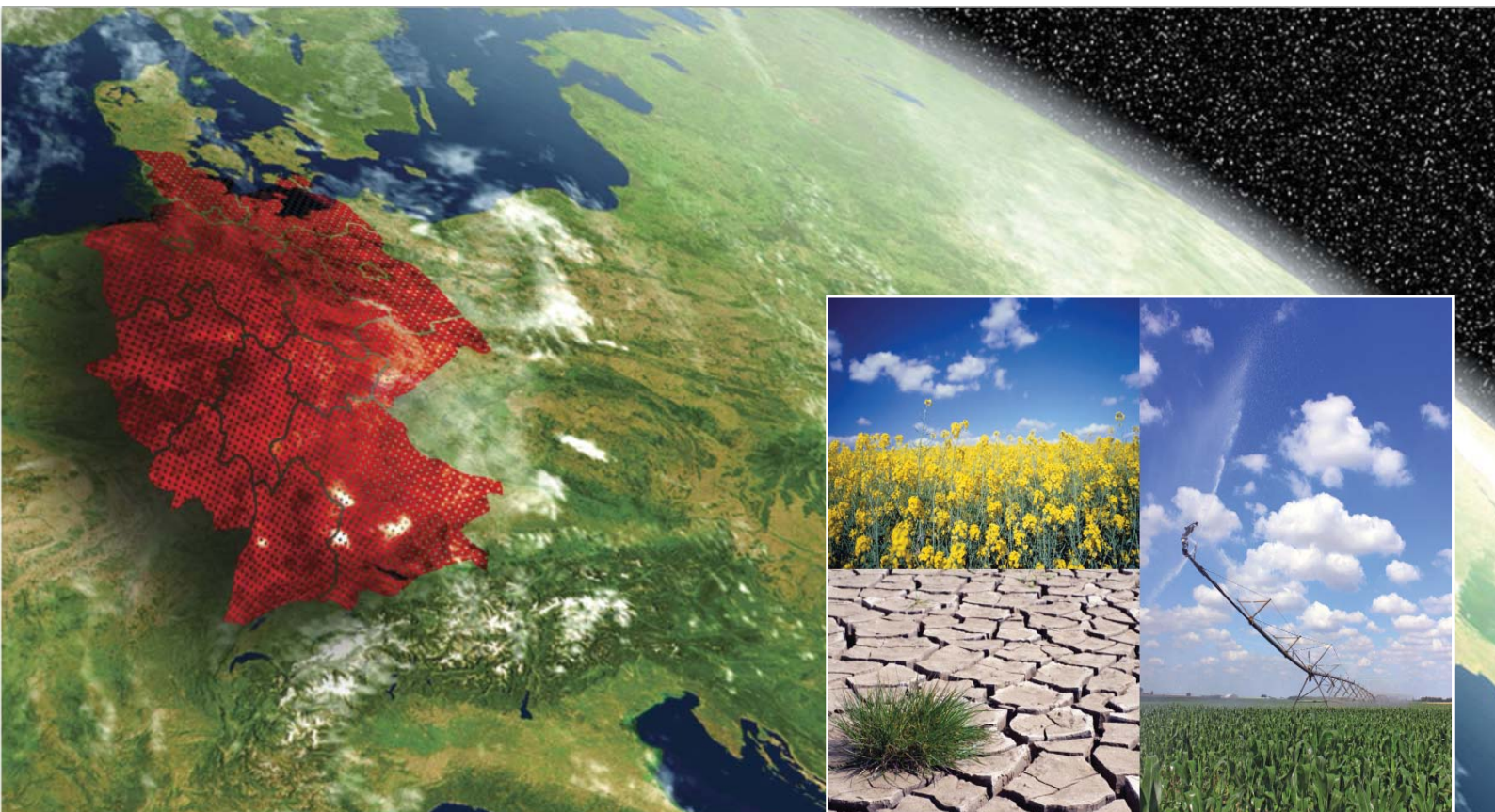


Klimastatusbericht *2013*



- **Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitoring**
- **Bodenwasserhaushalt**
- **Dürreindex**
- **Pollenflug in naher und ferner Zukunft**

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

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

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

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Urheberrecht

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

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

auch im Jahr 2013 wurden zu Ostern - wie schon im Jahr davor - fast deutschlandweit geringere Temperaturen als im gleichen Jahr zu Weihnachten gemessen. Im Jahr 2013 zeigte sich dazu über die Ostertage (Anfang April) im Nordosten eine fast geschlossene Schneedecke, während ab Mitte Dezember 2013 eine südwestliche Strömung Tauwetter auch in die Mittelgebirge brachte. Eine ausgesprochen niederschlagsreiche Witterungsperiode fiel auf den Monatswechsel Mai/Juni, in dessen Folge es zu folgenschweren Hochwasserereignissen an Donau und Elbe kam. Die Orkantiefs Christian (Oktober) und Xaver (Dezember) führten zu hohen Windgeschwindigkeiten im ausgehenden Jahr. Besonders Xaver wird sicherlich mit den drei aufeinanderfolgenden Sturmfluten in Erinnerung bleiben. Weitere Ergebnisse des Klimamonitorings, der Agrarmeteorologie, der Ozonbeobachtungen sowie ein Rückblick auf das Klima in Europa und in der Welt finden Sie wie gewohnt in den „Gelben Seiten“.

Neben dem Standardteil werden auch in diesem Klimastatusbericht wieder verschiedene Sonderthemen beleuchtet. Dazu zählen in diesem Jahr Berichte über die zu erwartenden Veränderungen im Pollenflug in Folge des Klimawandels, einen im Weltniederschlagszentrum des DWD entwickelten global anwendbaren Dürreindex und die agrarmeteorologische Charakteristik des Bodenwasserhaushalts an einem ausgewählten Standort.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen des vorliegenden Berichts.

Ihr

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'K.-J. Schreiber'.

Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Die Witterung in Deutschland 2013	5
Extremwertkarte	17
Das Strahlungsjahr 2013	18
Das Klima in den deutschen Küstengebieten 2013	19
Objektive Wetterlagenklassen 2013	23
Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2013	30
Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre	44
Ozon in der Stratosphäre	49
Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2013	52
Das Jahr 2013 im globalen Überblick	79
Agrarmeteorologische Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes am Standort Bernburg-Strenzfeld	82
Ein global anwendbarer Dürreindex des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN)	88
Der Pollenflug in naher und ferner Zukunft in Deutschland	96
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	98
Autorenverzeichnis	99

Die Witterung in Deutschland 2013

K. Friedrich, T. Deutschländer

Mit einer mittleren Temperatur von 8,7°C war das Jahr 2013 im Vergleich zur international gültigen Klimareferenzperiode 1961-1990 mit einer Abweichung von +0,5 K etwas zu warm (Abb. 2). Trotzdem war es das 2.-kälteste Jahr in Deutschland seit 1996. Allerdings waren die Jahre 1996 mit 7,2°C und 2010 mit 7,8°C deutlich kälter als das vergangene Jahr. In der bis 1881 zurückreichenden Temperaturzeitreihe ordnet es sich als 40.-wärmstes Jahr noch im oberen Drittel ein, wenngleich auch nur recht knapp. Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts war es ebenfalls das 40.-wärmste Jahr und fällt damit in den oberen Bereich des mittleren Drittels der Zeitreihe. Insgesamt waren 8 Monate des Jahres zu warm und nur 3 zu kalt, während der September exakt den Referenzwert traf. Dabei traten die zu kalten Monate alle in der ersten Jahreshälfte auf.

Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr als Ganzes gesehen ausgesprochen durchschnittlich: Mit 778,7 mm erreichte es 98,7 % (1961-1990) der vieljährigen Mittelwerte und war damit im Vergleich zur Bezugsperiode um -10,3 mm trockener als normal. Als 66.-nassestes oder 68.-trockenstes Jahr seit 1881 und als 51.-nassestes oder 63.-trockenstes seit 1901 ordnet es sich dementsprechend auch jeweils fast genau in der Mitte der Klimazeitreihen ein. Bei den Einzelmonaten sah es dagegen deutlich anders aus. Hier brachten insgesamt 7 Monate Abweichungen von mehr als 30 % gegenüber 1961-1990. Zu trocken waren März, April, Juli und Dezember, zu feucht September, Oktober und vor allem der Mai mit 180,3 % vom vieljährigen Niederschlagsmittel.

Beim Sonnenschein sieht es grundsätzlich ähnlich aus wie für den Niederschlag. Insgesamt brachte das Jahr 2013 im Deutschlandmittel 1507,6 Sonnenstunden und somit etwas weniger Sonnenschein als im vieljährigen Vergleich. Das Defizit betrug -20,8 Stunden oder -1,4 % gegenüber der internationalen Referenzperiode 1961-1990. Damit ordnet sich das Jahr als immerhin 15.-sonnenscheinärmstes Jahr seit 1951 im unteren Drittel der für diesen Parameter vorliegenden Klimazeitreihe ein. Die Differenz zum bisherigen Minimum von 1350 Stunden aus dem Jahr 1987 (157,6 Stunden) ist aber dennoch erheblich größer als zu den vieljährigen Mittelwerten. Für die meteorologischen Jahreszeiten ergaben sich dagegen recht deutliche Abweichungen vom Normalwert, insbesondere für die beiden Hauptjahreszeiten. Der Winter 2012/2013 war mit einem Sonnenscheindesizit von 40,9 % gegenüber 1961-1990 sogar der trübste seit Beginn der Aufzeichnungen 1951, der Sommer 2013 brachte demgegenüber ein Plus von 121,4 Stunden oder 20,1 % und war somit der 6.-sonnenscheinreichste seit 1951. Da neben dem Winter auch Frühling und Herbst ein Defizit von rund -60 Stunden (etwa -13 % und damit 5.-sonnenscheinärmster Frühling) bzw. -40 Stunden (ebenfalls etwa -13 % und damit 13.-sonnenscheinärmster Herbst) brachten, wurde der große Sonnenscheinüberschuss vom Sommer im restlichen Jahresverlauf vollständig wieder ausgeglichen. Bei Betrachtung der Einzelmonate zeigt sich, dass insgesamt 5 Monate einen Überschuss gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 brachten (März, Juni, Juli, August und Dezember), wohingegen die anderen 7 Monate zu trüb ausfielen.

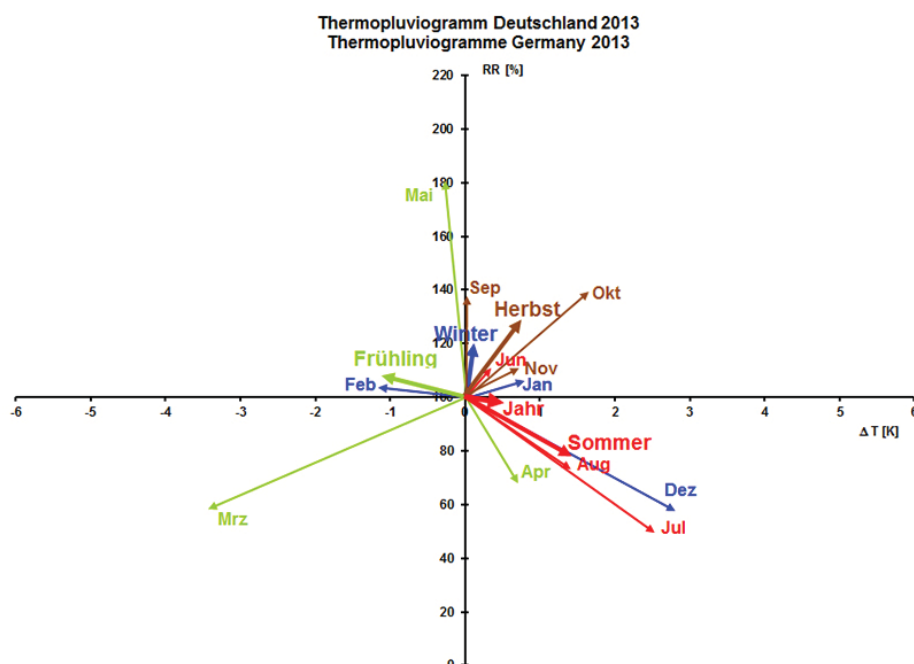


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2013 (Bezugszeitraum 1961-1990)

Das Thermopluviogramm (Abb. 1) zeigt Abweichungen der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe vom klimatologischen Mittel für die Einzelmonate, die Jahreszeiten und das Jahr 2013 zum Referenzzeitraum 1961-1990. Die zugrundeliegenden Werte sind Flächenmittel für die Bundesrepublik Deutschland. Der Ursprung des Diagramms repräsentiert jeweils den klimatologischen Mittelwert für die einzelnen Monate, Jahreszeiten und das Jahr. Die Abszisse stellt die Temperaturabweichungen der aktuellen Flächenmittel vom klimatologischen Flächenwert dar und ist linear in Kelvin [K] unterteilt. Die Ordinate zeigt den Anteil des aktuellen 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 Abbildung wird deutlich, wie warm und trocken der Sommer 2013 war und wie kalt der Frühling, was vor allem dem kalten März zuzuordnen ist.

Der Verlauf der Witterung

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Der **Januar** begann stürmisch, regenreich und mild. Zu Beginn der zweiten Monatsdekade stellte sich landesweit Dauerfrost mit Schneefall und Eisregen ein. Der Januar endete so wie er begann. Insgesamt fiel er etwas zu mild und zu nass aus. In Bezug auf die Summe der Sonnenscheinstunden erreichte der Monat Januar die bisher geringste Anzahl von Sonnenscheinstunden für die Zeitreihe seit 1951.

Regen, Sturm und milde Temperaturen prägten die ersten Tage des **Februars**. Dann fielen die Temperaturen und der Niederschlag ging in Schnee über. Ab dem Ende der ersten Monatsdekade ließ der Niederschlag nach und die Temperaturen blieben meist unter den langjährigen Mittelwert. Die Sonne zeigt sich selten und auch in diesem Monat wurde die geringste Sonnenscheindauer für den Monat seit 1951 beobachtet. Nur im Nordosten war der Monat wärmer als normal. Während der Westen zu trocken ausfiel, war es im Osten vom Alpenvorland bis zur Ostseeküste zu nass. Insgesamt war der Monat zu kalt, etwas zu trocken und sonnenscheinarm.

Der **Winter** (Abb. 3) war der sonnenscheinärmste Winter seit 1951. In zwei Monaten wurde sogar die bisher geringste Sonnenscheindauer beobachtet. Der Dezember und der Januar waren etwas wärmer als normal, der Februar recht kalt, so dass die mittlere Temperatur der Jahreszeit etwa dem Durchschnittswert entsprach. Auf Grund der hohen Niederschläge im Dezember 2012 fiel der Winter zu nass aus. Insgesamt war es eine zu nasse, zu trübe aber von den Temperaturen ausgeglichene Jahreszeit.

Nach einem kurzen kalten Start in den **März**, stellten sich bis zum Ende der ersten Monatsdekade sehr mild Temperaturen ein. Im weiteren Monatsverlauf breiteten sich kalte Luftmassen von Nordosten über die gesamte Landesfläche aus und ließen die Temperaturen nur noch selten über das langjährige Mittel steigen. Zu Ostern (Ostersonntag, 31. März) gab es im Nordosten eine geschlossene Schneedecke. Die Niederschlagsmenge blieb fast überall deutlich unter dem Durchschnitt. Südlich der Mainlinie wurde das Sonnenscheinstundensoll nicht erreicht, während weiter nördlich das Soll deutlich überschritten wurde. Der Monat war sehr kalt, recht trocken und leicht überdurchschnittlich sonnenscheinreich.

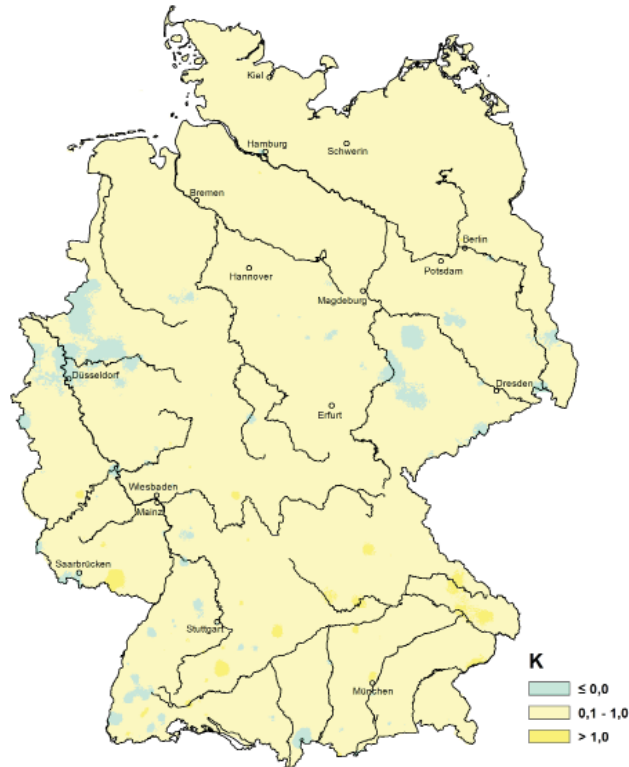
Die unterdurchschnittlichen Temperaturen des Vormonats reichten im **April** bis zum Ende der ersten Monatsdekade. Es folgten sehr milde Tage mit einem Kaltlufteinbruch zum Ende der zweiten Monatsdekade und zum Monatsende. Beim Wechsel der Luftmassen zum Ende der ersten Monatsdekade wurde der meiste Niederschlag beobachtet. Der Monat war zu trocken, etwas zu sonnenscheinarm und etwas wärmer als normal.

In der ersten Monatsdekade des Monats **Mai** lagen die Temperaturen meist über dem langjährigen Mittel. Im Monatsverlauf eintretende Tiefdruckaktivität brachte Starkniederschläge und Dauerregen. In der Folge kam es über großen Teilen Deutschlands zu extrem hoher Bodenfeuchte. Die Temperaturen lagen vor allem im Südwesten deutlich unter den Mittelwerten, im Nordosten leicht darüber. Der Monat war etwas zu kühl, deutlich zu nass und extrem sonnenscheinarm und damit alles andere als ein Wonnemonat.

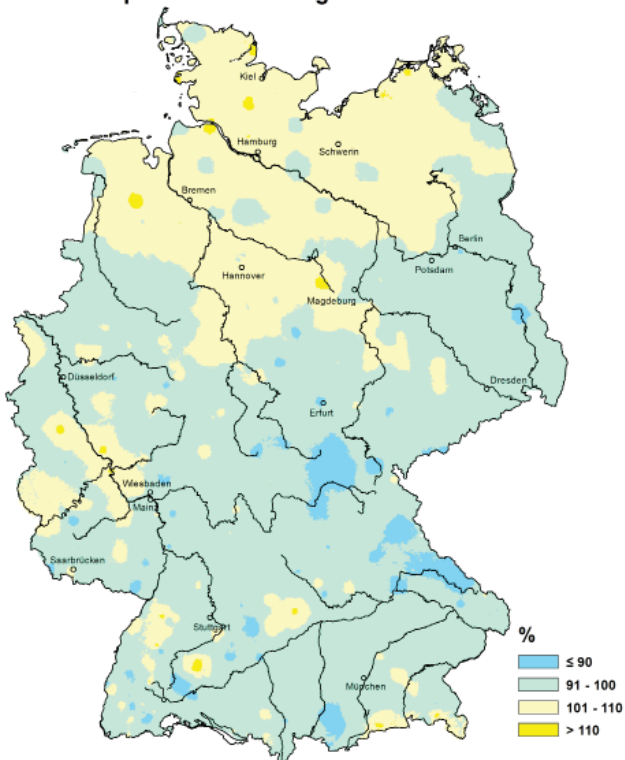
Der **Frühling** (Abb. 4) fiel auf Grund des kalten Monats März auch insgesamt zu kalt aus. Besonders zu den Vorjahren stellte der Frühling damit einen starken Kontrast her. Die niedrigen Temperaturen hatten einen großen Einfluss auf die Vegetation. Zur Mitte der Jahreszeit betrug der Vegetationsrückstand etwa 3 Wochen. Die vielen Niederschläge im Mai konnten das Niederschlagsdefizit der Vormonate ausgleichen. Ein deutlich zu trüber Mai führte auch insgesamt zu einer sonnenscheinarmen Jahreszeit. Der Frühling war zu kalt, etwas zu trocken und sehr trüb.

