oder von dem entstandenen Schaden als außerordentlich einzustufen sind.

Bissolli et al. 2002 haben einen Überblick über die Extremereignisse im 20. Jahrhundert gegeben. Unsere Aufzählung kann als Weiterführung dieser Veröffentlichung gesehen werden.

### **Literatur**

Bissolli, P., Göring, L., Lefebvre, Ch. (2002): [Extreme Wetter- und Witterungsereignisse im 20. Jahrhundert](#). Klimastatusbericht 2001, DWD Offenbach

<b>Zeitraum</b>	<b>Ereignisbeschreibung</b>
Okt 2001	wärmster Oktober seit Aufzeichnungsbeginn 1881, am 2.10. im Süden hochsommerlich warm 12,5°C Monatsmitteltemperatur +3,5 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) Temperaturmaximum (2.10.): 28,8°C Stuttgart (Neckartal) 27,9°C Stuttgart (Schnarrenberg) 27,9°C Karlsruhe 27,1°C Mannheim
18. Jun 2002	Rekordtemperaturen in Süd- und Westdeutschland mit neuen Monatsrekorden Temperaturmaximum: 37,5°C Frankfurt/Main 37,2°C Karlsruhe 36,8°C Köln-Bonn 36,6°C Mannheim
10. Jul 2002	schwere Unwetter im Raum Berlin mit Sturmböen 120 km/h Berlin-Dahlem (FU) 120 km/h Berlin-Tegel 7 Tote, Störungen im Bahn- und Flugverkehr, Ausnahmezustand durch Feuerwehren ausgerufen, zahllose Bäume umgestürzt
Aug 2002	katastrophale Elbeflut, auch an den Nebenflüssen, in den Städten schwere Schäden durch Überflutungen, wochenlange Hilfseinsätze während die Hochwasserwelle durch Deutschland zieht, Vb-Wetterlage im Südosten und Osten Deutschlands durch Tief Ilse 312 mm Zinnwald-Georgenfeld (12.8., bisher höchste Niederschlagsmenge in 24 h) 158 mm Dresden-Klotzsche (12.8.) 21 Tote, 11,6 Milliarden € Sachschaden durch Überflutungen (Munich RE)
25.-28. Okt 2002	Orkane in Deutschland durch Tief Irma (26.10.) und Tief Jeanett (27.10.) 183 km/h Fichtelberg (Erzgebirge) (27.10.) 177 km/h Brocken (27.10.) 11 Tote, 50 Verletzte, enorme Sachschäden durch Windbruch, Zugverkehr und öffentlicher Nahverkehr in den Städten kam zum Erliegen, 2000 Mio. € Gesamtschäden (Munich RE)
10. Jun 2003	Tornado in der Eifel, Gemeinde Acht F3 Tomado und schwere Gewitter Sachschäden an Häusern und Autos

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Aug 2003	extreme Hitzewelle über West- und Süddeutschland, im Südwesten Deutschlands herrschte eine 14-tägige Jahrhunderthitze durch Hoch Michaela 40,2°C Karlsruhe (9.8. und 13.8.) 40,2°C Freiburg (13.8.) 9000 Tote, 1500 Mio. Gesamtschaden (Munich RE)
Sommer 2003	wärmster Sommer in Deutschland seit Aufzeichnungsbeginn (1881), hohe Anzahl an Sommertagen im Oberrheingraben 19,7°C Durchschnittstemperatur im Sommer +3,4 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) über +4 K Temperaturanomalie in Süddeutschland 54 aufeinanderfolgende Sommertage in Karlsruhe (7.7.-29.8.)
23./24. Jun 2004	Tornados in Sachsen-Anhalt (Micheln) und Schleswig-Holstein (Marne) durch Tief Yasna F3 Tornado in Micheln F2 Tornado in Marne 2 Tote, mehrere Verletzte, 275 Häuser beschädigt in Micheln, 14 Häuser in Marne
23. Jul 2004	Unwetter in Bonn und im Rhein-Main-Gebiet mit großen Überschwemmungen, Städte wie Bonn, Mainz, Offenbach und Würzburg stehen nach sintflutartigen Regenfällen teilweise unter Wasser Niederschlagssummen: 52 mm Offenbach/Main (Zentrallabor) 43 mm Bonn-Roleber 38 mm Frankfurt-Main 43 mm Mainz-Lerchenberg (ZDF) (bis 2008 Station in der Mainzer Innenstadt) entwurzelte Bäume, abgedeckte Dächer und Straßenüberflutungen
12. Aug 2004	Unwetter im Ruhrgebiet und in Bayern Niederschlagssummen: 74 mm Werne-Wessel 55 mm Essen-Bredeney 14 Verletzte
8. Jan 2005	Orkan über Norddeutschland durch Tief Erwin 166 km/h Brocken 154 km/h Leuchtturm Kiel 148 km/h List auf Sylt 1 Verletzter, der Fährverkehr zu den Nordseeinseln wurde eingestellt, Bahnverkehr in Schleswig-Holstein durch umgestürzte Bäume gestört
29. Jun 2005	schwere Unwetter in der Mitte und im Süden Deutschlands 116 mm Hersbruck (bei Nürnberg) 100 mm Hachenburg (im Westerwald) 71 mm Lissendorf (in der Eifel) 13000 Blitze in einer Stunde auf dem Bundesgebiet registriert 1 Verletzter, überflutete Keller und Unterführungen in Darmstadt, Groß-Gerau, Nürnberger Raum und bei Köln, Blitzschläge lösten Dachstuhlbrände aus, im Bodenseegebiet stürzten Bäume auf Bahnoberleitungen, Blitzschlag im Stellwerk Niedernhausen führt zu Störungen im Bahnverkehr zwischen Limburg und Frankfurt, Flughafen Frankfurt vorübergehend gesperrt