Sich in den ersten Tagen des Monats **Juni** fortsetzende Niederschläge im Süden und Südosten führten zu folgenschweren Hochwasserereignissen an Donau und Elbe. In der dritten Juniwoche kam es zu einer kurzen, aber für den frühen Zeitpunkt im Sommer sehr intensiven Hitzeperiode. Trotz des wechselhaften Witterungsverlaufs zeigte sich der Monat etwas wärmer, nasser und sonnenscheinreicher als normal.

**Temperaturabweichung Jahr 2013
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Year 2013**



**Sonnenscheindauer Jahr 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Year 2013
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Jahr 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Year 2013
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

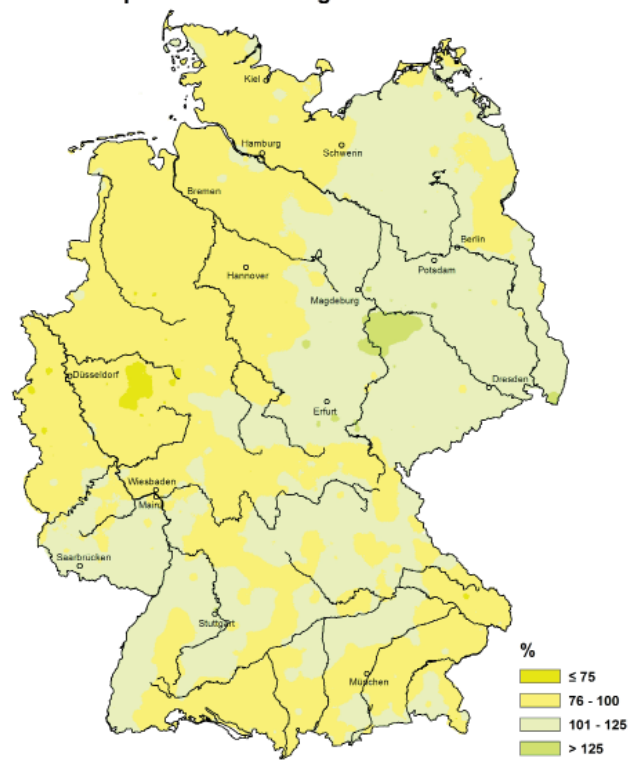
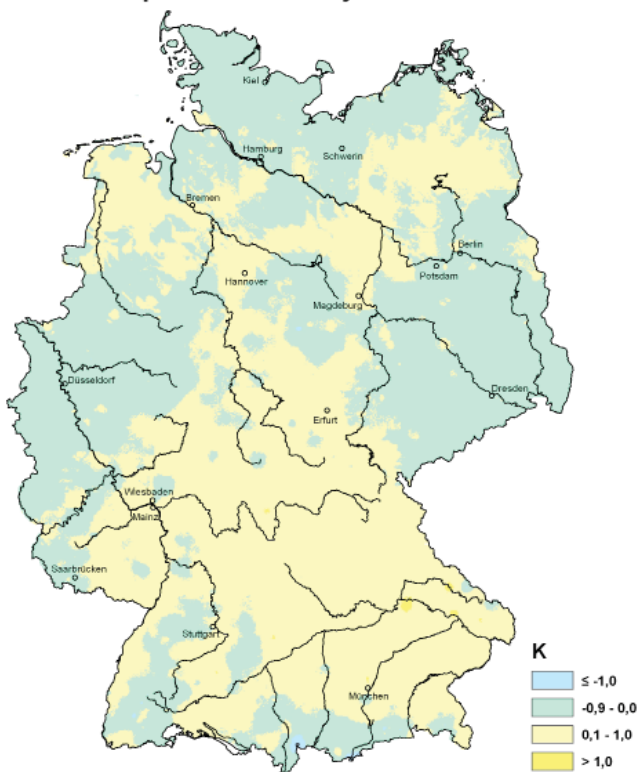
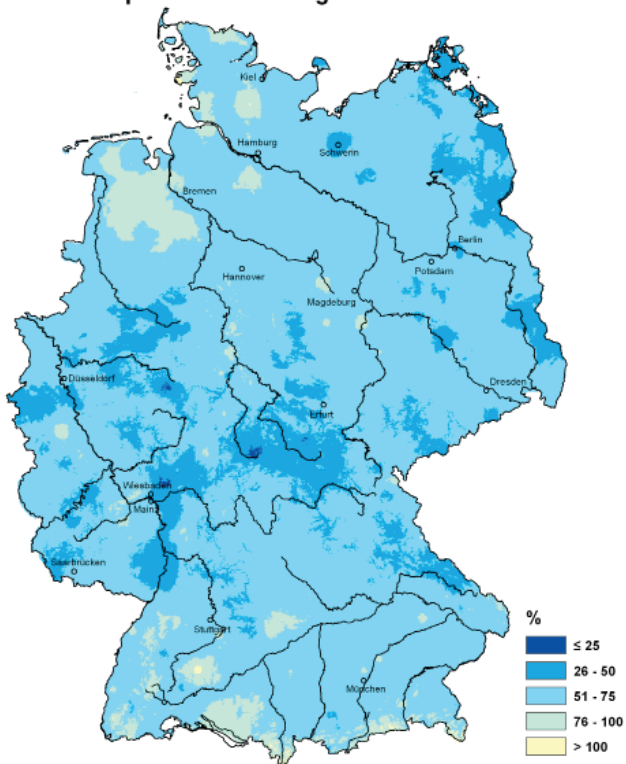


Abb. 2: Jahresabweichung 2013 vom vieljährigen Mittel 1961-1990

**Temperaturabweichung Winter 2012/13
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Winter 2012/13**



**Sonnenscheindauer Winter 2012/13
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Winter 2012/13
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Winter 2012/13
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Winter 2012/13
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

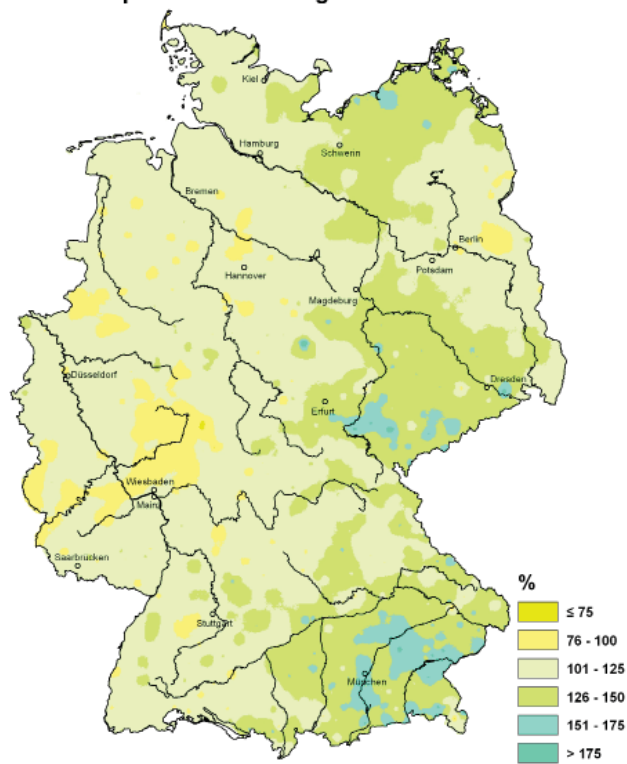
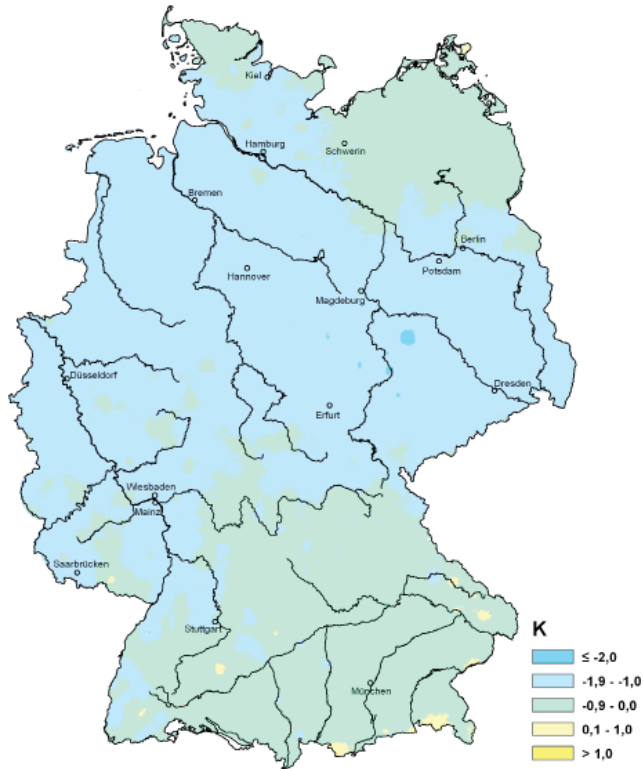
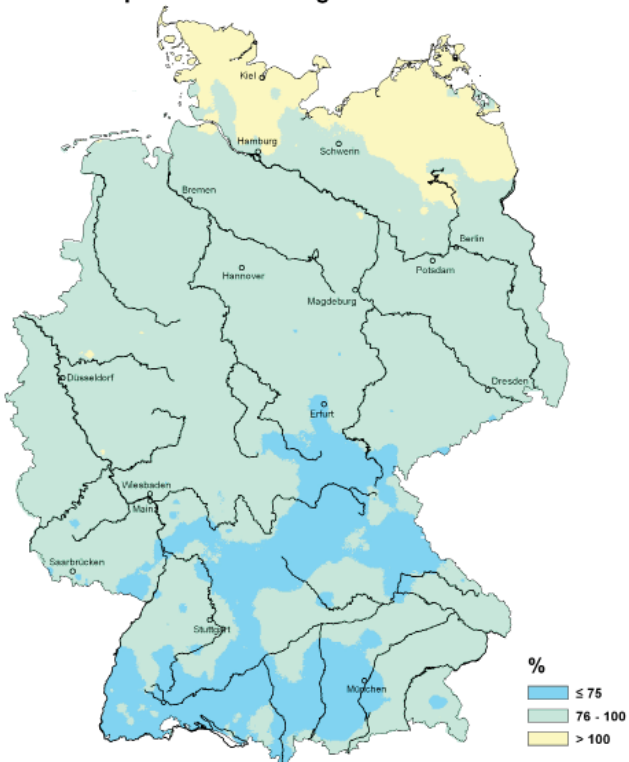


Abb. 3: Abweichung der Jahreszeit Winter des vieljährigen Mittel 1961-1990

**Temperaturabweichung Frühling 2013
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Spring 2013**



**Sonnenscheindauer Frühling 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Spring 2013
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Frühling 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Spring 2013
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

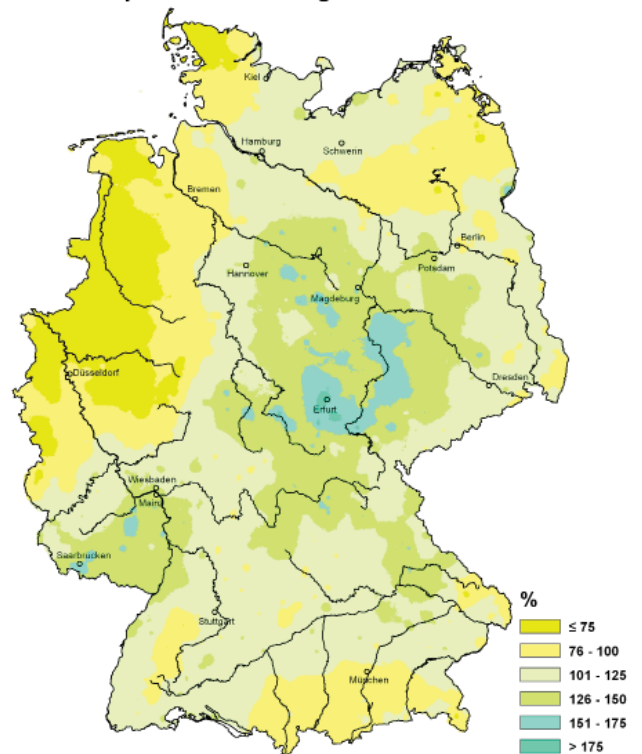


Abb. 4: Abweichung der Jahreszeit Frühling des vieljährigen Mittel 1961-1990

Der Monat **Juli** war sehr warm, trocken und sonnenscheinreich. Ab der dritten Monatsdekade stellten sich hochsommerliche Temperaturen ein. Gewitter mit Hagel brachten am Monatsende eine Abkühlung, Neue Monatsrekorde bezüglich Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer wurden zwar nicht aufgestellt, aber alle drei Parameter erreichten Spitzenwerte. Bezüglich Sonnenstunden war nur der Juli 2006 sonnenscheinreicher.

Die erste Monatsdekade des Monats **August** war durch eine Hitzewelle geprägt. Danach folgte ein recht wechselhafter Witterungsverlauf mit sonnigen, trockenen und warmen Phasen, allerdings mit Niederschlägen im Süden. Auch der August war wärmer, trockener und sonnenscheinreicher als normal, aber nicht mit der Ausprägung wie im Vormonat.

Temperatur und Sonnenscheindauer lagen im **Sommer** (Abb. 5) deutlich über den langjährigen Mittelwerten, die Niederschlagssummen deutlich darunter. Insgesamt war es ein Sommer mit einem hohen Freizeitwert.

In der Mitte der ersten Monatsdekade war der **September** sehr warm. Danach zeigt sich die Witterung sehr wechselhaft, verbunden mit vielen Niederschlägen. Erst zum Monatsende war der Monat trocken und sonnenscheinreich, allerdings lagen die Temperaturen unter dem langjährigen Mittel. Die mittlere Monatstemperatur entsprach genau dem Wert des langjährigen Mittels. Sonst war der Monat nasser und sonnenscheinärmer als normal.

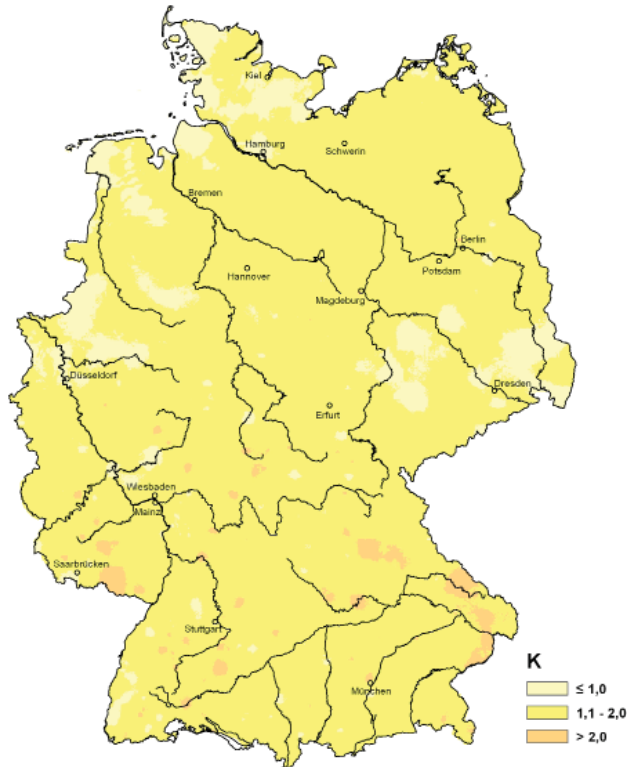
Der **Oktober** startete sonnenscheinreich und kühl. Ein erster Wintereinbruch zu Beginn der zweiten Monatsdekade brachte am Alpenrand Schnee. Danach folgte ab der Monatsmitte eine wechselhafte und niederschlagsreiche Witterungsphase, mit milden Temperaturen. Das Orkantief „Christian“ brachte zum Monatsende besonders im Norden sehr hohe Windgeschwindigkeiten und große Schäden. Der Monat war insgesamt wärmer, nasser, aber etwas trüber als normal.

In der ersten Monatsdekade des Monats **November** wurde die Witterung von Tiefdruckgebieten mit milden Temperaturen und kräftigen Niederschlägen dominiert. Danach stellte sich Hochdruckeinfluss ein mit Nebel und Hochnebel. In der dritten Monatsdekade wurde teilweise Polarluft herangeführt und es bildete sich eine Schneedecke in den hohen Lagen der Mittelgebirge und in den Alpen. Der Monat war etwas zu mild, zu nass und sonnenscheinarm.

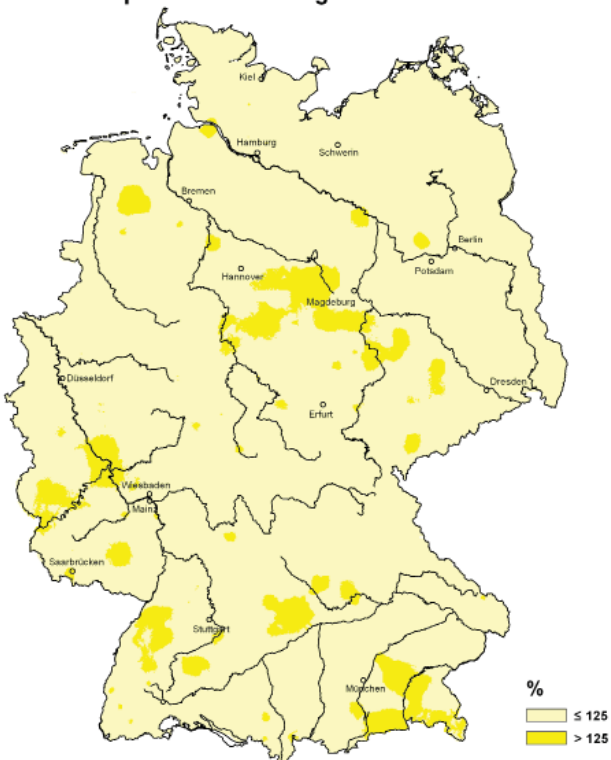
Der **Herbst** (Abb. 6) war mild, sonnenscheinarm und niederschlagsreich. Alle drei Herbstmonate waren durch ein Niederschlagsüberschuss und ein Sonnenscheindefizit geprägt. Als besonderes Witterungsereignis bleibt da Orkantief „Christiane“ in Erinnerung.

Im **Dezember** brachte das Orkantief „Xaver“ eine schwere Sturmflut an der Nordseeküste und hohe Windgeschwindigkeiten bis in die Mitte Deutschlands. Anschließend gab es einen kurzen Wintereinbruch bis in tiefe Lagen. Ab der zweiten Monatshälfte stellte sich eine südwestliche Strömung mit stürmisch-mildem Weihnachtswetter ein. Der Monat war deutlich zu warm, zu trocken und sonnenscheinreich.