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Ende Aug 2005	<p>heftiger Dauerregen im Alpenvorland und am Alpenrand  Niederschlagssummen (19.-28.8.):  266 mm Balderschwang  255 mm Kochel-Einsiedl (Kraftwerk)  238 mm Wertach-Bichel  5,36 m Isarpegel in München  1 Toter, Katastrophenalarm in einigen südbayerischen Landkreisen, Garmisch-Partenkirchen vorübergehend von der Außenwelt abgeschnitten, Bad Tölz und Wasserburg teilweise überflutet, der Ort Eschenlohe bei Garmisch stand teilweise 1,50 m unter Wasser</p>
3. Jan 2006	<p>zu Jahresbeginn heftige Schneefälle im süddeutschen Raum, vor allem Bayern  hohe Schneemengen im Berchtesgadener Land:  91 cm Berchtesgaden (davon 47 cm Neuschnee)  106 cm Bischofswiesen-Winkl  53 cm Bad Tölz  15 Tote, in Bad Reichenhall stürzte das Dach einer Eissporthalle durch enorme Schneelast ein, in Aying bei München das Dach einer Lagerhalle</p>
3. Dekade Jan - Mitte Feb 2006	<p>extrem kalte Witterungsperiode mit Eisregen und Schnee  -23,6°C Ueckermünde (23.1.)  -17,1°C Saldenburg-Entschenreuth (30.1.)  -15,2°C Buchen, Kr. Neckar-Odenwald (3.2.)  -23,5°C Sohland/Spree (5.2.)  -21,2°C Oberstdorf (13.2.)  mehrere Todesopfer durch Erfrieren, eisglatte Straßen und Autobahnen führten in Ballungsgebieten zu Verkehrschaos</p>
3.-5. Mrz	<p>heftige Schneefälle im Hunsrück, Rheinhessen, Südhessen und Unterfranken (3.3.), in den Folgetagen in Süddeutschland  über 15 cm (örtlich 23 cm) Neuschnee im Frankfurter Raum, Schneehöhen am 4.3.:  17 cm Frankfurt/Main  17 cm Würzburg  28 cm Hahn (im Hunsrück)  50 cm München-Stadt (5.3.)  38 cm Freiburg im Breisgau-Sankt Georgen (5.3.)  Verkehrschaos zur rush-hour am Nachmittag (3.3.) im Rhein-Main-Gebiet, 570 Flüge fielen in Frankfurt aus</p>
29. Jun 2006	<p>schwere Unwetter im Hunsrück, Baden, Süd- und Ostbayern, Hagelunwetter in Trossingen  Hagelkörner in Trossingen 10 cm  Niederschlag:  41 mm Hahn (im Hunsrück)  55 mm Hohenpeißenberg  mehr als 100 Verletzte, massive Schäden an Hausdächern, Fensterscheiben und Autos nach Hagelschlag</p>
Jul 2006	<p>ungewöhnlich heißer und sonnenscheinreicher Juli, wärmster Juli seit Aufzeichnungsbeginn, siebenwöchige Hitzeperiode zwischen 9.6. und 30.7.  22°C Durchschnittstemperatur  +5 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990)  334 h Sonnenscheindauer  +59 % Abweichung (Referenzperiode 1961-1990)  (bisher wärmster Juli 1994 um 0,7 K übertroffen)  38,9°C Bemburg/Saale (Nord) (Tmax 20.7.)</p>