**Temperaturabweichung Sommer 2013
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Summer 2013**



**Sonnenscheindauer Sommer 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Summer 2013
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Sommer 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Summer 2013
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

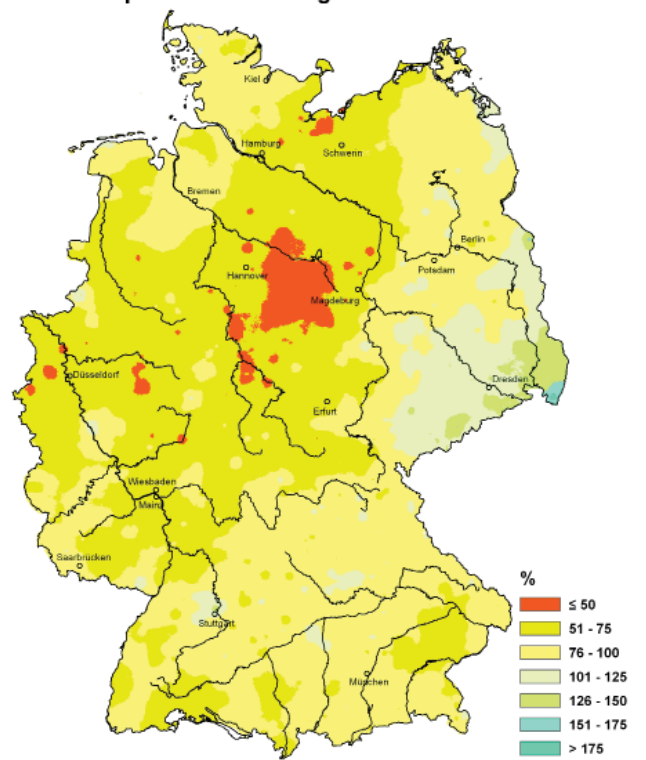
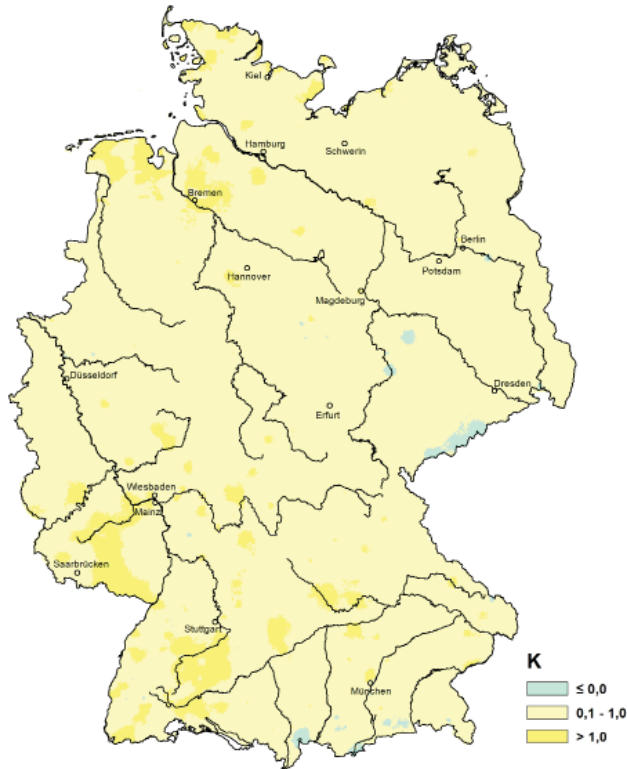
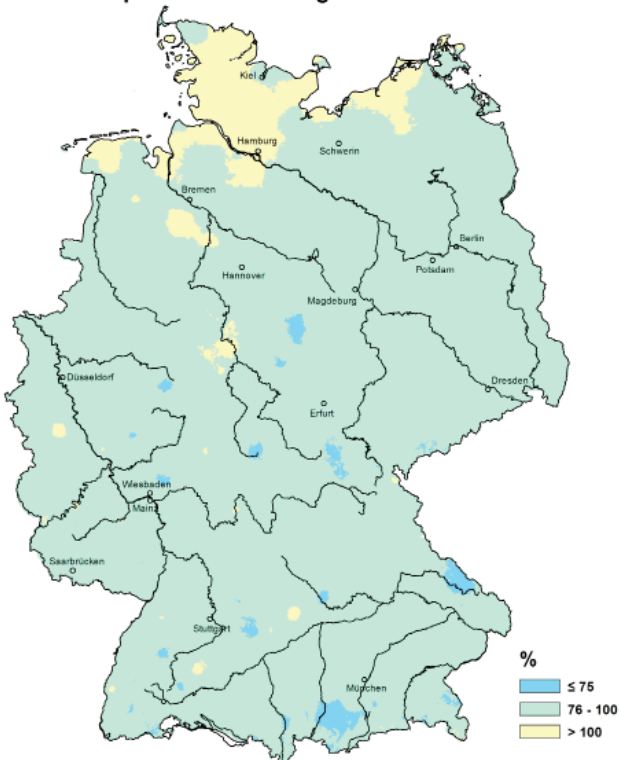


Abb. 5: Abweichung der Jahreszeit Sommer des vieljährigen Mittel 1961-1990

**Temperaturabweichung Herbst 2013
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Autumn 2013**



**Sonnenscheindauer Herbst 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Autumn 2013
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Herbst 2013
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Autumn 2013
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

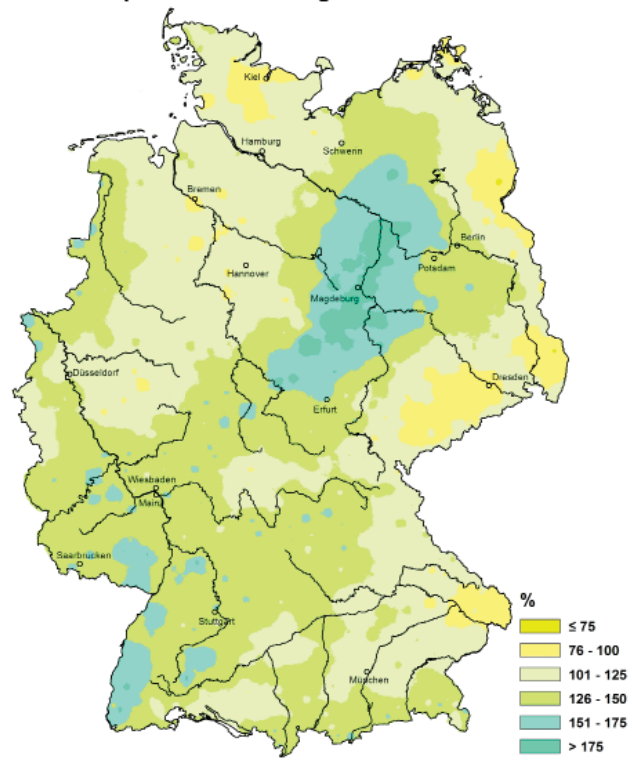


Abb. 6: Abweichung der Jahreszeit Herbst des vieljährigen Mittel 1961-1990

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

Bei den Tagen mit klimatischen Besonderheiten spiegeln sich einige Charakteristika des Jahres wieder. So ist aufgrund der Verlängerung des Winters, ab der zweiten Märzhälfte bis Anfang April, die Zahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0°C) und der Eistage (Temperaturmaximum unter 0°C) in den meisten Bundesländern größer als in der Bezugsperiode 1961-90. Der heiße Sommer führte dazu, dass besonders viele heiße Tage (Temperaturmaximum mindestens 30°C) beobachtet wurden. In vielen Bundesländern konnten mehr als doppelt so viele heiße Tage beobachtet werden, als in der Referenzperiode 1961-1990.

In Bayern waren es sogar 3,5-mal mehr heiße Tage. Die Zahl der Sommertage (Temperaturmaximum mindestens 25°C) liegt etwas über der Referenzperiode, zeigt aber nicht die starke Abweichung wie bei den heißen Tagen.

Die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 10 mm lag meist um oder über dem langjährigen Mittelwert. Die Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 20 oder 30 mm war in Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen deutlich über dem langjährigen Mittel. Besonders in den Monaten Mai und Juni wurden viele Tage mit Überschreitung dieser Schwellenwerte beobachtet. Dies ist im Zusammenhang mit den langanhaltenden Niederschlägen zum Monatswechsel Mai-Juni zu sehen. Bei den sommerlichen Hagelereignissen fallen die Bundesländer Baden-Württemberg, Sachsen-Anhalt und Thüringen mit einer mehr als doppelt so hohen Anzahl auf. Bei der Zahl der Schneedeckentage zeigt sich wieder der relativ lange Winter. Gerade in den nordöstlichen Bundesländern wurden im März viele Schneedeckentage beobachtet.

Land	Eistage (Maximum unter 0 °C)		Frosttage (Minimum unter 0 °C)		Sommertage (Maximum mind. 25 °C)		Heiße Tage (Maximum mind. 30 °C)		Tage mit mind. 10 mm Niederschlag		Tage mit mind. 20 mm Niederschlag		Tage mit mind. 30 mm Niederschlag		Tage mit Hagel (Mai-September)		Tage mit einer Schneedecke	
	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90	2013 (Tage)	Proz. von 1961-90
Hamburg	18,3	89,4	86,7	123,0	30,2	142,2	6,6	214,4	23,0	126,0	5,8	186,8	1,0	155,7	1,0	166,3	40,2	130,6
Bremen	19,0	105,5	83,5	121,0	25,6	124,9	5,5	195,1	15,5	93,2	3,5	119,5	0,8	114,6	0,0	2,6	31,3	116,1
Berlin	24,7	101,5	86,7	107,1	46,9	130,5	10,2	145,0	12,9	109,6	4,1	173,2	1,7	259,5	1,7	163,9	59,3	158,2
Schleswig-Holstein	21,1	99,9	87,3	114,8	21,7	144,3	3,0	192,9	22,5	109,2	4,0	110,9	1,0	126,2	0,8	146,7	44,1	131,8
Niedersachsen	21,7	105,8	86,8	115,5	31,2	139,6	7,9	244,6	16,1	89,3	3,9	117,9	0,9	121,7	0,7	96,2	37,3	116,3
Nordrhein-Westfalen	22,4	130,7	82,3	116,9	35,3	141,2	9,5	236,4	17,5	73,5	4,0	79,0	0,7	51,8	0,3	33,7	36,6	117,9
Rheinland-Pfalz	24,9	115,0	93,5	110,8	39,5	136,5	10,6	211,9	21,9	98,6	4,8	101,2	1,5	113,2	0,9	124,2	38,7	103,2
Saarland	21,5	112,8	93,9	117,0	42,1	141,1	11,1	231,6	28,1	97,9	6,7	96,5	2,0	97,2	0,0	1,6	36,5	121,5
Baden-Württemberg	28,4	105,8	106,5	104,9	43,9	141,3	12,8	269,1	30,5	101,5	9,4	115,3	3,1	115,8	2,9	263,8	53,8	91,8
Hessen	29,5	115,2	98,0	109,1	40,1	144,6	10,9	247,8	21,6	101,2	4,8	104,3	1,3	105,1	0,7	86,6	46,4	105,4
Bayern	35,2	102,1	112,5	98,9	41,5	140,7	14,1	361,3	26,1	92,4	8,6	113,5	3,0	118,6	1,2	108,3	63,8	89,9
Mecklenburg-Vorpommern	23,2	88,2	90,1	109,6	26,4	133,7	5,7	217,8	15,8	124,5	2,9	125,4	0,3	58,1	0,2	29,0	58,5	145,3
Brandenburg	26,7	102,7	96,5	111,0	45,7	132,1	10,5	162,4	13,6	115,7	4,1	176,3	1,3	206,9	1,2	149,7	57,0	146,1
Sachsen-Anhalt	28,3	114,0	98,8	116,9	44,4	139,4	12,2	212,1	15,0	125,5	4,1	165,4	1,3	180,0	1,4	205,2	57,2	151,0
Sachsen	38,9	122,6	107,0	113,2	38,7	124,1	10,3	187,2	19,5	112,9	7,7	197,8	3,2	261,1	1,3	145,9	68,5	124,1
Thüringen	41,9	123,2	107,5	105,4	35,5	138,7	10,4	271,4	18,7	104,2	6,2	163,7	2,2	201,3	1,7	214,2	67,5	116,9
Deutschland	28,4	108,3	98,3	108,4	37,8	138,4	10,5	247,8	20,7	97,8	5,8	119,1	1,8	124,3	1,1	130,4	52,3	110,7

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

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013	Abw. von 1961-90	2013
Hamburg	1,2	0,7	0,5	-0,7	-0,3	4,2	7,7	0,2	12,7	0,2	15,5	-0,3	19,0	2,1	18,1	1,3	13,5	-0,2	11,4	1,6	5,8	0,6	5,3	3,3	6,7	-1,3	17,5	1,0	10,3	0,7	1,1	-0,1	9,2	0,4
Bremen	1,1	0,2	0,7	-0,7	0,1	-3,8	7,8	0,2	12,2	-0,3	15,3	-0,2	18,9	2,0	18,3	1,6	13,8	0,1	11,6	1,8	6,1	0,9	5,2	3,0	6,7	-1,3	17,5	1,1	10,5	0,9	1,5	0,0	9,3	0,4
Berlin	0,1	0,5	0,3	-0,3	-0,7	4,7	9,1	0,7	14,3	0,6	17,7	0,6	20,9	2,5	19,2	1,4	13,4	-0,7	11,3	1,6	5,5	0,8	4,3	3,1	7,6	-1,1	19,3	1,5	10,0	0,6	0,4	-0,1	9,6	0,5
Schleswig-Holstein	1,1	0,7	0,2	-0,5	-0,5	-3,6	6,7	0,0	12,1	0,6	14,8	-0,2	18,2	1,9	17,6	1,4	13,3	0,1	11,2	1,7	5,8	0,8	5,0	3,2	6,1	-1,0	16,9	1,1	10,1	0,9	0,7	-0,2	8,8	0,5
Niedersachsen	0,8	0,2	0,3	-0,8	-0,2	4,0	7,9	0,4	12,0	-0,3	15,4	0,1	18,9	2,2	18,1	1,5	13,5	0,1	11,4	1,8	5,6	0,6	5,0	3,2	6,6	-1,3	17,5	1,3	10,2	0,8	1,2	0,0	9,1	0,4
Nordrhein-Westfalen	1,1	-0,1	0,2	-1,6	1,0	-3,5	8,4	0,5	11,5	-0,9	15,5	0,1	19,2	2,3	18,1	1,4	13,8	0,1	11,5	1,7	5,3	0,2	4,9	2,7	7,0	-1,2	17,6	1,3	10,2	0,7	1,6	-0,2	9,2	0,3
Rheinland-Pfalz	0,7	0,4	-0,5	-1,6	1,3	-2,8	8,5	0,7	11,1	-1,1	15,7	0,3	20,0	2,9	17,9	1,3	13,8	0,3	11,0	1,8	4,6	0,5	3,7	2,4	7,0	-1,1	17,9	1,5	9,8	0,9	1,0	0,1	9,0	0,4
Saarland	0,8	0,3	-0,4	-1,9	2,0	-2,7	8,7	0,5	11,0	-1,5	16,1	0,4	20,4	2,9	18,1	1,2	13,9	0,2	11,5	2,0	4,8	0,4	3,8	2,2	7,2	-1,2	18,2	1,5	10,1	0,9	1,2	0,0	9,2	0,3
Baden-Württemberg	0,4	1,1	-1,6	-2,0	1,5	-2,1	8,4	1,0	10,6	-1,2	15,6	0,5	19,8	2,8	17,6	1,2	13,7	0,4	10,5	1,7	3,9	0,4	2,3	1,9	6,8	-0,8	17,7	1,5	9,3	0,8	0,2	0,1	8,6	0,5
Hessen	0,2	0,6	-0,7	-1,3	0,3	-3,4	8,3	0,7	11,3	-0,8	15,6	0,4	19,6	2,7	17,8	1,4	13,3	0,1	10,4	1,6	4,3	0,4	3,6	2,8	6,6	-1,1	17,7	1,5	9,3	0,7	0,5	0,2	8,7	0,4
Bayern	-0,4	1,5	-1,9	-1,3	0,7	-2,2	8,1	1,1	11,0	-0,7	15,3	0,4	19,6	2,9	17,5	1,5	12,8	0,0	9,5	1,4	3,5	0,7	1,5	2,1	6,6	-0,6	17,5	1,6	8,6	0,7	-0,6	0,4	8,1	0,6
Mecklenburg-Vorpommern	0,4	1,0	-0,1	-0,1	-1,0	-3,8	7,3	0,6	13,1	1,2	15,8	0,4	19,0	2,2	18,2	1,6	13,0	-0,3	11,0	1,7	5,5	1,0	4,5	3,4	6,5	-0,7	17,7	1,4	9,8	0,8	0,2	0,0	8,9	0,7
Brandenburg	-0,2	0,6	-0,1	-0,3	-1,2	-4,7	8,6	0,7	13,7	0,7	17,0	0,5	20,2	2,3	18,7	1,3	13,2	-0,6	11,0	1,7	5,2	0,8	4,0	3,1	7,1	-1,1	18,6	1,4	9,8	0,6	0,1	-0,1	9,2	0,5
Sachsen-Anhalt	0,2	0,5	-0,4	-0,8	-1,1	-4,8	8,5	0,7	12,8	0,0	16,5	0,4	20,0	2,4	18,6	1,5	13,5	-0,3	11,1	1,7	5,0	0,5	4,4	3,2	6,7	-1,4	18,4	1,4	9,8	0,6	0,4	0,0	9,1	0,4
Sachsen	-1,0	0,2	-1,3	-1,0	-1,5	-4,7	8,2	0,9	12,2	-0,1	15,8	0,2	19,4	2,3	18,0	1,2	12,7	-0,7	10,4	1,4	4,4	0,6	3,4	3,1	6,3	-1,3	17,7	1,2	9,2	0,4	-0,6	-0,3	8,4	0,3
Thüringen	-0,7	0,6	-1,5	-1,1	-1,4	-4,2	7,7	0,8	11,3	-0,4	15,2	0,4	19,1	2,6	17,6	1,6	12,7	-0,1	9,9	1,5	3,8	0,5	3,3	3,3	5,8	-1,3	17,3	1,5	8,8	0,7	-0,4	0,2	8,1	0,5
Deutschland	0,2	0,7	-0,7	-1,1	0,1	-3,4	8,1	0,7	11,8	-0,4	15,7	0,3	19,5	2,5	17,9	1,4	13,3	0,0	10,6	1,6	4,6	0,6	3,6	2,7	6,7	-1,0	17,7	1,4	9,5	0,7	0,3	0,1	8,7	0,5

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

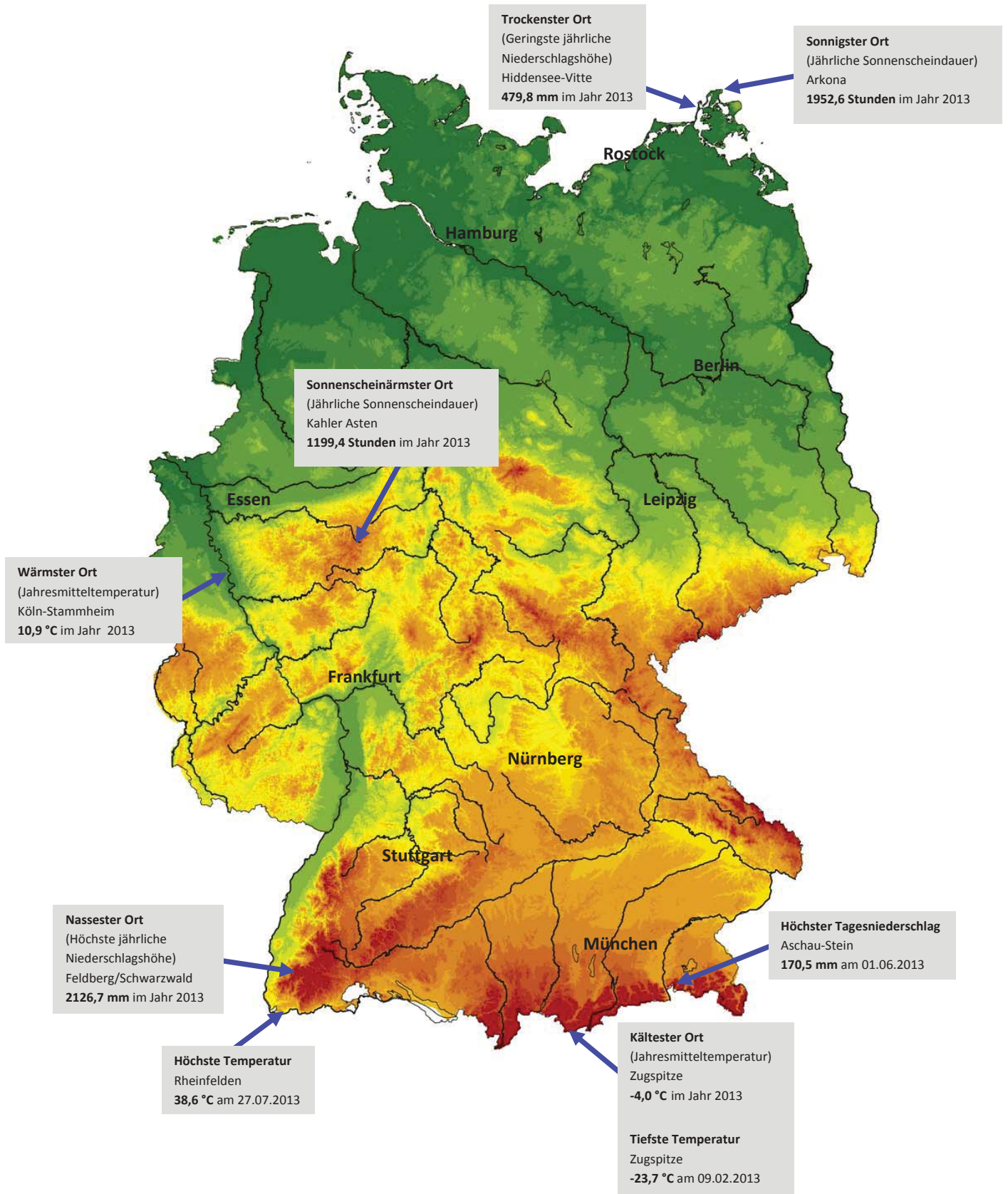
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr		
	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013	Proz. von 1961-90	2013			
Hamburg	73,8	120,4	34,6	83,0	20,3	36,9	27,1	54,6	147,6	253,1	73,8	105,1	36,2	46,9	36,1	51,1	74,0	108,7	77,7	129,7	70,3	104,4	66,4	94,4	195,0	119,6	146,1	67,0	222,0	113,6	193,8	111,2	737,9	98,4	
Bremen	53,9	90,7	37,1	92,4	14,9	29,3	26,8	55,8	102,0	170,5	97,0	132,6	34,7	46,2	43,0	60,8	63,2	102,9	62,3	106,6	74,4	113,3	51,6	80,6	143,7	90,6	174,7	79,8	199,9	107,8	174,8	106,2	660,7	90,9	
Berlin	62,1	146,7	33,5	95,4	28,7	77,9	22,9	56,8	84,6	155,5	71,1	101,7	35,3	66,2	54,2	91,9	64,3	141,1	57,2	163,8	53,3	111,3	39,8	74,6	136,1	103,5	160,6	88,1	174,8	136,2	139,2	106,7	607,0	105,9	
Schleswig-Holstein	77,2	120,1	30,6	73,7	17,0	32,2	22,9	46,7	110,3	206,3	95,5	138,5	36,7	45,8	41,0	56,0	92,9	123,2	88,4	120,6	70,7	84,7	71,6	97,8	150,1	96,8	173,2	77,9	251,9	108,6	208,3	115,8	754,7	95,7	
Niedersachsen	61,1	98,5	39,8	89,9	24,0	43,9	29,5	56,8	116,3	189,8	66,6	87,2	33,5	46,1	43,5	61,9	73,8	122,9	89,4	133,2	81,4	112,3	53,3	76,1	169,9	101,1	143,7	65,5	217,9	119,8	192,0	108,3	685,5	91,9	
Nordrhein-Westfalen	58,3	75,9	50,0	86,9	34,8	48,9	28,6	46,3	92,4	128,5	78,9	93,7	33,4	40,6	39,6	54,3	89,4	133,2	76,8	123,2	81,4	104,1	57,4	65,0	155,8	76,0	152,0	63,4	247,5	119,2	240,6	108,0	720,9	82,4	
Rheinland-Pfalz	45,4	68,1	43,3	75,7	36,3	57,2	58,1	101,7	128,9	183,6	77,3	101,4	33,9	47,1	52,0	74,4	85,6	142,9	115,1	181,5	181,5	79,9	106,2	48,6	63,9	223,4	117,0	163,2	74,9	280,6	141,3	208,9	104,6	804,4	99,6
Saarland	63,1	73,5	43,4	60,6	50,3	63,6	83,8	131,6	159,4	202,0	85,3	106,1	42,7	59,2	53,2	72,7	98,2	141,3	140,5	183,4	98,8	104,0	62,5	63,5	293,4	132,4	181,2	80,3	337,5	140,0	271,2	106,3	981,1	103,9	
Baden-Württemberg	52,8	70,4	77,4	114,1	45,3	64,5	72,5	93,4	149,3	156,2	83,2	77,8	71,6	79,0	76,7	81,3	107,8	154,3	105,9	156,4	92,6	113,0	52,8	64,2	267,0	109,7	231,5	79,3	306,3	139,5	260,4	116,3	987,7	100,8	
Hessen	50,4	79,8	43,9	84,4	31,8	51,6	54,5	92,6	139,4	197,7	60,3	75,4	37,0	50,9	51,4	73,9	67,9	118,2	107,7	182,7	78,1	109,5	43,2	55,9	225,6	118,2	148,7	66,9	253,7	135,2	202,4	104,9	765,5	96,5	
Bayern	80,9	121,7	68,5	118,3	40,5	65,0	44,3	63,3	160,5	177,7	138,4	123,8	32,6	32,2	91,2	90,1	107,8	149,1	70,4	114,6	76,5	109,4	21,7	28,8	245,4	110,1	262,3	83,4	254,6	125,1	261,0	130,6	833,3	99,2	
Mecklenburg-Vorpommern	75,2	166,2	39,1	124,5	23,6	57,4	23,4	55,9	85,9	167,4	73,3	117,1	36,8	56,2	34,8	59,3	71,6	140,7	56,4	134,1	50,5	97,0	37,2	71,5	132,9	99,0	145,0	77,6	178,4	123,1	170,5	131,0	607,8	102,2	
Brandenburg	61,6	152,6	36,8	113,1	27,9	76,6	20,3	49,5	94,3	175,4	85,3	132,5	36,1	67,2	43,9	74,8	57,2	128,1	58,5	158,9	50,5	112,2	32,6	65,4	142,4	108,7	165,3	93,5	166,2	131,4	145,1	117,9	604,8	108,6	
Sachsen-Anhalt	50,9	131,5	41,1	123,6	34,1	85,7	29,5	68,1	121,4	233,8	49,4	78,7	35,7	68,4	39,2	66,4	58,8	141,4	72,3	203,1	64,4	151,2	32,3	69,2	184,9	137,0	124,3	71,4	195,4	163,2	150,3	126,0	628,9	114,9	
Sachsen	83,1	170,1	52,1	122,4	34,7	74,2	34,7	60,6	135,4	202,7	169,0	221,3	42,5	61,8	50,9	66,1	56,3	102,0	55,1	116,8	46,2	88,4	30,0	49,8	204,8	119,9	262,5	118,1	157,5	101,9	208,3	137,1	789,9	113,0	
Thüringen	56,9	111,5	49,7	112,2	34,1	65,7	51,2	87,7	171,6	260,7	69,8	89,0	39,5	63,1	42,0	60,7	74,4	145,9	69,4	145,5	71,0	126,2	32,4	51,0	256,9	145,9	151,3	72,0	214,7	138,6	203,0	127,4	761,9	108,9	
Deutschland	64,4	106,0	51,1	103,6	33,4	59,0	39,9	68,5	128,2	180,3	91,8	108,5	38,9	50,1	56,4	73,0	83,4	136,5	77,8	139,5	72,1	108,6	41,2	58,7	201,5	108,4	187,1	78,1	233,3	127,3	213,5	118,2	778,7	98,7	

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

Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	Proz. von 2013	von 1961-90	
Hamburg	21,9	56,6	34,7	54,2	133,0	132,1	174,2	111,4	153,5	72,0	208,4	103,0	300,5	149,2	229,9	114,4	114,7	82,6	104,5	108,3	68,8	139,9	26,9	85,7	460,7	97,9	738,8	119,5	288,0	101,2	83,5	62,5	1571,1	104,2
Bremen	27,1	69,2	44,5	65,9	124,9	123,0	160,4	103,7	137,3	66,9	193,9	99,9	283,3	147,5	229,4	118,8	113,6	83,9	100,8	103,4	62,1	122,5	31,6	94,6	422,6	91,6	706,6	120,0	276,5	97,5	103,2	73,9	1508,9	102,3
Berlin	19,4	45,6	24,2	34,3	136,8	113,6	141,3	87,7	167,0	74,0	226,9	106,2	301,7	135,0	225,7	105,3	114,7	73,5	108,8	99,6	37,6	75,0	46,1	132,2	445,1	87,8	754,2	113,5	261,1	82,8	89,7	60,9	1550,0	94,8
Schleswig-Holstein	23,6	60,0	36,8	56,9	139,2	133,2	185,7	112,9	173,3	77,8	207,9	98,9	301,7	143,9	231,7	110,1	122,4	85,5	102,6	104,7	72,4	143,8	25,9	74,8	498,1	101,3	741,4	114,9	297,4	102,0	86,3	62,4	1623,2	103,6
Niedersachsen	23,4	61,1	39,6	60,0	123,7	121,1	156,6	103,5	138,0	68,5	199,7	104,7	277,4	144,9	221,5	115,6	112,6	83,5	99,4	100,8	53,6	110,0	38,2	121,5	418,3	91,9	698,5	119,8	265,6	94,1	101,2	74,8	1483,6	101,9
Nordrhein-Westfalen	18,0	43,2	37,1	51,3	115,2	111,6	148,0	100,1	140,1	73,8	175,6	97,6	262,8	140,3	210,2	115,1	118,8	87,9	99,7	93,3	37,7	71,8	53,1	143,4	403,4	91,5	648,6	117,1	256,2	87,0	108,2	71,7	1416,3	98,4
Rheinland-Pfalz	16,7	41,2	31,4	43,0	111,7	101,2	139,2	92,0	121,4	63,5	203,6	107,6	297,4	141,9	221,5	114,5	136,6	90,6	93,7	89,4	40,6	77,2	56,3	147,8	372,3	82,2	722,4	121,5	270,9	87,9	104,4	68,8	1470,0	97,5
Saarland	16,9	42,7	27,8	36,6	111,2	97,7	143,1	92,3	114,4	57,6	214,5	107,0	303,1	134,2	227,7	112,9	143,5	90,9	86,4	81,4	43,1	80,9	56,4	142,3	368,7	78,9	745,3	118,1	273,1	86,0	101,0	65,2	1488,0	94,7
Baden-Württemberg	28,5	58,3	34,9	45,8	104,1	89,0	120,9	80,2	116,3	61,5	209,4	106,2	310,9	135,9	234,5	113,8	140,6	84,6	105,3	90,2	44,2	71,8	83,5	187,7	341,2	74,7	754,7	118,6	290,0	84,2	146,9	86,7	1532,9	95,4
Hessen	16,3	45,5	30,2	43,7	116,2	108,8	133,9	88,3	113,7	58,7	195,3	104,5	290,1	142,1	214,8	113,1	120,2	84,5	88,6	89,0	39,4	91,1	49,7	156,6	363,8	80,5	700,1	119,5	248,1	87,1	96,2	70,5	1408,2	96,5
Bayern	24,8	49,9	35,5	45,6	112,9	94,9	125,0	81,4	116,5	60,2	196,8	102,0	306,8	138,8	232,2	114,8	126,5	78,9	109,8	93,1	42,7	75,1	72,9	166,8	354,4	76,0	735,8	118,1	279,0	83,2	133,1	77,8	1502,3	94,2
Mecklenburg-Vorpommern	21,3	52,1	27,6	41,0	158,6	139,7	180,8	108,1	194,5	82,6	252,4	115,6	300,9	135,2	235,3	108,4	131,7	85,3	110,5	105,4	55,0	105,0	33,3	91,0	534,0	103,4	788,6	116,7	297,2	95,4	82,1	57,0	1701,9	103,2
Brandenburg	20,3	46,3	25,0	35,5	142,4	118,7	146,2	89,9	170,1	75,8	233,4	110,4	299,8	134,3	228,6	107,3	117,3	75,3	112,0	102,3	42,2	83,6	47,3	130,4	458,7	90,5	761,8	115,2	271,4	86,0	92,5	61,8	1584,4	96,9
Sachsen-Anhalt	23,8	56,0	32,4	47,9	125,5	114,7	140,7	92,6	139,1	67,5	225,9	115,1	297,1	143,6	219,6	110,8	113,5	78,9	101,5	97,3	47,1	93,3	52,0	146,2	405,2	86,7	742,6	121,8	262,2	87,8	108,2	74,4	1518,2	99,8
Sachsen	21,5	43,4	22,9	32,6	116,5	106,1	127,7	85,4	132,5	65,9	198,6	104,4	295,7	141,0	225,1	113,3	113,1	76,5	120,9	102,6	38,4	71,6	68,6	167,4	376,6	81,8	719,3	118,1	272,4	85,3	113,0	70,3	1481,3	95,6
Thüringen	19,3	45,2	27,2	39,4	112,2	106,3	122,6	83,2	111,6	57,1	195,7	107,0	288,7	140,7	209,0	108,7	117,1	81,8	97,2	90,8	35,7	73,5	57,8	160,2	346,3	77,3	693,4	117,2	250,0	83,7	104,3	70,5	1394,0	93,8
Deutschland	22,2	50,9	33,0	45,4	121,3	109,7	141,6	93,0	135,8	69,4	205,8	107,4	294,4	141,0	225,0	114,3	123,2	82,4	104,1	95,9	45,3	84,8	56,0	145,6	398,7	86,9	725,2	120,1	272,6	87,5	111,2	72,0	1507,6	98,6

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

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2013

W. Riecke

Auch im Strahlungsjahr 2013 zeigt sich die „klassische“ räumliche Verteilung der jährlichen Globalstrahlungssummen über Deutschland mit einem Mehr über dem Süden, geringerer Einstrahlung über den norddeutschen Gebieten und dem Minimum über den nördlichen Mittelgebirgsregionen (Abb. 1). Dort verbleibt die Jahressumme der Globalstrahlung verbreitet unter 1000 kWh/m². Während südlich der Donau und in der südlichen Rheinebene Werte von über 1100 kWh/m² erreicht werden, bleiben die Summen über der norddeutschen Tiefebene meist darunter.

Für das Flächenmittel Deutschland der jährlichen Globalstrahlungssumme ergibt sich 2013 ein Wert von 1046 kWh/m², der damit knapp -1 % unter dem vieljährigen Mittel von 1055 kWh/m² (1981-2010) liegt. So ist 2013 nach 10 Jahren wieder einmal ein Jahr, das eine negative Abweichung zum vieljährigen Mittel aufweist.

Die überwiegende Anzahl der deutschlandweiten Flächenmittel der monatlichen Globalstrahlungssummen erreichen ihren jeweiligen vieljährigen Erwartungswert nicht. Besonders der strahlungsintensive Mai fällt mit -18 % negativ auf. Die Sommermonate Juni bis August zeigen sich neben dem März und dem Dezember durchaus versöhnlich (+ 19 % im Juli), doch auch sie vermögen es nicht, dem Jahr 2013 insgesamt ein positives Vorzeichen zu verleihen.

Allerdings sieht es regional im Bundesgebiet hinsichtlich der Abweichungen vom jeweiligen Mittel durchaus unterschiedlich aus: So ist nördlich einer Linie Ruhrgebiet/Cottbus also im Wesentlichen im Bereich der norddeutschen Tiefebene eine positive Abweichung von kleinräumig bis zu +11 % festzustellen, während südlich negative Differenzen zum Durchschnittswert bis -9 % vorkommen.

Jahressummen 2013

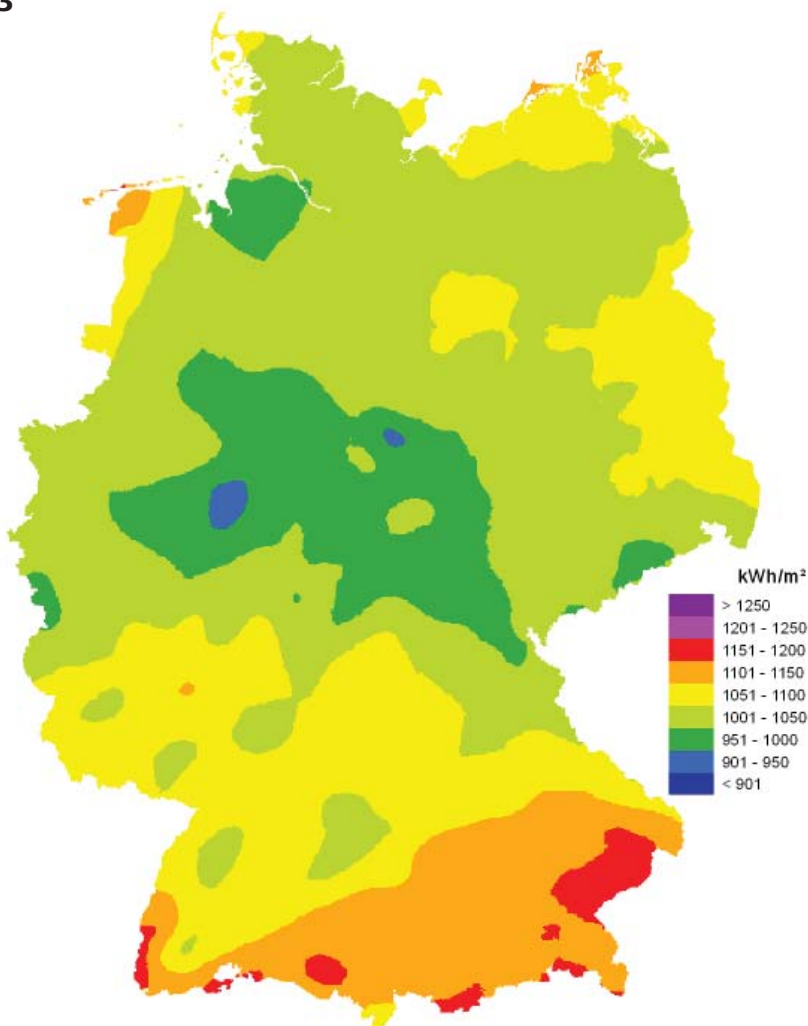


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2013

Das Klima in den deutschen Küstengebieten 2013

C. Lefebvre

Die Jahresmitteltemperaturen lagen in den deutschen Küstengebieten bei 9°C, womit das Jahr 2013 im Vergleich zur internationalen Referenzperiode 1961-1990 um bis zu +1 K zu warm ausfiel. Es fiel damit ähnlich mild aus wie die letzten drei Jahre.

Das Jahr begann mit einem lang anhaltenden Winter und endete beträchtlich zu mild. Besonders hervorzuheben ist, dass der kälteste Monat im Jahresverlauf der März war (Abb. 1). Er zeichnete sich durch ungewöhnliche Kälte und viel Schnee aus, so dass vom ‚Märzwinter‘ gesprochen wurde. Teilweise war er sogar der kälteste März seit Aufzeichnungsbeginn. Die Monatsmitteltemperaturen blieben im Küstenraum mit Werten zwischen -1 und +1°C um -2,5 bis -4 K unter dem Durchschnitt. April und Juni waren an der Nordsee meist um bis zu -1 K zu kühl, während sie an der Ostsee um bis zu +1 K zu mild ausfielen. Am wärmsten waren Juli bzw. August mit jeweils 17 bis 19°C, womit sie um +1 bis +2 K wärmer ausfielen als gewöhnlich. Beträchtlich zu mild war der Dezember, der mit Mitteltemperaturen zwischen gut 4°C am Kleinen Haff und 7°C auf Helgoland die vieljährigen Mittel um +2,5 bis +3,5 K überschritt.

Die Zahl der Frosttage (Tiefstwerte unter 0°C) bewegte sich zwischen 50 und 55 auf Helgoland und den ostfriesischen Inseln und 85 bis 90 östlich von Rügen. Während an der Ostsee diese Werte im Bereich der Mittelwerte lagen, überschritten sie diese an der Nordsee meist um rund 10 Tage. Deutlich mehr Frosttage hatte zuletzt das Jahr 2010. Dauerfrost herrschte an 13 bis 23 Tagen, was vielfach den Durchschnittswerten entspricht. Etwas höher als gewöhnlich war die Zahl der Sommertage (Temperaturen von 25°C und mehr), die an den Küsten vielfach bei 10 bis 20 lag. Dabei erlangten meist bis zu 2 Tage Temperaturen von 30°C und mehr und waren heiße Tage. Nur östlich von Rügen gab es mit 4 heißen Tagen eine leicht überdurchschnittliche Anzahl.

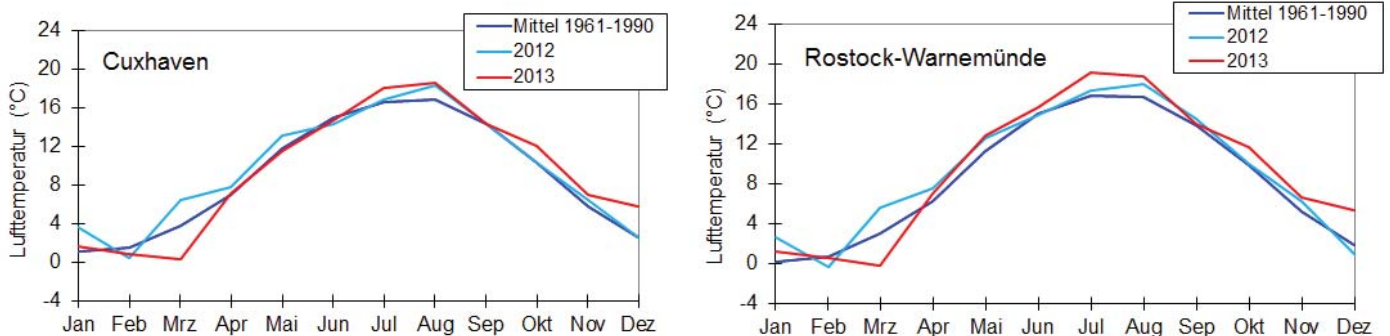


Abb. 1: Jahresgang der Lufttemperatur in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Das Niederschlagsaufkommen entsprach den vieljährigen Mittelwerten (Abb. 2). Der Jahresniederschlag bewegte sich an der Nordsee überwiegend zwischen 700 und 800 mm und an der Ostsee zwischen 510 auf den Inseln und bis zu 640 mm an der schleswig-holsteinischen Ostküste. Dabei wurden an rund 10 bis 20 Tagen Starkniederschläge von mindestens 10 mm am Tag registriert.