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Herbst 2006	nach heißem Früh- und Hochsommer geriet auch der Herbst deutlich zu warm, bisher wärmster Herbst seit Beginn der Messreihe 12°C Durchschnittstemperatur +3,2 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990)
18. Jan 2007	schwerer Orkan in Deutschland durch Tief Kyrill Orkanböen 203 km/h Wendelstein 199 km/h Brocken 177 km/h Zugspitze 145 km/h Düsseldorf 13 Todesopfer in Deutschland, enorme Schäden in ganz Deutschland, Bahnverkehr wurde abends fast gänzlich eingestellt, der S-Bahnverkehr lief in Ballungszentren auf Notbetrieb, Schulunterricht fiel am Nachmittag weitestgehend aus, das Stromnetz brach regional zusammen, 37 Millionen Kubikmeter Holz fielen dem Sturm in den Deutschen Forsten zum Opfer, am schwersten betroffen waren die Waldfluren in Nordrhein-Westfalen, in Frankfurt fielen 207 Flüge aus, 4200 Mio. € Gesamtschäden (Munich RE)
Winter 2006/2007	außergewöhnlich warmer Winter, alle drei Wintermonate waren wärmer als das vieljährige Mittel 1961-1990 4,4°C Durchschnittstemperatur +4,1 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990)
Apr 2007	außergewöhnlicher warmer, sonniger und trockener April, einige Regionen (vor allem in Hessen und Rheinland-Pfalz) verzeichneten keinen Niederschlag 11,5°C Durchschnittstemperatur +4,1 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) 289 h Sonnenscheindauer +88 % Abweichung
1. Mrz 2008	Orkan wütet in Deutschland und den Nachbarländern durch Tief Emma über 100 km/h in den Niederungen Orkanböen: 223 km/h Wendelstein 191 km/h Zugspitze 6 Todesopfer und zahlreiche Verletzte in Deutschland (europaweit 14 Tote), Sturmflut in Hamburg überschwemmte den Fischmarkt, Sperrungen von Bahnstrecken da Bäume in Oberleitungen fielen bzw. die Gleise blockierten, viele Bäume stürzten auf Straßen- und Gehwege, mehrere Personen wurden durch umstürzende Bäume erschlagen
23./24. Mrz 2008	ungewöhnlich kalte Witterung zwischen 10 und 40 cm Schnee in den Hochlagen auch in den Niederungen temporäre Schneedecke Tageshöchstwerte nur wenig über dem Gefrierpunkt 10 Tote, sehr viele Schwerverletzte, viele Sachschäden an Fahrzeugen durch witterungsbedingte Unfälle und Massenkarambolagen

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
29.-31. Mai 2008	<p>schwere Unwetter vor allem im Westen und Süden Deutschlands, örtlich über 50 mm Niederschlag</p> <p>62 mm Heimbach-Düttling (29.5.)  61 mm Beuren (Hochwald) (29.5.)  71 mm Ranstadt-Ober-Mockstadt (in der Wetterau, 30.5.)  68 mm Gilserberg-Moisscheid (nordöstlich von Marburg, 30.5.)  66 mm Hirschhorn (Neckar) (30.5.)</p> <p>4 Verletzte, Bäume stürzten um, Keller wurden überflutet, Brände von Wohnhäuser durch Blitzschlag in Baden-Württemberg, Schlamm, Geröll und Wassermassen blockierten viele Straßen rund um Freiburg/Breisgau, Hagelkörner richteten Schäden an Autos in Krefeld an</p>
2./3. Jun 2008	<p>sehr schweres Unwetter im Killertal (Hechingen/Zollernalbkreis), das Unwetter hatte im Raum Hechingen katastrophale Ausmaße</p> <p>79 mm Hechingen (2.6.)</p> <p>3 Tote, 11 Verletzte, Stromausfall, Autos und kleine Brücken wurden durch die Wassermassen mitgerissen, Überflutung der Kläranlage Hechingen</p>
1. Dekade Jan 2009	<p>Wintereinbruch in Deutschland, teilweise herrscht mäßiger bis starker Dauerfrost mit ungewöhnlich tiefen Temperaturminima</p> <p>verbreitet -15 und -20°C in der Nacht 6./7.1. in der Mitte Deutschlands</p> <p>-28°C Dippoldiswalde-Reinberg (6.1.)  -26°C Lippstadt-Bökenförde (in Westfalen, 7.1.)  -25°C Garsebach bei Meißen (7.1.)</p> <p>meist nur dünne Schneedecke</p> <p>lediglich 20 cm Schnee in Ostthüringen und Sachsen</p> <p>3 Tote, viele Verletzte (darunter Schwerverletzte), durch Schneefälle und dadurch bedingter Glätte kam es auf Straßen und Autobahnen, sowie im innerstädtischen Verkehr zu zahlreichen Unfällen mit teilweise kilometerlangen Staus, Beeinträchtigungen im Flugbetrieb, auch der Bahnverkehr war betroffen (zugefrorene Signal- und Weichenanlagen)</p>
3.-7. Jul 2009	<p>sintflutartige Regenfälle und taubeneiergroße Hagelkörner gebietsweise in Deutschland (in Wesel (Niederrhein) und Wassertrüdingen (Franken))</p> <p>Niederschlagssummen (3.7.):</p> <p>56 mm Kleve  54 mm Arnstein-Müdesheim  51 mm Gaildorf</p> <p>3 Tote, Sachschäden durch Blitzeinschläge, Straßen und Tunnel durch heftige Regen- und Hagelniederschläge unpassierbar, Bahnstrecke München-Garmisch-Partenkirchen vorübergehend gesperrt, Feuerwehreinsätze im Ruhrgebiet (780 in Essen und 450 in Düsseldorf)</p>
18./19. Dez 2009	<p>markanter Kaltlufteinbruch aus Nordost, Schneefälle im Norden, später auch in der Mitte und im Süden</p> <p>Temperaturmaximum vielerorts &lt; -10°C</p> <p>Temperaturminimum:</p> <p>-24°C Dippoldiswalde-Reinberg (19.12.)</p> <p>Temperatursturz um 10 - 15 K gegenüber 17.12.</p> <p>nur im Saarland, Rheinland und Südbaden nicht so kalt</p> <p>mehrere Tote und viele Verletzte, zahlreiche Unfälle auf schneeglatten Straßen, Flugverkehr an einigen Flughäfen beeinträchtigt</p>