Ungewöhnlich niederschlagsreich war der Juni, in dem vor allem an der Nordsee mit rund 100 bis 150 mm vielfach bis um das Doppelte, auf Helgoland mehr als das Zweieinhalbfache des Monatsmittels fielen. Aber auch schon der Mai brachte mit bis zu 100 bis 120 mm entlang der Nordseeküste zwischen Bremerhaven und Büsum und an der Ostseeküste westlich von Rügen sehr viel Regen. Die Monatssummen entsprachen rund 200 bis 260 % des

vieljährigen Mittels. Der trockenste Monat war überwiegend der März, in dem mit meist nur 10 bis 25 mm Defizite zwischen 20 und 80 % auftraten. Der Niederschlag in diesem Monat fiel größtenteils als Schnee und brachte eine Schneedecke bis zu 25 cm. Überhaupt gab es in den ersten Monaten dieses Jahres immer wieder Schneefall und geschlossene Schneedecken, die an der Ostseeküste auch 2 bis 3 Wochen anhielten, bevor sie abschmolzen und wieder neu entstanden. Endgültig schmolz der Schnee erst in der ersten Aprildekade ab. Nach dem vielen Schnee in den ersten Monaten verlief das Jahresende dann überwiegend schneefrei. Insgesamt bewegte sich die Zahl der Tage mit einer geschlossenen Schneedecke im Jahr 2013 zwischen 12 Tagen auf Helgoland und 67 am Greifswalder Bodden.

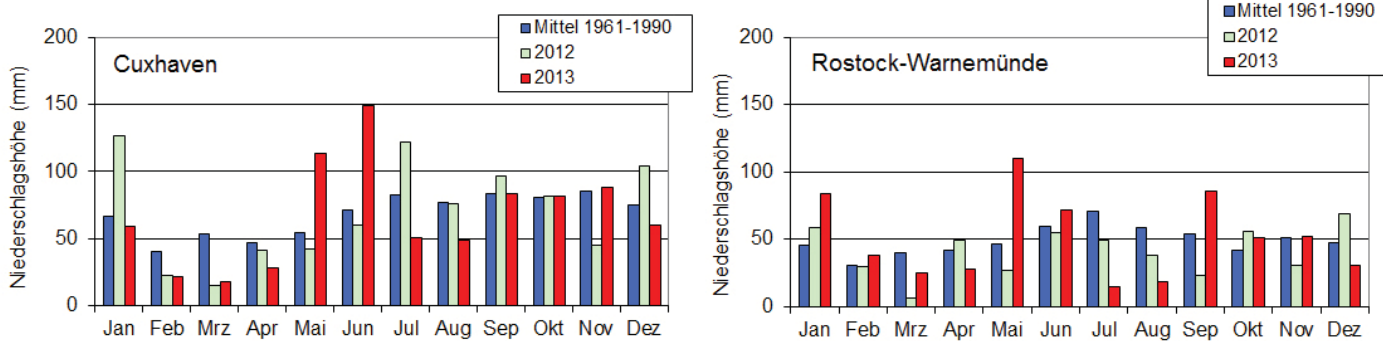


Abb. 2: Jahrgang der Niederschlagshöhe in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Die Sonne schien zwischen 1476 Stunden an der Emsmündung und 1954 Stunden am Kap Arkona. Damit lag die Sonnenscheindauer an der Nordsee im Bereich der vieljährigen Mittelwerte, an der Ostsee meist um bis zu 10 % darüber. Am sonnenscheinreichsten war der Juli. Mit 250 (am Dollart) bis 330 Sonnenstunden (auf Fehmarn) wurde das Soll vielfach um 20 bis 45 % überschritten. Obwohl der Juni an der Nordsee mit Defiziten bis zu

25 % sonnenscheinarm war, lag die Sonnenscheindauer des gesamten Sommers (Juni bis August) um bis zu 20 % höher als gewöhnlich (Abb. 3). Dabei blieb das Niederschlagsaufkommen geringer als im Mittel. Besonders sonnenscheinarm war der Februar vor allem an der Ostsee, wo die Sonne mit bis zu 30 Stunden nur zu 20 bis 45 % der Sollzeiten zu sehen war.

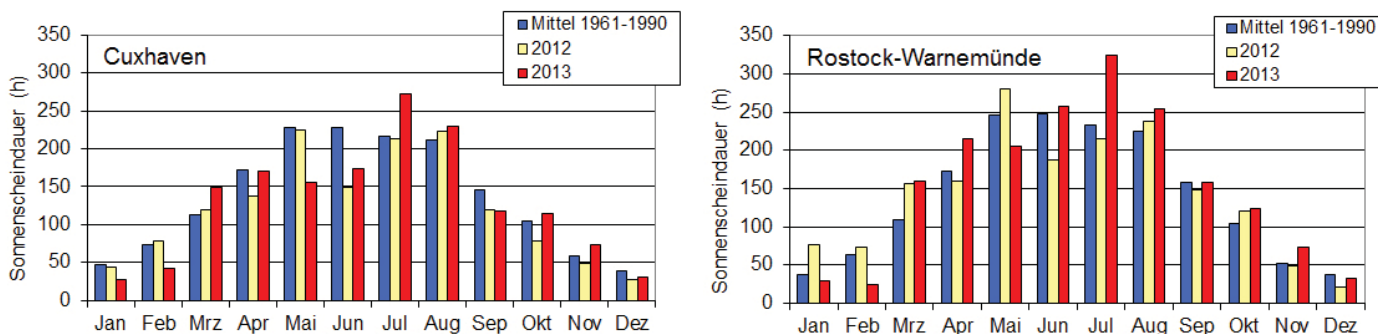


Abb. 3: Jahrgang der Sonnenscheindauer in Cuxhaven und Rostock-Warnemünde

Der Jahrgang der Wasseroberflächentemperatur in der westlichen Ostsee in Abb. 4 zeigt, wie sich die winterliche Witterung in den ersten Monaten auf die Abkühlung der westlichen Ostsee auswirkte. Mehrtägiger Dauerfrost führte ab Mitte Januar zunächst an der Ostsee, ab dem 18. Januar auch an der Nordsee zur Eisbildung. Am Eiderdamm kam bis zu 15 cm dickes Eis vor, in den Boddengewässern im Osten erreichte das Eis bis zum 25. teilweise eine Dicke von 5 bis 15 cm, im Kleinen Haff von 5 bis 20 cm. Gegen Monatsende schmolz das Eis bei milden Temperaturen, so dass die deutsche Nordseeküste Anfang Februar wieder eisfrei war und mit Ausnahme einer kurzzeitigen Neueisbildung an der nordfriesischen Küste Mitte Februar auch für den Rest des Jahres eisfrei blieb. Am 5. Februar waren auch an der deutschen Ostseeküste nur noch Eisreste vorhanden, wobei sich bei einem Kaltlufteinbruch Mitte Februar in einigen Häfen und geschützt liegenden Gewässern erneut Eis bildete, das aber am Monatsende weitgehend abgeschmolzen war. Ein erneuter Wintereinbruch zu Beginn der zweiten Märzdekade führte jedoch an der Ostsee zu erneuter Eisbildung. Die Boddengewässer und auch kleinere Häfen waren im weiteren Monatsverlauf zeitweise und örtlich

mit bis zu 15 bzw. 10 cm dickem Eis bedeckt, das dann erst in der ersten Aprildekade vollständig abschmolz. Im März lagen die Wassertemperaturen der küstennahen Zonen von Nord- und Ostsee bei 1°C und waren um -2 bis -4 K kälter als im Mittel. Nachfolgend schritt die Erwärmung der küstennahen Gewässer zwar rascher voran als gewöhnlich, aber es dauerte meist bis Juni bis die Durchschnittstemperaturen wieder erreicht wurden. Die sonnenscheinreiche Witterung im Juli bewirkte dann einen Temperaturanstieg auf Tageswerte von 20 bis 22°C, die um +1 bis +2 K über dem vieljährigen Mittel lagen. Aufgrund der überdurchschnittlich milden Witterung ab Oktober verzögerte sich zum Jahresende hin die jahreszeitliche Abkühlung der Gewässer zunehmend.

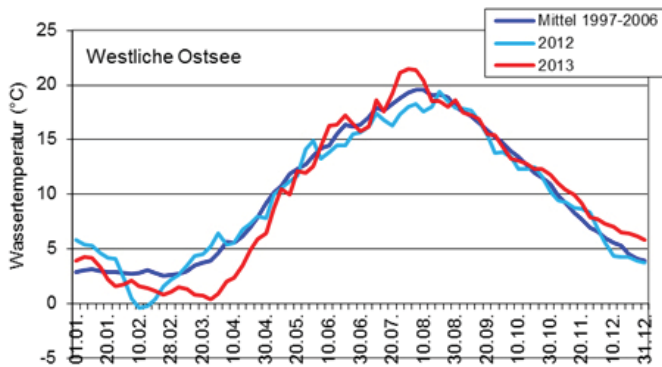


Abb. 4: Jahresgang der Wasseroberflächentemperatur

Zwei Orkane, die nur im Abstand von 6 Wochen auftraten, verursachten in Norddeutschland schwere Schäden. Von beiden war aber nicht nur Deutschland betroffen. Europaweit forderten sie mindestens 25 Todesopfer. Dabei war in Deutschland der erste, Orkan CHRISTIAN am 28. Oktober von den erzielten Windgeschwindigkeiten noch stärker als Orkan XAVER am 5./6. Dezember. Beide nahmen unterschiedliche Zugbahnen, hatten unterschiedliche Zuggeschwindigkeiten und Auswirkungen. Wie Abb. 5 zeigt, zog Orkantief CHRISTIAN sehr rasch über das südliche England, die südliche Nordsee nordostwärts über den Norden Dänemarks nach Nordwestrussland. Dagegen kam XAVER von Nordwesten über die Norwegische See nach Südnorwegen. Von dort aus verlagerte er sich unter räumlicher Ausdehnung nur noch langsam südostwärts Richtung Baltikum. Beide Tiefs lösten an der Nordsee und westlichen Ostsee Böen bis Orkanstärke (Bft 12) aus. Bei CHRISTIAN erreichte der Wind im nördlichen Schleswig-Holstein auch im 10-Minuten-Mittel Orkanstärke. Die höchste Böe in Deutschland wurde in St. Peter Ording mit 172 km/h verzeichnet. Die dänische Station Kegnaes Fyr, unweit der deutsch-dänischen Grenze, meldete mit 193 km/h einen neuen Windgeschwindigkeitsrekord für Dänemark und die stärkste Böe der westlichen Ostsee. Bei XAVER waren die höchsten Böen mit bis zu 158 km/h in Glücksburg-Meierwik etwas geringer. Die hohen Windgeschwindigkeiten hielten aber länger an. Auch am 7. wurden an der Nordseeküste noch Böen bis Bft 10 verzeichnet. Das hatte zusammen mit den Windrichtungen enorme Auswirkungen auf die Wasserstände an Nord- und Ostsee. Als XAVER am 5. über die Nordsee zog, führte der Südwestwind an der Ostsee zunächst zu Niedrigwasser, wobei die Wasserstände um 1,5 bis 2,0 m unter dem mittleren Wasserstand blieben. In der Deutschen Bucht verursachten anhaltende Winde aus Nordwest und Springtide dagegen eine Serie von drei Sturmfluten. Am höchsten war die in den ersten Stunden des Nikolaustages mit Wasserständen von 2,50 bis knapp 4 m über dem mittleren Tidehochwasser, die teilweise die zuletzt größte Sturmfluthöhe vom 1. November 2006 (ALLERHEILIGEN-Sturmflut durch Orkan BRITTA) überschritt. Auf mehreren Nordseeinseln führte die schwere Sturmflut zu erheblichen Abbrüchen an den Dünen und

Sandverlusten an den Stränden. Weitaus größere Schäden wurden jedoch durch die aufwändigen Investitionen der letzten Jahrzehnte in den Küstenschutz vermieden. Orkan CHRISTIAN verursachte in den Abendstunden an der Nordsee Wasserstände, die bis um rund 2 m über dem mittleren Tidehochwasser lagen. Er löste aber keine schwere Sturmflut aus, fügte jedoch dem Baumbestand große Schädigungen zu, da die Bäume noch belaubt waren. Dass CHRISTIAN zu einem der stärksten Orkane gehört, zeigt sich daran, dass in Norddeutschland nicht nur die Windböen, sondern auch die 10-Minuten-Mittel der Windgeschwindigkeit allgemein das 99. Perzentil überschritten und damit zu den höchsten je gemessenen zählen. Auf den Bergen Süddeutschlands lagen sie über dem 95. Perzentil. Bei XAVER lagen die Böen und 10-Minuten-Mittel der Windgeschwindigkeit vor allem in den Küstengebieten und auf den Bergen oberhalb des 99. Perzentils. Dieser statistischen Einreihung liegt der Vergleichszeitraum 1981-2010 zugrunde, also ein Zeitraum, der die sehr windstarken 1990-er Jahre beinhaltet, in denen kräftige Orkane wie DARIA, VIVIEN, WIEBKE (Januar bis März 1990) sowie ANATOL und LOTHAR (Dezember 1999) auftraten.

Detaillierte Informationen sind den Berichten über die Orkane CHRISTIAN und XAVER im Internetauftritt des DWD zu entnehmen.

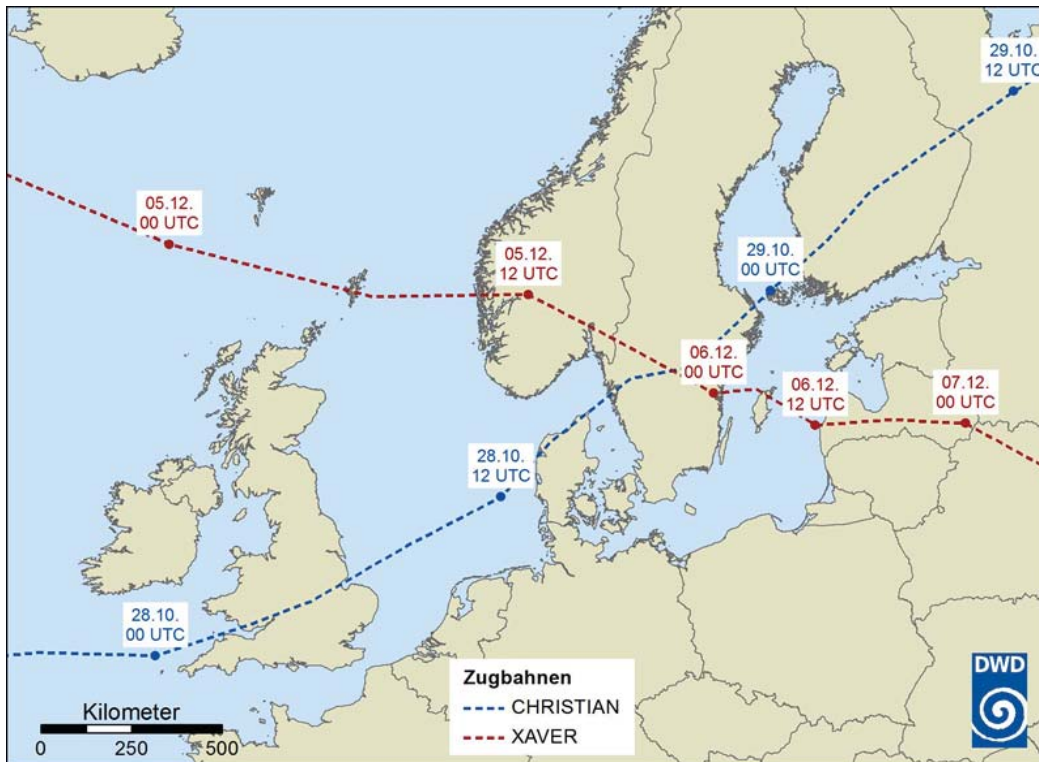


Abb. 5: Zugbahnen der Orkane CHRISTIAN und XAVER

Die monatlichen Windverteilungen zeigten teilweise deutlich Unterschiede zu den mittleren Verteilungen. Besonders groß waren die Abweichungen im März und Dezember. Im deutlich zu kalten und winterlichen März herrschten überwiegend Winde aus östlichen Richtungen (NE bis SE). Ihr Anteil bewegte sich zwischen rund 65 und 75 % und war damit teilweise mehr als doppelt so hoch wie gewöhnlich. Im milden Dezember kamen die Winde dagegen zu rund 70 % der Zeit aus Süd und Südwest

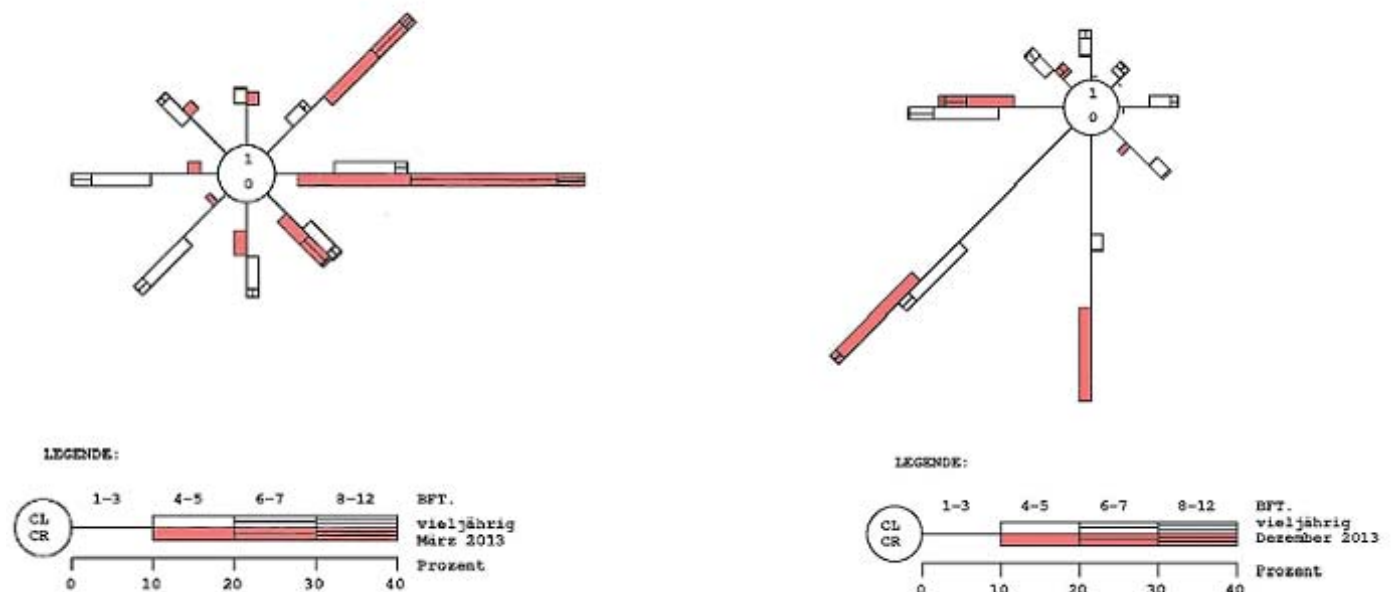


Abb. 6: Windverteilungen an den Stationen Helgoland im März und Boltenhagen im Dezember 2013 (rot) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2013)

Objektive Wetterlagenklassen 2013

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

Die objektive Wetterlagenklassifikation des DWD beruht auf numerischen Kriterien, die auf jede meteorologische Situation über Mitteleuropa angewendet werden können. Die Klassifizierung wird einmal täglich um 12 UTC durchgeführt und das Ergebnis als die Wetterlage betrachtet, die für den ganzen Tag gültig ist. Das räumliche Klassifizierungsgebiet überdeckt Deutschland und benachbarte Regionen. Die Datengrundlage liefert das operationelle Wetteranalyse- und Vorhersagesystem des DWD. Bis 21.11.1999 wurde das Europa-Modell (EM) des DWD zugrunde gelegt, seit 22.11.1999 das neue operationelle erweiterte Globalmodell (GME), das über eine vergleichbare räumliche Auflösung wie das EM verfügt; die Modellgitterpunkte sind lediglich anders strukturiert. Ein merklicher Datensprung aufgrund des Modellwechsels wurde bisher nicht festgestellt.

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

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

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

aa z₉₅₀ z₅₀₀ f mit:

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

z₉₅₀ z₅₀₀ =: Zyklonalität in

Häufigkeit der Wetterlagenklassen 2013

Folgende Wetterlagen sind im Jahr 2013 aufgetreten (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit):

Rang	Wetterlage	Anzahl	in %	Rang	Wetterlage	Anzahl	in %
1	XXAAT	33	9,04	18	NOAZT	8	2,19
2	NWAAT	32	8,77	19	SOZZT	7	1,92
3	SWAAF	32	8,77	20	NWZZT	6	1,64
4	NWAZT	26	7,12	21	XXZAF	5	1,37
5	XXZZT	23	6,30	22	NWAZF	3	0,82
6	SWZAF	22	6,03	23	SWZAT	3	0,82
7	XXAZT	21	5,75	24	SOZAF	3	0,82
8	NWAAF	18	4,93	25	NOZZT	3	0,82
9	SWAAT	16	4,38	26	NWZAF	2	0,55
10	SWAZT	16	4,38	27	SOZZF	2	0,55
11	SWZZF	14	3,84	28	NWZZF	2	0,55
12	NOAAT	12	3,29	29	SOAAT	1	0,27
13	XXAAF	12	3,29	30	NOAAF	1	0,27
14	SWAZF	10	2,74	31	SOAZT	1	0,27
15	XXZAT	10	2,74	32	XXAZF	1	0,27
16	SWZZT	9	2,47	33	SOZAT	1	0,27
17	XXZZF	9	2,47	34	NOZZF	1	0,27

Die Wetterlagenklassen SOAAF, NOAZF, SOAZF, NOZAT, NWZAT, NOZAF sind im Jahr 2013 nicht vorgekommen.

Die 8 Wetterlagen XXAAT, NWAAT, SWAAF, NWAZT, XXZZT, SWZAF, XXAZT und NWAAF stellten zusammen 57 % aller Lagen dar.

Besonders häufig traten in diesem Jahr die hochreichend antizyklonalen Lagen XXAAT, NWAAT und SWAAF auf, wobei die Wetterlage XXAAT 2013 deutlich häufiger beobachtet wurde als im Referenzzeitraum 1981–2010 (Abb 1). Recht häufig vertreten waren auch trockene Nordwestlagen mit einer zyklonalen Höhenströmung, gefolgt von den bodennah zyklonalen Wetterlagen XXZZT und SWZAF. Auch die bodennah antizyklonal geprägten Lagen XXAZT und NWAAF waren häufig vertreten, allerdings nicht so häufig wie in der Referenzperiode 1981–2010.

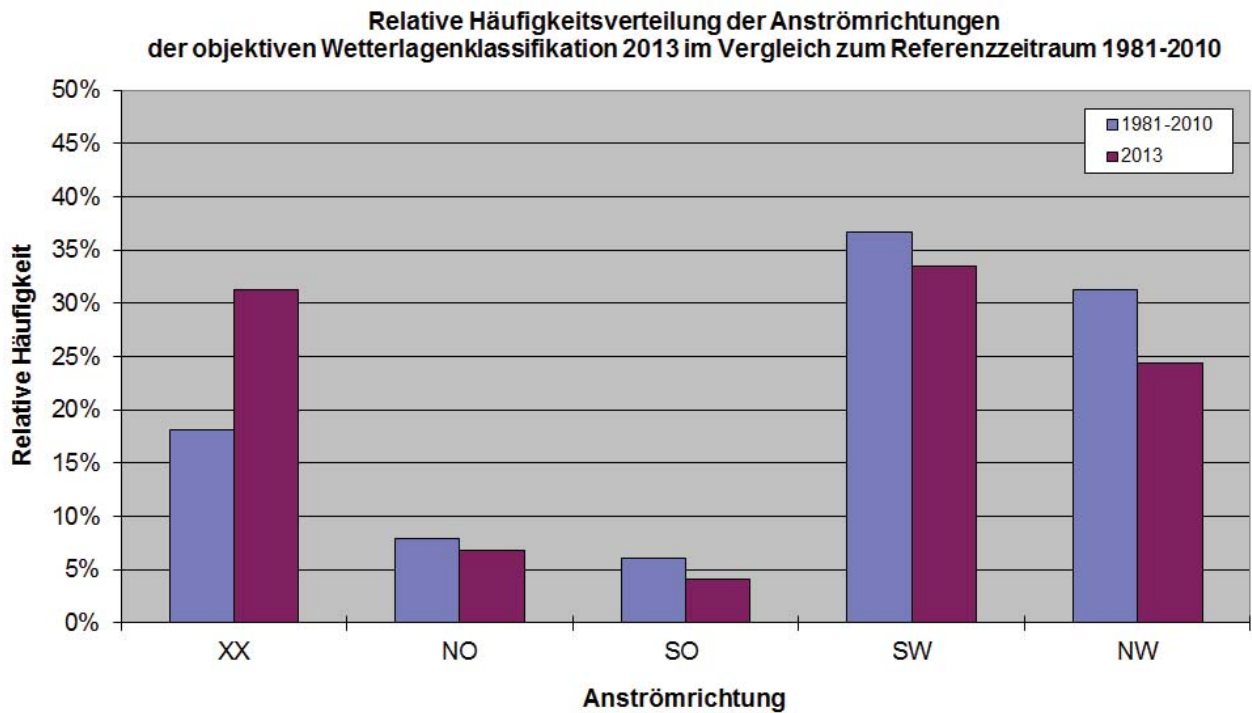


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2013 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

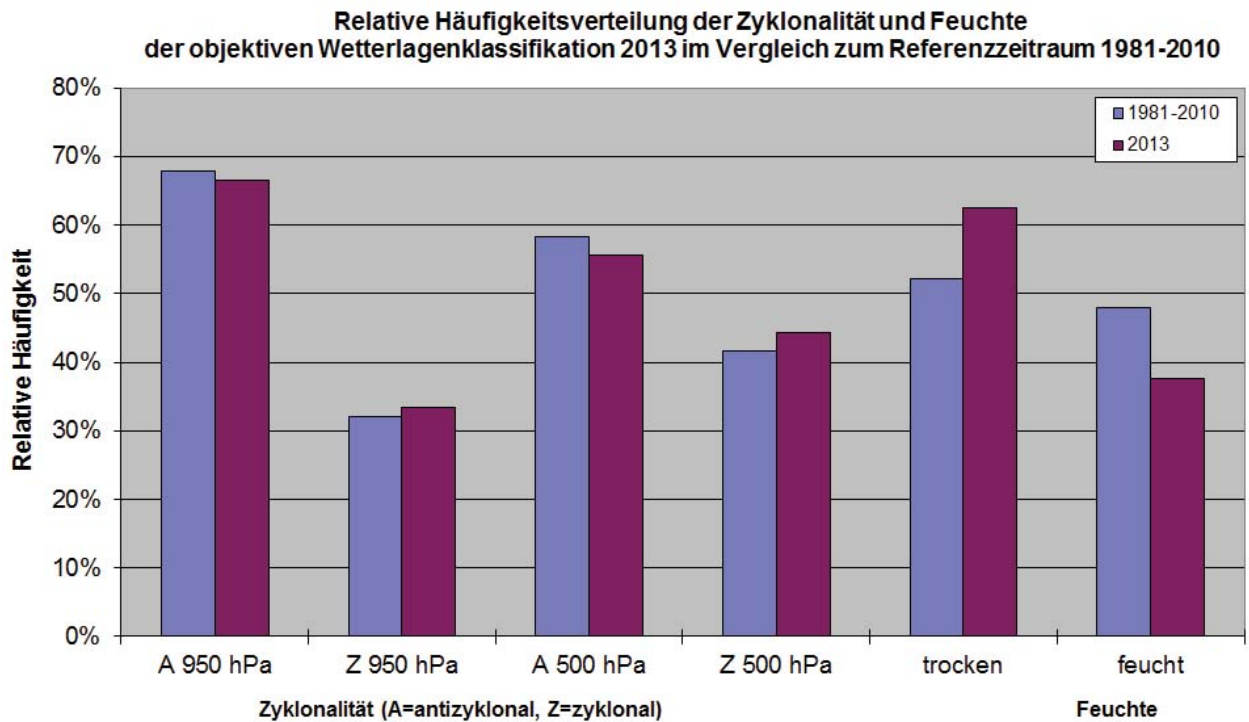


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2013 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	11	7	16	8	13	11	9	7	7	10	9	6	114
NO	2	7	4	0	2	2	2	1	0	0	5	0	25
SO	1	4	0	2	3	0	0	2	1	1	1	0	15
SW	3	2	5	15	12	11	8	14	6	18	11	17	122
NW	14	8	6	5	1	6	12	7	16	2	4	8	89
A 950 hPa	21	16	12	20	16	22	27	22	20	17	23	27	243
Z 950 hPa	10	12	19	10	15	8	4	9	10	14	7	4	122
A 500 hPa	14	7	10	22	13	20	25	16	17	19	16	24	203
Z 500 hPa	17	21	21	8	18	10	6	15	13	12	14	7	162
trocken	18	24	27	13	15	16	19	18	20	16	21	20	227
feucht	13	4	4	17	16	14	12	13	10	15	9	11	138
Temperatur	0,7	-1,1	-3,4	0,7	-0,3	0,3	2,5	1,4	0,0	1,6	0,6	2,8	0,5
Niederschlag	106	104	59	68	180	108	50	73	137	139	109	59	99

Tab. 1: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchtklassen (feucht und trocken) im Jahr 2013. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatliche Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen traten im April und August sowie im Oktober und Dezember relativ häufig auf, während sie von Januar bis März sehr selten beobachtet wurden. Nordwestlagen waren nur im Januar, Juli und September häufiger zu beobachten. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering, wobei im Dezember keine und im September und Oktober jeweils nur an einem Tag Ostlagen registriert wurden. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung traten im Jahr 2013 recht oft auf. Insbesondere im März dominierten diese Wetterlagen.

- Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen nur im März nicht häufiger als zyklonale Lagen beobachtet. Besonders deutlich dominierten sie in den Sommermonaten sowie im November und Dezember. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen in 8 der 12 Monate vorherrschend. Zyklonale Lagen dominierten von Januar bis März und im Mai.

- Feuchte

Im Jahr 2013 herrschten eindeutig trockene Lagen vor. Nur im April und Mai wurden mehr feuchte als trockene Lagen beobachtet.

- Temperatur

Die Jahresmitteltemperatur für 2013 lag +0,5 K über dem Mittel der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Nur im Februar, März und Mai wurden unterdurchschnittliche Mitteltemperaturen registriert.

- Niederschlag

Im Jahr 2013 waren 7 Monate niederschlagsreicher und 5 Monate trockener als im Zeitraum 1961-1990. Dennoch wurden 2013 nur 99 % der Niederschlagsmenge der internationalen klimatologischen Referenzperiode erreicht. Ein klarer Zusammenhang zwischen diesen Witterungsanomalien und den vorherrschenden Wetterlagen lässt sich nur in Einzelfällen feststellen, da Zyklonalität, Anströmrichtung und Feuchte oft gegensätzliche Tendenzen hervorbringen.

Langzeittrends 1980-2013

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) wurden die Trends hinsichtlich der Zunahme von Südwestlagen und Lagen ohne vorherrschende Anströmrichtung bestätigt.

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

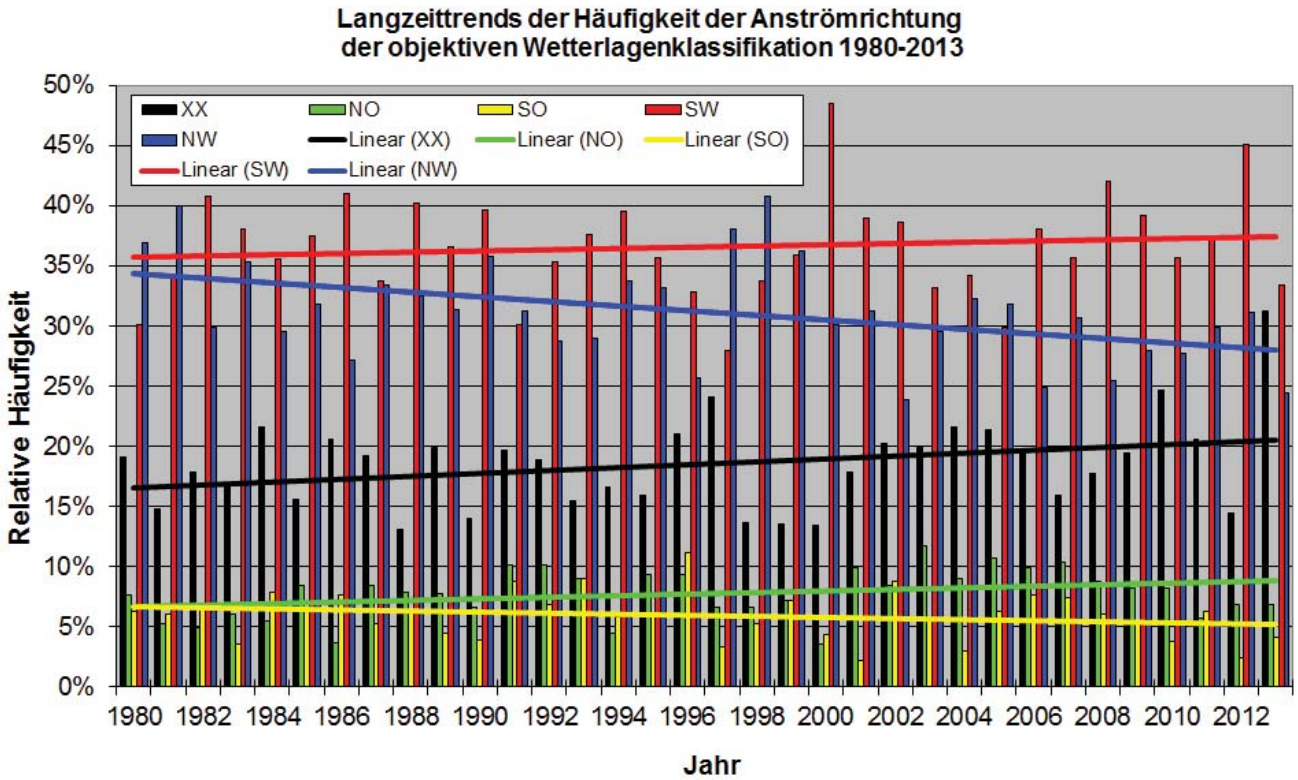


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

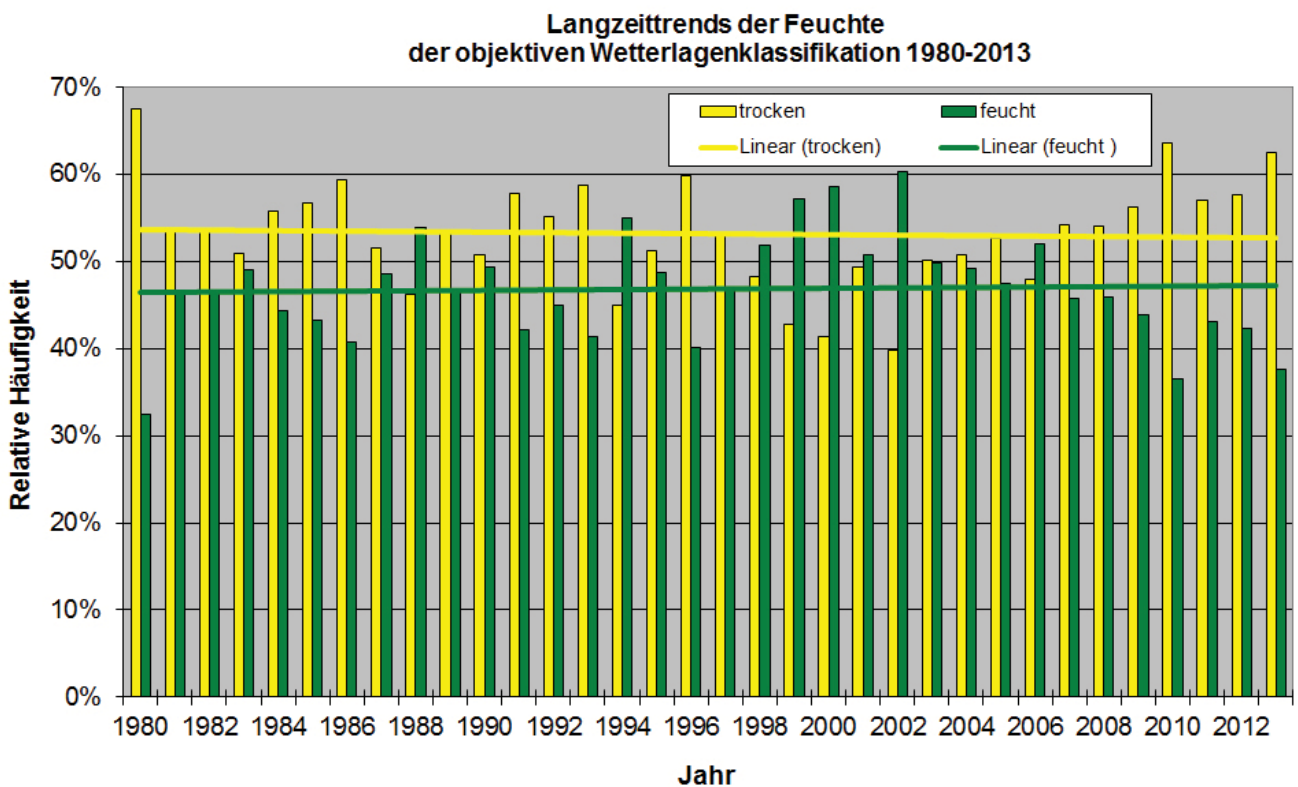


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

Bei der Zyklonalität (Abb. 6 und 7) ist in 500 hPa eine leichte Tendenz zu einer Zunahme der antizyklonalen Lagen erkennbar. In 950 hPa sind keine langfristigen Tendenzen feststellbar.

Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

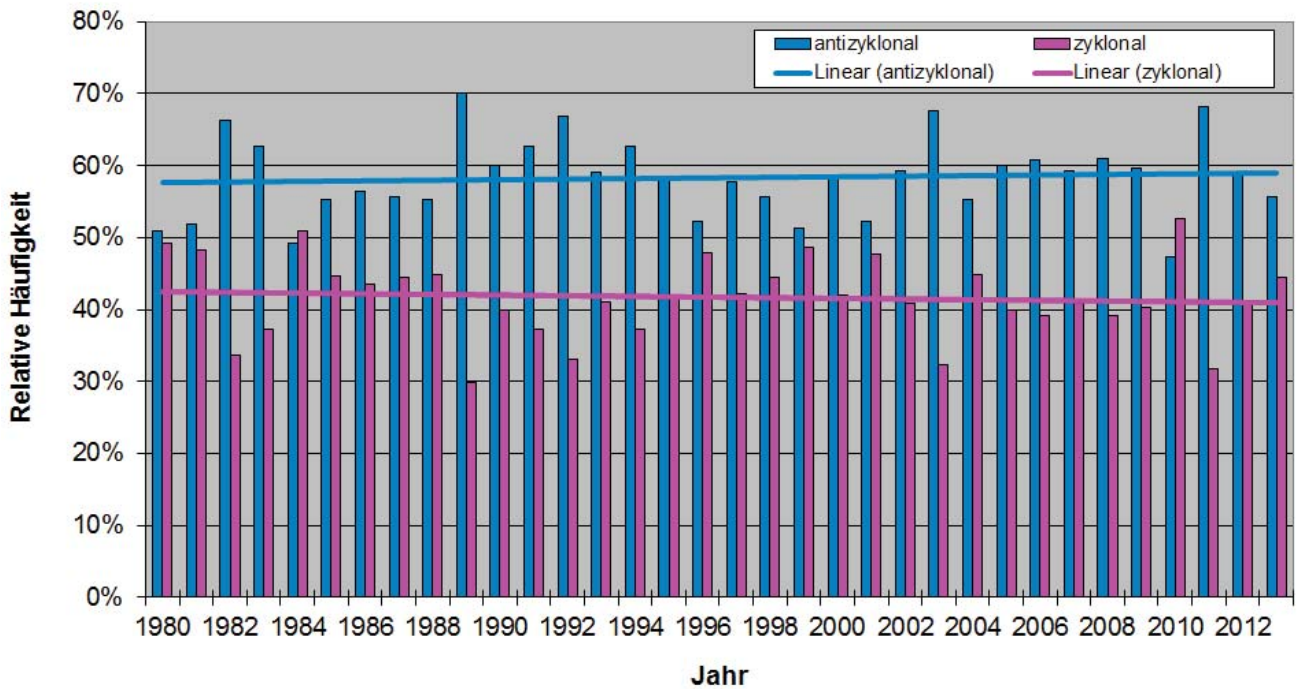


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

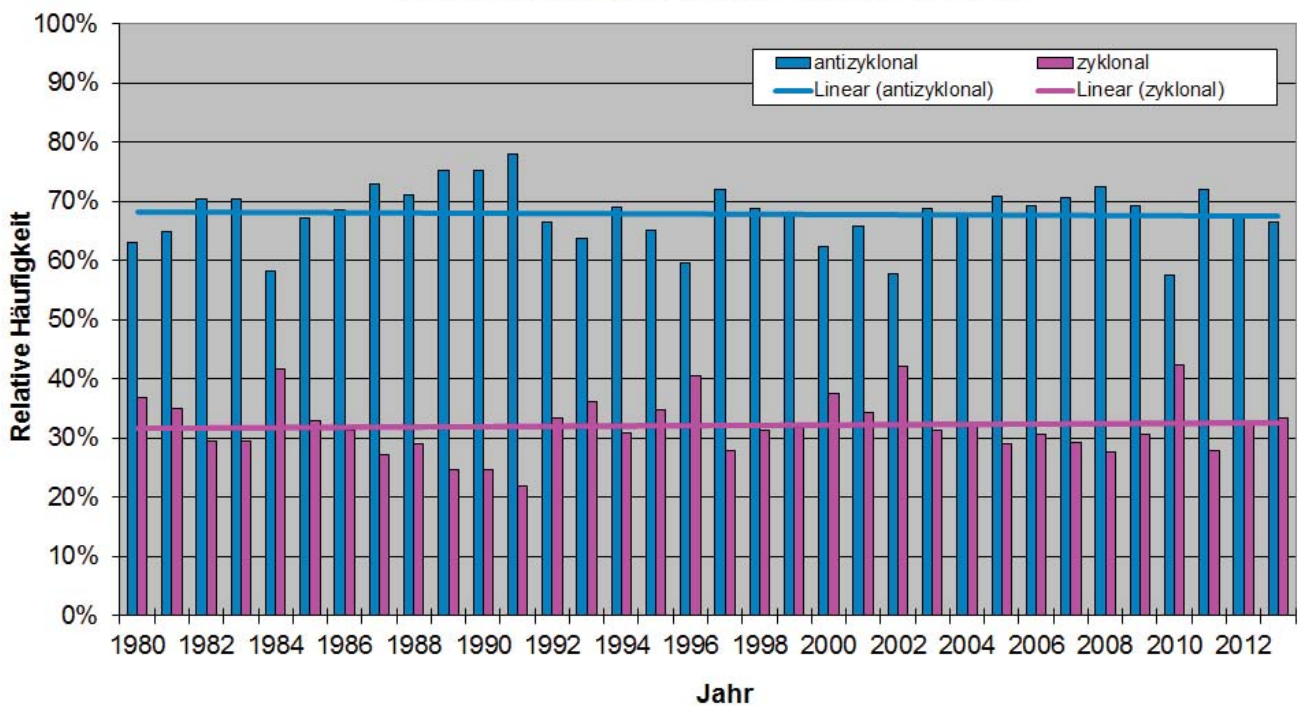


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2013

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2013

A. Booß, F.-J. Löpmeier, H. H. Schmitt, M. Wegener

Übersicht über den Verlauf des Jahres

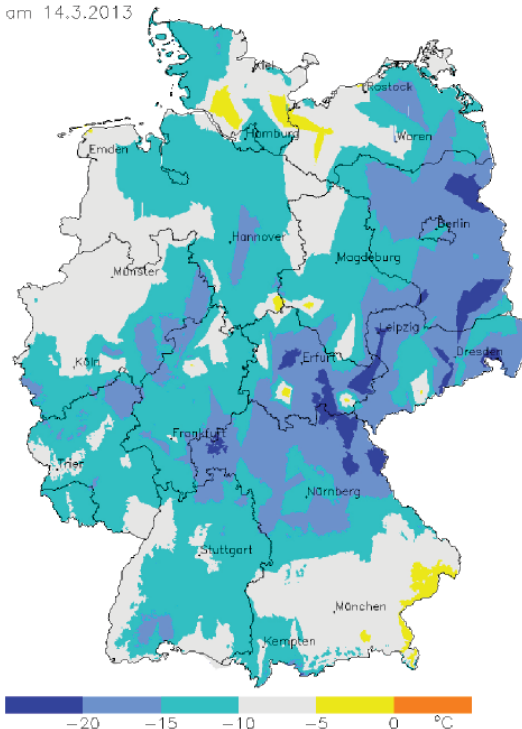
Ein Auf und Ab zum Jahresbeginn – milde und kalte Witterungsperioden wechselten sich ab. Danach litt die Landwirtschaft unter einem erst zu kalten und dann vor allem zu nassen Frühling. Die Vegetationsentwicklung kam nicht so richtig in Schwung bzw. wurde immer wieder unterbrochen. Auch der Sommer begann bescheiden. Bei Dauerniederschlägen, Überschwemmungen und Hochwasser hieß es Land unter. Nach Abtrocknung der Böden gab es aber gutes Erntewetter. Der Herbst bescherte der Landwirtschaft ebenfalls häufig ungünstige Bedingungen. Schlecht befahrbare Böden führten zu Verzögerungen bei Ernte und Aussaat. Zum Jahresende hin tobten einige Orkantiefs im Land, die zu Schäden in Land- und Forstwirtschaft führten. Ein Winter war im Dezember weit und breit nicht in Sicht.

Der **Januar** begann mit einer sehr milden Phase. Dieses zarte Frühlingserwachen führte verbreitet zum Blühbeginn von Hasel (Erle nur in Ostdeutschland). Danach folgte eine fast dreiwöchige Dauerfrostperiode, die von Tiefdruckgebieten und mehr oder weniger erheblichen Niederschlägen in Form von Schnee geprägt war. Eine fast durchgehende Schneedecke schützte die Winterungen und die Böden vor Frostschäden.

Bundesweit herrschte Vegetationsruhe. Weil die gefrorenen, schneebedeckten oder wassergesättigten Böden nicht aufnahmefähig waren, verschob sich die ab 15. Januar erlaubte Gülleausbringung kalendarisch weiter nach hinten. Die letzten Januartage endeten im Grunde wie die Ersten, mild und trocken, so dass die Schneedecke rasch verschwand und die Böden auftauten. Die ersten Vorfrühlingsblüher kamen zum Vorschein. An den Sträuchern und Obstbäumen fing das Knospenschwellen an.

Mit Ausnahme seiner ersten Tage, zeigte sich der **Februar** recht kalt und so trüb wie noch nie seit Beginn der flächendeckenden Aufzeichnungen. Vielerorts waren die Böden entweder wassergesättigt oder lagen unter einer geschlossenen Schneedecke. Landwirtschaftliche Arbeiten waren kaum möglich. Nur in schneefreien Gebieten konnte der Bodenfrost örtlich bis zu 20 cm tief in den Boden eindringen und für eine gute Frostgare sorgen. Wo genug Schnee lag wurden die Kulturen gut vor den kalten Temperaturen geschützt. In einigen Regionen lockerte sich zum Monatsende die Vegetationsruhe und vereinzelt konnten erste Gülleausbringungen und Düngerabgaben erfolgen.

Tiefsttemperaturen über dem Erdboden am 14.3.2013



Deutscher Wetterdienst (erstellt 7.6.2013 5:57 UTC)
Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de)

Abb. 1: Tiefsttemperatur über dem Erdboden am 14.03.2013

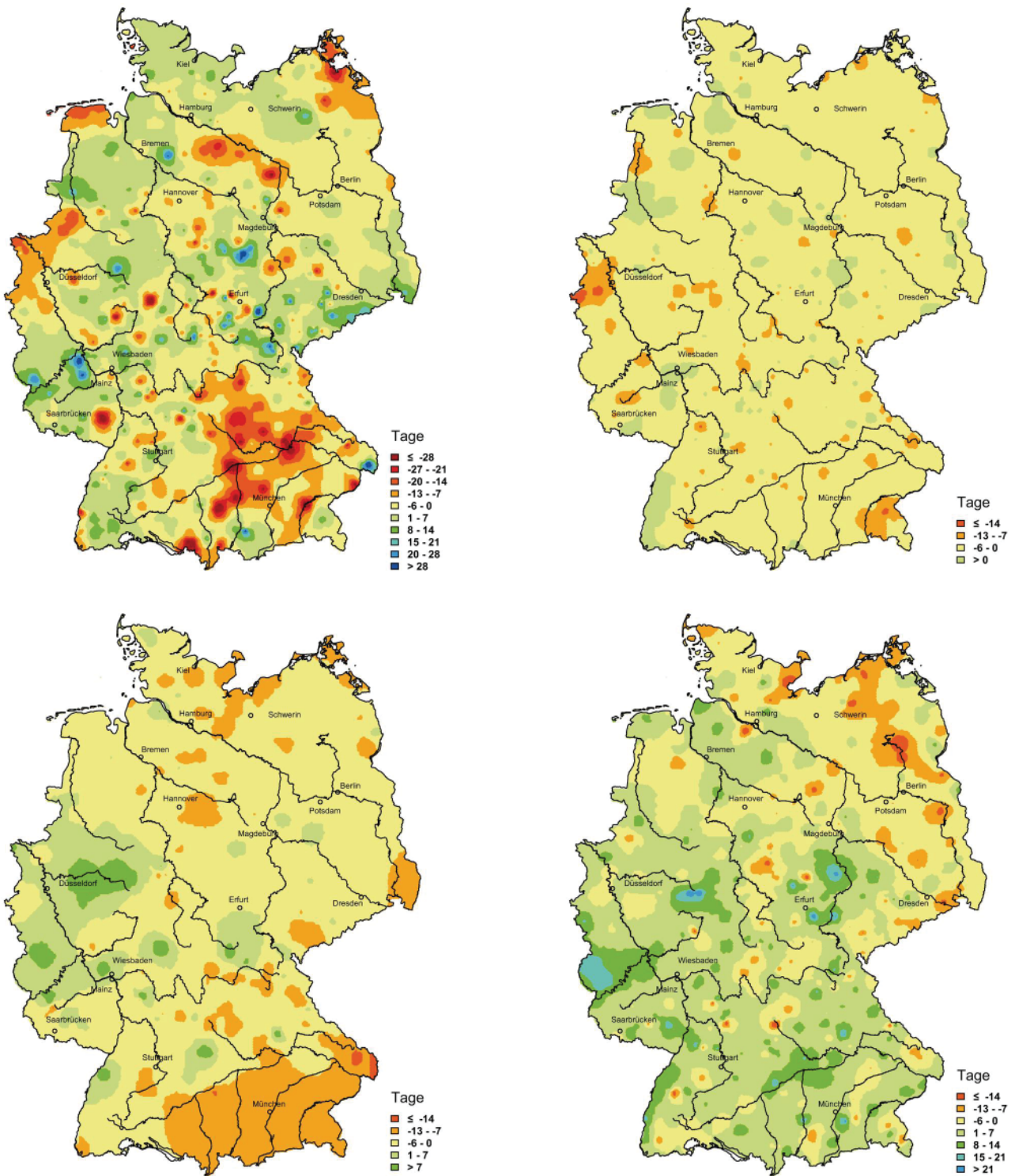
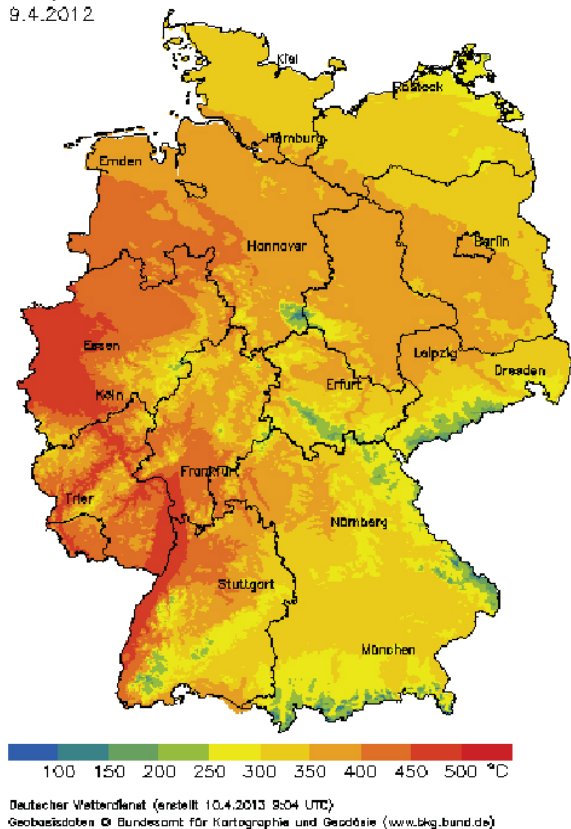


Abb. 2: Abweichung der Schneeglöckchen- (oben links) und Apfelblüte (oben rechts) vom vieljährigen Mittel, Abweichung der Eintrittsdaten für das Ährenschieben vom Winterroggen (unten links) und der Fruchtreife der Rosskastanie (unten rechts) vom vieljährigen Mittel

Zunächst startete der **März** recht mild. Die begonnene Schneeglöckchenblüte (Abb. 2) setzte sich fort und vereinzelt blühten weiterhin Erle, danach Huflattich. Es folgte ein starker Wintereinbruch um den 10. März, der bis zum Monatsende das Wetter bestimmte und einen kalten Ostwind sowie Schnee brachte (Abb. 1). Die Folge war eine geschlossene, teilweise sehr langlebige Schneedecke. Abgesehen von wenigen Tagen zum Monatsanfang herrschte Vegetationsruhe im gesamten Bundesgebiet. Zum Monatsende lag die Vegetation aufgrund der winterlichen Bedingungen etwa 3 bis 4 Wochen zurück. In

Regionen ohne Schnee konnte zeitweise Gülle und Dünger ausgebracht werden. In anderen Gebieten schützte die Schneedecke die Kulturen vor den kalten Temperaturen und damit vor Auswinterungsschäden. An frühblühenden Obstgehölzen wurden trotzdem teilweise Frostschäden im Bereich der Blütenknospen beobachtet. Durch den kräftigen Ostwind traten Blattverluste und -schädigungen beim Winterrapsg und Wintergetreide auf. Die Böden waren größtenteils mit Wasser bis zur Sättigung aufgefüllt. Landwirtschaftliche Arbeiten waren besonders aufgrund dieser hohen Bodenfeuchte nur eingeschränkt möglich.

Temperatursumme für Grünland
9.4.2012



Temperatursumme für Grünland
9.4.2013

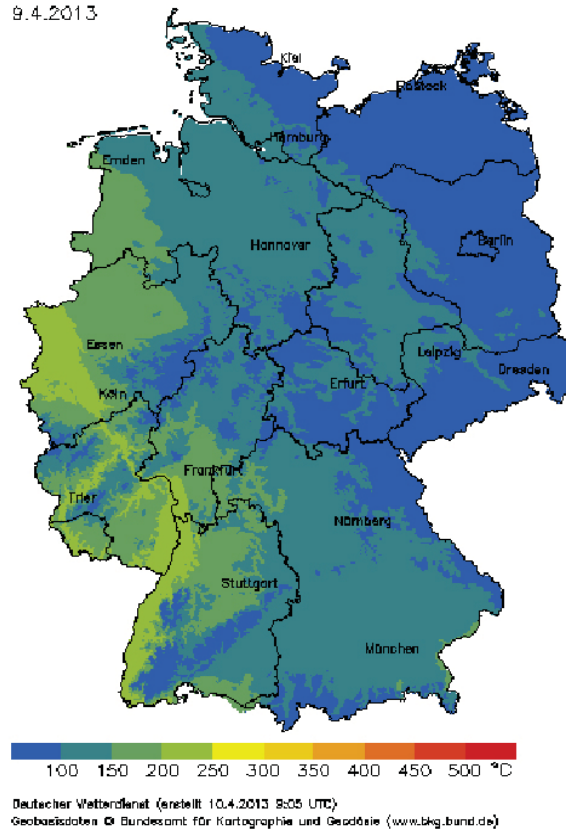


Abb. 3: Temperatursumme für Grünland am 09.04.2012 und 09.04.2013

Die Abb. 3 zeigt einen Vergleich der Temperatursumme für Grünland am 9. April der Jahre 2012 und 2013. Während 2013 die 200°C Marke, die für den Zeitpunkt des Ergrünnens steht, nur vereinzelt im Südwesten Deutschlands erreicht war, war diese im Vorjahr schon nahezu flächendeckend überschritten.

Der **April** begann wie der März endete - mit einer kalten Ostströmung und Schneedecke, die erst in der 2. Monatsdekade taute. Danach lenkten Tiefdruckgebiete deutlich mildere und feuchtere Luft nach Deutschland. Mit einer Kaltfrontpassage vom 26. bis 27. April gab es zum Monatsende einen erneuten Kälterückfall mit Aprilwetter. Insgesamt war der April aber normal temperiert und die Sonnenscheindauer lag knapp unter dem langjährigen Mittel. Der April fiel vor allem durch Trockenheit auf (Abb. 6). Während dies anfangs noch günstig war, da

nach dem Auftauen der Schneedecke und Abtrocknen der Böden endlich mit den landwirtschaftlichen Arbeiten begonnen werden konnte, war die Oberkrume in der letzten Monatsdekade recht trocken. Insgesamt führten die ansteigenden Temperaturen und leichten Niederschläge zu guten Keim- und Auflaufbedingungen der Frühjahrssaaten wie Sommergetreide, Kartoffeln, Hafer und Zuckerrüben. Die trockenen und sonnigen Phasen wurden immer länger, so dass bei den Landwirten ebenfalls die Ausbringung von Gülle, Grünlandpflege- sowie Pflanzenschutzmaßnahmen möglich waren. Somit hat die Vegetation ab dem 13. und 14. April einen kräftigen Wachstumsschub vollbracht, der den Rückstand zum Monatsende auf 1 bis 2 Wochen verkürzte. Damit einhergehend kam es allerdings auch zu einem erhöhten Aufkommen von Rapsschädlingen.

In der 1. Monatshälfte zeigte sich der **Mai** mit einigen freundlichen und warmen Abschnitten noch von seiner guten Seite. Es folgten Tiefdruckgebiete mit reichlich Niederschlag im Gepäck. Insbesondere in der 2. Monatshälfte gab es ergiebigen Dauerregen und starke Schauer (Abb. 4). Selten war ein Mai in Deutschland so regenreich. Zudem war das Land meteorologisch zweigeteilt: in eine kältere und sonnenscheinarme Westhälfte sowie eine warme Osthälfte mit deutlich mehr Sonnenscheinstunden. Während zu Monatsbeginn die landwirtschaftlichen Pflanzenschutzmaßnahmen noch weitgehend planmäßig verliefen, konnten die Arbeiten aufgrund der nachfolgenden intensiven Regenfälle nicht weiter durchgeführt werden. Die Befahrbarkeit des Bodens war stark eingeschränkt, zum Teil unmöglich. Entweder waren die Böden vollständig mit Wasser gesättigt oder übersättigt. Durch diese extreme Bodenfeuchte, stehendes Wasser auf den Feldern und Überschwemmungen kam es zu ersten landwirtschaftlichen Schäden: Fäulnisbefall und Pilzkrankheiten bei Erdbeeren, Spargel, Kartoffeln, Mais sowie Wassererosion auf den Feldern. Gleichzeitig machte der kräftige Wind der Landwirtschaft zu schaffen. Dadurch gingen Getreidebestände wie Roggen und Gerste ins Lager. Trockenes und warmes Wetter für den ersten Grünland- bzw. Silageschnitt fehlte fast gänzlich. Der Rückstand der Vegetationsentwicklung betrug zum Monatsende und damit zu Beginn des Sommers noch 5 bis 10 Tage.