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
8.-11. Jan 2010	Kälteeinbruch in Deutschland, Schneefall und Schneeverwehungen verbunden mit starkem Wind durch Sturmtief Daisy bis 3 m hohe Schneeverwehungen an der Ostsee Temperaturminimum: -21°C Olbersleben (5.1.) -22°C Querfurt-Mühle Lodersleben (6.1.) 5 Tote, der Verkehr auf der Straße, der Schiene und teilweise in der Luft wurde vor allem in Norddeutschland lahmgelegt
29./30. Jan 2010	starke Schneefälle an der Ostsee, in Mecklenburg-Vorpommern und in den Mittelgebirgen durch Sturmtief Keziban Schneehöhen (30.1.): 59 cm Groß Lüsewitz 55 cm Steinhagen-Negast Schneefälle lähmen das öffentliche Leben in Mecklenburg-Vorpommern und in den Mittelgebirgen
28. Feb 2010	schwerer Orkan durch Orkantief Xynthia Orkanböen: 181 km/h Brocken 113 km/h Frankfurt/Main 164 km/h Weinbiet (in der Pfalz) 7 Tote, Einstellung des Bahnverkehrs in einigen Bundesländern, 50 Flugausfälle in Frankfurt/Main
6.-16. Aug 2010	Tief über Oberitalien sorgte vom 6. bis 8. August für teils heftigen Dauerregen vor allem über Böhmen und Überschwemmung in der Oberlausitz 101 mm Bertsdorf-Hörnitz (7.8.) 163 mm Bertsdorf-Hörnitz (6.-8.8.) 155 mm Jonsdorf, Kurort (6.-8.8.) 4 Tote , Gesamtschäden 870 Mio. Euro (Munich RE)
Dez 2010	sehr schneereicher und sehr kalter Wintermonat, besonders das Schneetief Petra (16.12. abends), sowie Schneefallereignisse am 4. Advent (19.12.) und an Weihnachten -3,7°C Durchschnittstemperatur -4,3 K Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) vor allem im Norden erheblich zu kalt ungewöhnlich viel Schnee, stellenweise lag den gesamten Monat eine Schneedecke 41 cm Potsdam (28.12.) zahllose Verkehrsunfälle durch winterliche Witterung, Bahnverkehr und Betrieb an den deutschen Flughäfen teilweise durch starke Schneefälle erheblich beeinträchtigt, während Schneefallereignissen Verkehrskollaps auf Straße und Schiene
24. Aug 2011	schweres Unwetter mit heftigen Windböen im Rhein-Main-Gebiet und in Osthessen 113 km/h Wasserkuppe schwerer Gewittersturm richtete Schäden in Millionenhöhe an
26. Aug 2011	Hagelunwetter an der Mittelmosel mit hühnereigroßen Hagelkörnern Schäden in Millionenhöhe an Autos, Dächern und Hausfassaden
Nov 2011	trockenster Monat seit Aufzeichnungsbeginn 2,4 mm Niederschlagssumme im Gebietsmittel -96 % Abweichung (Referenzperiode 1961-1990) nicht mal 1 mm Niederschlag an vielen Stationen im Südosten und Süden Deutschlands sonnenscheinreicher und sehr trockener Monat

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Ende Jan - Mitte Feb 2012	<p>ungewöhnliche Kältewelle, viele Flüsse und Kanäle in Deutschland froren zu, Mosel führte große Eisschollen</p> <p>ungewöhnliche tiefe Temperaturminima (6.2.):  zwischen -15 und -20°C  -29°C Oberstdorf  -28°C Ueckermünde  -28°C Deutschneudorf-Brüderwiese</p>
20. Aug 2012	<p>Hitzerekord, neuer Allzeitrekord für Dresden (Messreihe geht bis ins 19. Jhdt. zurück)</p> <p>39,8°C Dresden-Hosterwitz  39,7°C Dresden-Strehlen</p>
27. Okt 2012	<p>Kaltlufteinbruch über Mitteleuropa, polare Meeresluft stößt bis zu den Alpen vor und führt zu Schneefällen bis in die tiefsten Lagen der Niederungen</p> <p>Schneedecke vor allem an den Nordrändern der Mittelgebirge und der Alpen</p> <p>20 cm Geringswalde-Altgeringswalde (28.10.)  20 cm Kaufbeuren (29.10.)</p>
20. Jan 2013	<p>Eisregen und anschließend starke Schneefälle</p> <p>anhaltender, intensiver Eisregen führt zu einem Verkehrschaos im Süden und der Mitte Deutschlands</p> <p>22 cm Fritzlar (Flugplatz) (21.1.)  17 cm Münster/Osnabrück (22.1.)</p> <p>1 Toter, Sperrung der Flughäfen Frankfurt und Stuttgart, Chaos am Münchener Flughafen, Streckenabschnitte der Bahn wegen Vereisung gesperrt, öffentlicher Nahverkehr kam vielerorts zum Erliegen, Schulen blieben am 21.1. in einigen ländlichen Regionen geschlossen, über 1000 witterungsbedingte Unfälle in Baden-Württemberg</p>
10.-12. Mrz 2013	<p>Luftmassengrenze trennt sehr kalte Festlandsluft im Norden von milder Meeresluft im Süden, es kommt zu massiven Niederschlägen</p> <p>Eistag nördlich von Main und Mosel am 12.3.</p> <p>-1,5°C Düsseldorf (Temperaturmaximum, 12.3.)  (noch am 6.3. Temperaturmaximum von 20,2°C)</p> <p>18 cm Schneedecke Frankfurt (13.3.)  davon 14 cm Neuschnee (12.3.-13.3.)  36 cm Lübeck-Blankensee (12.3.)  23 cm Laage (Flugplatz) (12.3.)</p> <p>mehrere Verletzte, Sperrung des Flughafens Frankfurt wegen heftiger Schneefälle (12.3.), enorm viele Flugausfälle (1250 am 12.3.), öffentlicher Nahverkehr in Mainz und Wiesbaden eingestellt, Massenkarambolage auf der A 45 in der Wetterau</p>
2. Märzhälfte 2013	<p>Kälte und vor allem im Osten und Norden Schnee</p> <p>nächtliche Tiefstwerte im Osten und Norden teilweise unter -10°C</p> <p>tagelang Dauerfrost nordöstlich der Elbe</p> <p>-18,9°C Coschen (in Brandenburg, Temperaturminimum, 24.3.)</p> <p>neuer Dekadenrekord für Temperaturminimum</p> <p>bis zu 20 cm Schneedecke</p> <p>25 cm Groß Lüsewitz (21.3.)  22 cm Berge (in Brandenburg, 21.3.)</p> <p>viele Verletzte, witterungsbedingte Störungen im Bahn- und Flugverkehr, zahlreiche Verkehrsunfälle</p>

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Ende Mai - Anfang Jun 2013	nach heftigen Regenfällen Hochwasser an vielen Flüssen in Süd- und Ostdeutschland höchster Wasserstand der Donau seit 1501 in Passau 1501: 12,70 m; 2013: 12,90 m Niederschlag in 4 Tagen (30.5.-2.6.) 405 mm Aschau-Stein (in Oberbayern) 374 mm Kreuth-Glashütte 25 Tote (Munich RE), Evakuierung von 30000 Menschen, Hochwasser führt zu Flutungen von Straßen, Kellern und Wohnanlagen, ungeheure Schäden an Wohnhäusern, Autos und gewerblichen Anlagen Gesamtschaden europaweit 15.200 Mio. \$ (Munich RE)
27./28. Jul 2013	kurze, intensive Hitzewelle, 2. Spanish Plume (Advektion subtropischer Heißluft von Nordwestafrika und Spanien) des Sommers 2013 Temperaturmaxima (27.7.): 38,6°C Rheinfelden 38,4°C Kitzingen 38,3°C Freiburg (im Breisgau)
2./3. Aug 2013	kurze Hitzewelle (erneute Spanish Plume) 38,0°C Bad Kreuznach 37,8°C Tönisvorst Risse durch starke Hitzeeinwirkung auf den Autobahnen, u.a. auf der A3 bei Montabaur
4. Aug 2013	schweres Unwetter vom württembergischen Oberschwaben bis zur bayerischen Oberpfalz 97 km/h Ulm 96 km/h Waldmünchen (in der Oberpfalz) mehr als 50 Verletzte, Zugstrecken gesperrt (Ulm-Augsburg/Ulm-Donauwörth)
6. Aug 2013	Unwetter mit Orkanböen 140 km/h Windspitze auf der Wasserkuppe 127 km/h Querfurt-Mühle Lodersleben bis 5 cm Hagelkomgröße im Altenburger Land mehrere Verletzte, zahlreiche Zugstrecken durch umgestürzte Bäume blockiert (Rhein-Main-Gebiet, Franken) Flughafenbetrieb in Frankfurt ruhte 30 min, Dachstuhlbrände durch Blitzschlag
28. Okt 2013	Herbstorkan durch Tief Christian 172 km/h Sankt Peter-Ording 169 km/h Leuchtturm Kiel 162 km/h Brocken mehrere Tote, zahlreiche Verletzte, Ausnahmezustand bei der Feuerwehr in Schleswig-Holstein und in der Küsteregion, in Schleswig-Holstein ruhte der Bahnverkehr
5. Dez 2013	Frühwinterorkan mit drei Sturmfluten, rückseitig maritime Kaltluft mit Schneefällen durch Tief Xaver 153 km/h Brocken 148 km/h List auf Sylt 1 Toter, mehrere Verletzte, Fährbetrieb an der Nordsee eingestellt, Flugbetrieb in Hamburg, Bremen und Hannover eingeschränkt, durch Schneefälle witterungsbedingte Unfälle

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
Winter 2013/2014	Deutlich zu milder Winter, Schneearmut im Westen und Süden Deutschlands 3,6°C Durchschnittstemperatur +3,3 K Temperaturabweichung (Referenzperiode 1961-1990) keinen Eis- und Schneedeckentag z.B. in Frankfurt/Main, Stuttgart und Saarbrücken (Dez-Feb)
8.-10. Jun 2014	Unwetter aufgrund sehr heißer Luft aus dem Maghreb (Algerien/Marokko) über Spanien und Frankreich nach Mitteleuropa, in der feucht labilen Luft entwickelt sich eines der schlimmsten Unwetter der letzten Jahre (Abend des 9.6.14 im Rhein-Ruhr-Raum) durch Tief Ela 142 km/h Düsseldorf (9.6.) 130 km/h Aachen-Orsbach (10.6.) 77 mm Weilmünster (in Limburg-Weilburg, 10.6.) 6 Tote, 30 Verletzte, über 1000 Einsätze der Feuerwehr am 9.6.
5.-11. Jul 2014	schwere Unwetter mit heftigem Starkregen, Überflutungen und schweren Sturmböen durch Tief Lucia und Tief Michaela Gewitter mit Hagelschlag und schweren Sturmböen im Westen am 6.7. 126 km/h Weinbiet (6.7.) 85 mm Elzach-Fisnacht (7.7.) Heftiger Dauerregen in der Mitte am 8.7. 103 mm Lindberg-Buchenau (8.7.) 83 mm Stützengrün-Hundshübel (8.7.) mehrere Tornados u.a. in Tarp (SH am 5.7.) und Hermeskeil (RP am 10.7.) mehrere Verletzte, Schäden durch Überflutungen, Sturmschäden, kurzzeitige Einstellung des Flugbetriebes auf dem Frankfurter Flughafen, schwere Überflutungsschäden in der Wiesbadener Innenstadt
10. Aug 2014	Unwetter an der Bergstraße und in der Pfalz (Ex-Hurrikan) durch Tief ex-Bertha F2 Tornado über Bad Schwalbach 121 km/h Orkanböe auf dem Weinbiet (Pfalz) ungeheure Sachschäden durch Tornado zahlreiche umgestürzte Bäume, 50 Hausdächer wurden erheblich beschädigt, teils gänzlich abgedeckt
1. Nov 2014	Transport warmer Mittelmeerluft führte zu ungewöhnlicher Wärme und größtenteils sehr sonnigem Wetter durch Hoch Quinn zahlreiche neue Dekadenrekorde für erste Novemberdekade: 20,1°C Bremen 20,4°C Düsseldorf 20,2°C Köln-Bonn
29.-31. Mrz 2015	Sturm- und Orkan durch Tief Lucien (29.3.), Tief Mike (30.3.) und Tief Niklas (31.3.) 150 km/h Brocken (29.3.) 137 km/h Zugspitze (29.3.) 192 km/h Zugspitze (31.3.) 162 km/h Brocken (31.3.) 156 km/h Fichtelberg (31.3.) 122 km/h Bremerhaven (31.3.) 11 Tote, mehrere Verletzte, Sperrung von Zugstrecken wegen herabgestürzter Oberleitungen (vor allem im Ruhrgebiet), Sperrung des HBF in München
5. Mai 2015	Unwetter mit mehreren Tornados durch Tief Zoran F3 Tornado in Bützow (Mecklenburg-Vorpommern) und mehrere F1 Tornados ebenfalls in MVP 1 Toter, 30 Verletzte, 230 Einsätze der Bremer Feuerwehr, zahlreiche Bäume umgerissen, Dächer und Autos beschädigt, Zugverkehr im Raum Bremen und Hamburg unterbrochen

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
13. Mai 2015	Schwere Unwetter mit mehreren Tornados F3 Tornado in Affing F3 Tornado in Bonndorf massiver Hagelschlag in Freiburg (Korngröße 5 cm) 7 Verletzte, 100 Personen evakuiert, extreme Sachschäden durch Tornados im südlichen Schwarzwald und im bayerischen Schwaben 178 Gebäude im Landkreis Aichach-Friedberg (Affing) beschädigt, 33 einsturzgefährdet, 12 nicht mehr bewohnbar, Schäden in Freiburg und im Schwarzwald durch massiven Hagelschlag
4.-7. Jul 2015	Extreme Hitze durch Hoch Annelie (4.7.) und Hoch Bigi (5.-7.7.) Reihenweise fallen Stationsrekorde, Monatsrekorde für Juli bei den Höchsttemperaturen der neue Deutschlandrekord wird am 5.7. mit 40,3°C im fränkischen Kitzingen aufgestellt
25. Jul 2015	Sturm durch Tief Zeljko Orkanböen im Oberharz 159 km/h Brocken Schwere Sturmböen in den Mittelgebirgen und an der Küste 106 km/h Schmücke 98 km/h Bremerhaven 12 Verletzte, heruntergerissene Oberleitungen, massive Behinderungen im Bahnverkehr, vor allem in Norden Deutschlands, Zahlreiche umgestürzte Bäume
7. Aug 2015	Hitzewelle durch Hoch Finchen 35 - 40°C im Süden und Osten, sowie der Mitte Deutschlands 40,3°C Kitzingen nach einem Monat erneute Einstellung des Deutschlandrekordes vom 5.7. zahlreiche Monatsrekorde, Dekadenrekorde (an 80 Stationen), einzelne Allzeitrekorde, 95 Stationen mit einer Tropennacht
13.-15. Okt 2015	ungewöhnlich tiefe Temperaturmaxima für die 2. Oktoberdekade Schneefall regional bis in die Niederungen durch Hoch Oldenburgia (über Nordosteuropa) und Tief Steffan (über Italien) sehr tiefe Temperaturmaxima (14.10.): 5,3°C Frankfurt/Main-Westend 3,7°C Essen-Bredeney 5,2°C Köln-Bonn 4,3°C Gießen/Wettenberg 1,3°C Gera-Leumnitz 1,4°C Hof Schneefälle bis in die Niederungen von Thüringen und Sachsen 12 cm Lichtentanne Verkehrsbehinderungen durch ungewöhnlich hohe Neuschneemengen für Mitte Oktober, winterliche Witterungsverhältnissen dadurch Straßen gesperrt, wegen Astbruchs, da Bäume noch belaubt waren und der Schneelast nicht standhielten, zahlreiche Verkehrsunfälle auf schneeglatten Fahrbahnen
Dez 2015	wärmster Dezember seit Aufzeichnungsbeginn 1881 6,5°C Durchschnittstemperatur +5,7 K Abweichung vom vieljährigen Mittel 1961-1990 sehr sonnenscheinreich im Süden gebietsweise deutlich zu trocken

Zeitraum	Ereignisbeschreibung
27.-31. Mai 2016	<p>Unwetterserie in Deutschland, teils 40 cm hohe Hagelschichten, Überflutungen, Sturzfluten, Blitzschäden, teils über 100 mm Niederschlag in 24 Stunden in einigen Gemeinden im Norden von Baden-Württemberg durch Tief Elvira</p> <p>Niederschlagshöhe (29.5.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>122 mm Gundelsheim</li> <li>105 mm Langenburg-Atzenrod</li> <li>101 mm Wilhelmsfeld</li> <li>84 mm Bullay (Kläranlage)</li> <li>40 cm Hagelschicht in Wiesbaden-Kloppenheim</li> </ul> <p>4 Tote, mehrere Verletzte, ganze Ortschaften wurden geflutet, wie z. B. Braunsbach bei Heilbronn, Hagel vernichtete teils Wein- und Obstkulturen, hohe materielle Schäden an Häusern und Fahrzeugen</p>
1.-8. Jun 2016	<p>Fortsetzung der Unwetterserie in Deutschland, bis 4 cm große Hagelkörner, Überflutung von Simbach/Inn (1.6.), Blitzschlag in Adenau (3.6.), Tornado am 5.6. bei Jübek in Schleswig-Holstein, am 7.6. in Hamburg</p> <p>Niederschlagshöhe (1.6.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>120 mm Hamminkeln-Mühlenrodt</li> <li>111 mm Xanten</li> <li>98 mm Wesel-Flüren</li> </ul> <p>7 Tote in Simbach/Inn, rund 80 Verletzte durch Blitzschlag bei Rock am Ring (Adenau), hohe materielle Schäden in der Infrastruktur, ganze Ortschaften wurden überflutet, am stärksten Betroffen Simbach/Inn (Bayern)</p>
3. Dekade Aug 2016	<p>extreme Hitze im Spätsommer durch Hoch Gerd, Hoch Harald und Tief Kitty</p> <p>etliche Dekadenrekorde wurden gebrochen</p> <p>70 neue Dekadenrekorde (27.8.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>37,9°C Saarbrücken-Burbach</li> <li>36,4°C Trier-Petrisberg</li> <li>36,0°C Bad Mergentheim-Neunkirchen</li> <li>35,3°C Mannheim</li> <li>35,3°C Frankfurt/Flughafen</li> </ul>
12./13. Sep 2016	<p>wärmster September zusammen mit Sep 2006, enorme Hitze, 146 DWD-Stationen meldeten einen neuen Temperaturrekord für Monat September durch Hoch Lukas und Hoch Karl</p> <p>16,9°C Durchschnittstemperatur</p> <p>+3,6 K Temperaturabweichung</p> <p>Temperaturmaximum (13.9.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>34,4°C Bemburg/Saale (Nord)</li> <li>34,2°C Trier-Petrisberg</li> <li>33,9°C Heinsberg-Schleiden</li> </ul>

## Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AO	Arctic Oscillation
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
CPC	Climate Prediction Center
DKK	Deutsches Klima-Konsortium
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECA&D	European Climate Assessment & Dataset
EM	European-Modell
ENSO	El Niño und die Southern Oscillation
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GCOS	Global Climate Observing System
GME	Globalmodell
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
ICON	ICOsahedral Nonhydrostatic model
KMZ	Kurz- und Mittelstreckenzugvögel
KSB	Klimastatusbericht
LZ	Langstreckenzugvögel
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
QBO	Quasi-Biennial-Oszillation
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
UTC	Universal Time Coordinated
VA	Zugvogelarten
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie

## Autorenverzeichnis

Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dwd.de
Ernst, Stephan	Aschbergstraße 24 08248 Klingenthal	ernst-klingenthal@t-online.de
Fleckenstein, Rainer	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Rainer.Fleckenstein@dwd.de
Fildebrandt, Jens	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Jens.Fildebrandt@dwd.de
Friedel, Werner	Weischlitzer Straße 4 08606 Oelsnitz, OT Taltitz	friedel-taltitz@t-online.de
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Gerber, Marie	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Marie.Gerber@dwd.de
Haeseler, Susanne	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Susanne.Haeseler@dwd.de
Imbery, Florian	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Florian.Imbery@dwd.de
Kósa-Rieß, Simone	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Simone.Kosa-Riess@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Mächel, Hermann	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hermann.Maechel@dwd.de
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de

Polte-Rudolf, Christine	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Christine.Polte-Rudolf@dwd.de
Radtke, Jule (DWD-Praktikantin)		
Schmitt, Hans Helmut	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Wegener, Mareen	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Mareen.Wegener@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de