Die seit Ende Mai anhaltenden extremen Dauerniederschläge setzten sich in den ersten **Junitagen** fort (Abb. 4). Vor allem in Ost- und Süddeutschland kam es in Flussnähe zu Überflutungen durch Hochwasser an Elbe und Donau. Es folgte eine kurze, aber sehr intensive Hitzewelle vom 16. bis 20. Juni, die zum kalendarischen Sommeranfang am 21. Juni durch eine markante Kaltfront mit Gewittern verdrängt wurde. Die Temperaturen lagen insgesamt leicht über den Normalwerten, die Sonnenscheindauer war ausgeglichen. Deutschlandweit war es ein schwieriger Monat für die Landwirtschaft. Die unbeständige Witterung ließ Pilzinfektionen und die Aktivität tierischer Schaderreger ansteigen. Die nur sehr kurzen, trockenen Zeitfenster wurden für die Bekämpfung genutzt. Regionsbezogen konnten diese Tage auch für Silageschnitt und teilweise für Heuwerbung genutzt werden. Fast im gesamten Monat war aber die Feldbefahrbarkeit in den vom Hochwasser betroffenen Gebieten und auch außerhalb nicht möglich oder stark eingeschränkt. Die Bestände erlitten durch Starkregen, Hagelschlag und Sturmböen sowie stehendes Wasser erhebliche Schäden bis hin zum Totalausfall.

Nachdem der Juni buchstäblich ins Wasser gefallen war, bescherte der **Juli** ein sommerliches Traumwetter. Zum Anfang des Monats stellte sich die Wetterlage grundlegend um, es dominierte hoher Luftdruck. Der brachte außergewöhnlich viel Sonnenschein. Die Temperaturen waren in den beiden ersten Monatsdritteln angenehm. Zu

diesem Zeitpunkt war die Wasserversorgung im Boden noch ausreichend. Danach herrschte große Trockenheit bei zunehmender Hitze und Schwüle (Abb. 4). Örtlich traten kräftige Gewitter mit Hagel und Regengüssen auf. Deutschlandweit reichten die Juliniederschläge für die Landwirtschaft aber nicht aus. Die Niederschlagsarmut und die immer weiter zurückgehenden Bodenwasservorräte beeinträchtigten die Pflanzenwelt. Durch die trockene Witterung stieg die Brandgefahr in der Land- und Forstwirtschaft deutlich an. Raps und Getreide in der Kornfüllungsphase litten zunehmend unter Trockenheit. Die Getreideabreife vollzog sich aber umso schneller. Sowohl der anschließende Mähdrusch als auch die Heuwerbung konnten bei besten meteorologischen Bedingungen durchgeführt werden. Kartoffel und Mais hatten ebenfalls mit Wassermangel zu kämpfen, während Zuckerrüben noch am besten zurechtkamen. Die Kulturen wurden somit beregnet – besonders im Obst- und Gemüsebau. Aufgrund der langen Trockenheit war allgemein der Infektionsdruck gering.

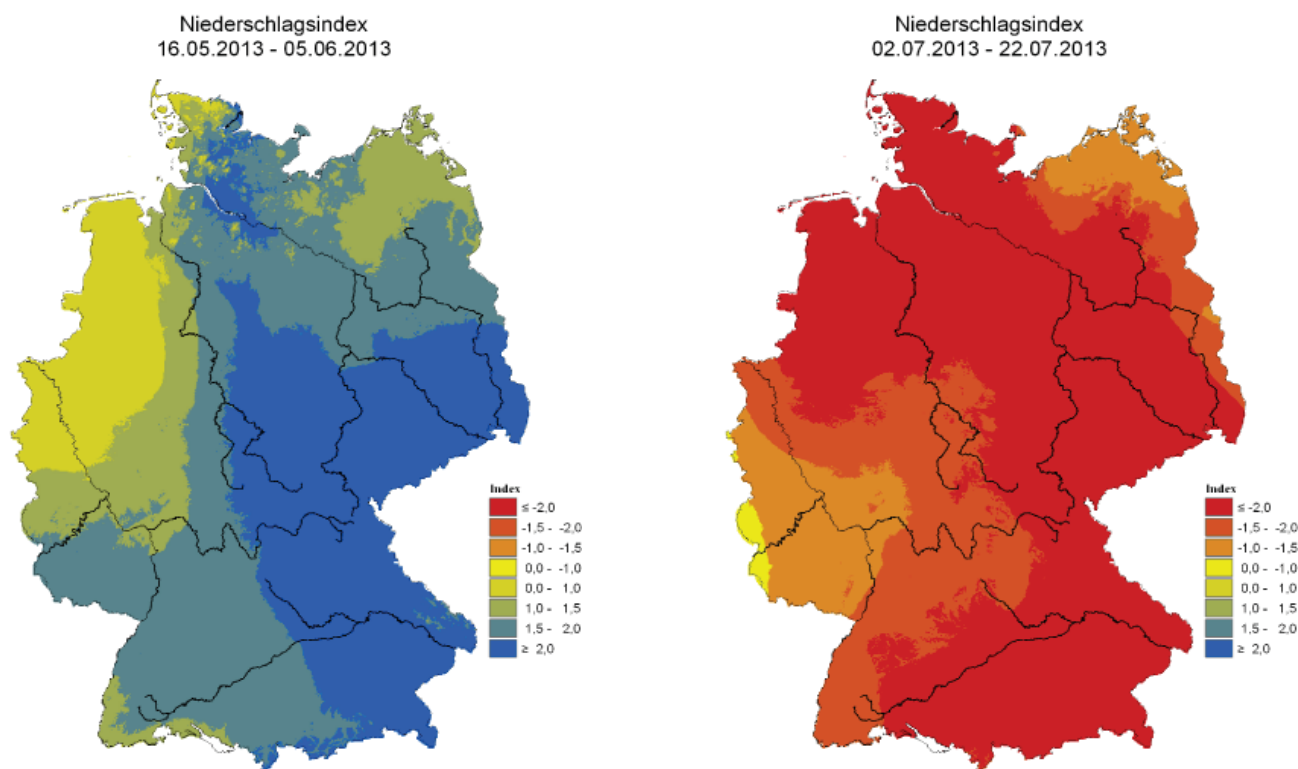


Abb. 4: Niederschlagsindex (SPI) vom 16.05.-05.06.2013 und 02.07.-22.07.2013

- SPI-Klassen:
- ≤ -2.0 : extrem zu trocken
 - -1.5 bis -2.0 : deutlich zu trocken
 - -1.0 bis -1.5 : mäßig zu trocken
 - 0.0 bis -1.0 : fast normal (etwas zu trocken)
 - 0.0 bis 1.0 : fast normal (etwas zu feucht)
 - 1.0 bis 1.5 : mäßig zu feucht
 - 1.5 bis 2.0 : deutlich zu feucht
 - ≥ 2.0 : extrem zu feucht

Die Abb. 4 zeigt zwei Karten des international gebräuchlichen Standardized Precipitation Index (SPI), der die Niederschlagsanomalie in statistischer Form beschreibt. Kennzeichnend ist die Niederschlagssituation für den extrem feuchten 21-Tage-Zeitraum 16. Mai bis 05. Juni und die gleichlange extrem trockene Periode 02. bis 22. Juli. Vergleichszeitraum sind die entsprechenden Tage der Jahre 1961 bis 1990.

Der **August** präsentierte sich anfangs sommerlich heiß und zum Ende hin eher herbstlich kühl. Trotz allem war es ein ganz typischer Sommermonat mit Hitzeperioden, die nur kurzzeitig von kühleren Abschnitten und Gewittern mit Starkregen sowie Hagelschlag unterbrochen wurden. Die Niederschläge fielen selten flächendeckend, so dass die Bodenfeuchtesituation regional unterschiedlich ausfiel. Es gab viele Regionen, wo Wasserstress herrschte und Beregnung notwendig war, aber auch Gebiete mit einem Überangebot an Bodenfeuchtigkeit. Da sich keine länger andauernden Regenperioden durchsetzten, liefen die Ernte und die anschließende Strohbergung auf Hochtouren. Nur ab und zu mussten die Mähdrescher aufgrund

von Regenschauern mit teils unwetterartigem Charakter eine Pause einlegen. Zeit für Drusch und Silageschnitte gab es jedoch genug. Bis ungefähr zur Monatsmitte waren in vielen Regionen die Getreide- und Winterrapsenernte weitgehend abgeschlossen, so dass nach der anschließenden Stoppelbearbeitung und Saatbettbereitung termingerecht mit der Neuaussaat des Winterrapses begonnen werden konnte. Aufgrund von größeren Regenmengen am Monatsende bestand nach der Rapsaussaat die Gefahr von Erosion und Verschlammung. Landwirtschaftliche Tätigkeiten mussten oft unterbrochen werden.

Der **September** war anfangs und am Ende spätsommerlich schön, dazwischen kühl und nass. Nach einer kurzen Hitzeperiode leitete ein Temperatursturz abrupt den Herbst ein. Zwei Wochen dominierte eine kühle, unbeständige Wetterlage. Dann sorgten Hochdruckgebiete für teils sonniges, aber oft neblig-trübes Wetter. In der ersten Dekade konnten alle Feldarbeiten, wie noch ausstehende Rapsbestellung, Vorbereitung der Wintergetreideaussaat oder Grünlandschnitte, fortgesetzt werden. In Süddeutschland nutzten Landwirte die hohen Ver-

dunstungsraten für einen Heuschnitt. Die Böden waren zunächst recht trocken. Der folgende Niederschlag, der bereits zur Monatsmitte vielerorts das Soll überschritt, füllte die Böden auf und ließ die Bodenfeuchten ansteigen (Abb. 6). Die Befahrbarkeit verschlechterte sich nach und nach. Der viele Regen, kühle Temperaturen und wenig Sonne brachten im September eine vergleichsweise langsame Vegetationsentwicklung mit Ernteverzögerungen bei Silomais, Zuckerrüben, Kartoffeln und Apfel. Zuckerrüben profitierten noch am ehesten von der Nässe - mit überdurchschnittlicher Zunahme des Rübengewichts und verlustarmer Rodung. Beim Getreide geriet die Winteraussaat, insbesondere von Wintergerste, ins Stocken.

Nach freundlichem Start beherrschten Tiefdruckgebiete das Wetter im **Oktober**. Die häufigen Niederschläge ließen nur wenig Platz für sonnige Abschnitte. Ab der zweiten Monatshälfte floss zudem ungewöhnlich warme Luft nach Deutschland, so dass der Oktober deutlich zu mild, aber sehr nass und sonnenscheinarm ausfiel. Nebel oder Hochnebel gab es kaum. Stellenweise trat am Anfang und Ende des Monats Luft- und Bodenfrost auf. Am Monatsende tobte das schwere Orkantief „Christian“, welches in der Land- und Forstwirtschaft erhebliche Schäden verursachte.

Wie bereits im September konnten zum Monatsbeginn die Ernte von Silomais, Zuckerrüben und Kartoffeln sowie die Bestellung der Winterungen meist zügig fortgesetzt werden. Erst durch die ergiebigen Regenfälle wurden die Bedingungen zunehmend ungünstiger (Abb. 6). Feldarbeiten mussten teilweise ruhen. Durch die ständigen wetterbedingten Unterbrechungen im vorherigen und aktuellen Monat zogen sich die Erntemaßnahmen generell bis weit in den Oktober hinein. Das termingerechte Ausbringen von Gülle auf Ackerland wurde erheblich erschwert. Etwas Positives hatte jedoch das viele Nass: die Bodenwasservorräte konnten gebietsweise gut aufgefüllt werden. Nachdem der bisherige Herbst die Nerven der Landwirte strapaziert hatte, normalisierte sich die Lage zum Monatsende. Vielerorts erfolgte aufgrund der milden, trockenen Witterung ein abschließender Grünlandschnitt. Auch die phänologische Entwicklung ging nun zügig voran. Die Blattverfärbung der Bäume und Sträucher nahm immer weiter zu. Zum Ende des Monats setzte bereits der Blattfall der Stieleiche, der die phänologische Jahreszeit des Winters einläutete, ein.

Abb. 5 zeigt die Bodenfeuchte in 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm in Prozent nutzbarer Feldkapazität (nFK) am 10.11.2013 in Deutschland. Bei Werten von nahezu

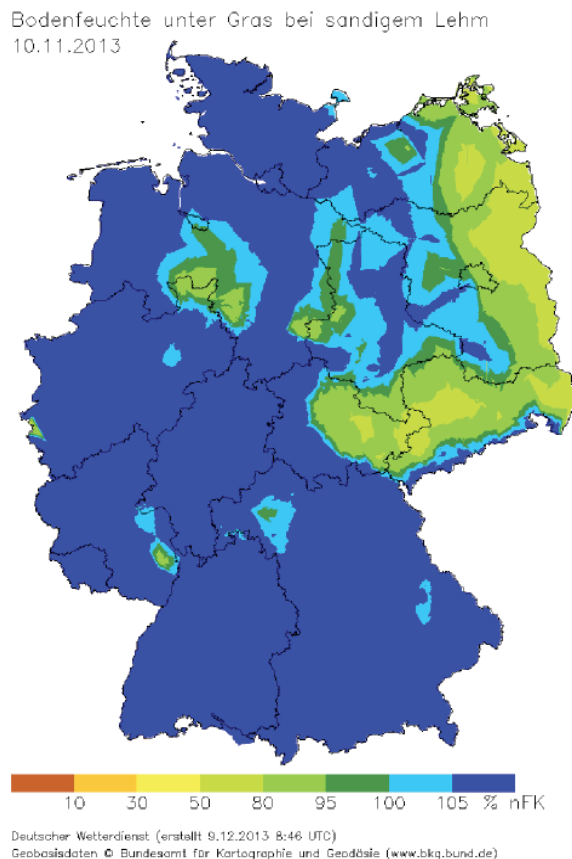


Abb. 5: Bodenfeuchte in 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm am 10.11.2013

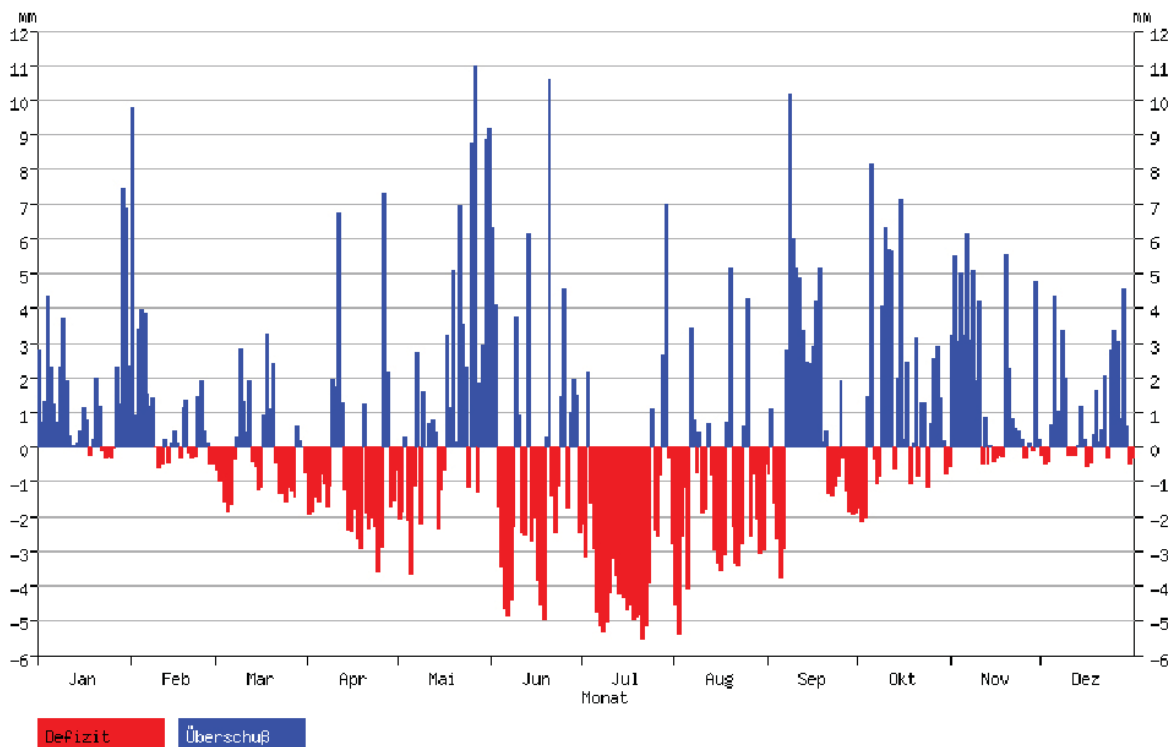
flächendeckend > 100 %nFK waren die Böden überwiegend wassergesättigt.

Im **November** befand sich Mitteleuropa zunächst in einer westlichen Strömung. Die zahlreichen Tiefdruckgebiete führten milde Luftmassen heran und brachten reichliche Niederschläge. Im zweiten Monatsdrittel gelangte Deutschland vielfach unter Hochdruckeinfluss mit jahreszeitlich angepassten Temperaturniveau und viel Nebel oder Hochnebel. Im letzten Drittel wechselten sich mildere und kältere sowie trockene und nasse Tage einander ab. Insgesamt fiel der November wie der Oktober zu mild und zu nass und sonnenscheinarm aus. Die zu Monatsbeginn ungewöhnlich warme Witterung ließ so noch pflanzliche Entwicklungen zu. Häufige Niederschläge sorgten dafür, dass sich die Bodenwasservorräte weiter füllten (Abb. 6). Fast überall waren die Böden in einer Schicht von 0 bis 60 cm Tiefe unter Gras mit Wasser gesättigt oder sogar übersättigt (Abb. 5). Das behinderte auch die letzten Ernte- und Aussaatarbeiten. Im weiteren Monatsverlauf wurde es zunehmend kühler und zum Monatsende winterlich. Die niedrigeren Temperaturen beendeten somit jegliche Pflanzenvegetation. Vielerorts drang Frost durch die nicht vorhandene Schneedecke in die Böden ein. Damit wurden die Pflanzen allmählich abgehärtet. Eine erste Schneedecke gab es nur im südlichen Flachland. Der Blattfall schritt weiter voran und war

bereits bis zur Monatsmitte weitgehend abgeschlossen. In der Pflanzenwelt stellte sich somit die Winterruhe ein.

Der **Dezember** fiel nicht nur sehr warm und sonnig aus, sondern auch recht trocken. Im Laufe des Monats bildeten sich immer wieder Tiefdruckgebiete über dem warmen Meerwasser des Nordatlantiks, die meist für einen Zustrom sehr milder Luft nach Deutschland sorgten. Der „Wärme“-Höhepunkt wurde an Heiligabend erreicht. Die Ursache dafür war Orkantief „Dirk“, welches frühlingshafte Temperaturen und Sturm brachte. Schon Anfang Dezember hatte Orkantief „Xaver“ Orkanböen an der Küste und eine Sturmflut in Hamburg ausgelöst. Schnee und leichte Nachtfröste traten allenfalls an ein paar Tagen in der 1. Monatshälfte auf, wobei die Böden nur oberflächlich gefroren. Es gab keine Auswinterungsschäden. Die Zwischenfrüchte konnten allerdings, aufgrund des fehlenden Frostes, nicht abfrieren. Trotz der milden Temperaturen und des oft windigem Wetters trockneten die Böden aber kaum ab, womit sie fast deutschlandweit wassergesättigt blieben (ausgenommen davon sind die östlichen Teile des Bundesgebiets). Phänologisch betrachtet, war zum Monatsbeginn überall die Vegetationsruhe eingeleitet. Aufgrund der milden Witterung lockerte sich diese zunehmend in der 2. Monatshälfte. Stellenweise blühten die ersten Haselsträucher. Die Zuckerrübenkampagne wurde fortgesetzt.

Wasserbilanz für Deutschland 01.01. bis 31.12.2013



Deutscher Wetterdienst (erstellt 05.01.2014 12:39 UTC)
 Kontakt: Landwirtschaft@dwd.de

Abb. 6: Wasserbilanz für Deutschland vom 01.01.-31.12.2013

Bodenfeuchte und Mikroklima

Schlagzeile:

Nach einem milden Januar überraschte der März mit extrem hohen Bodenfrosteindringtiefen. Ende Mai, Anfang Juni, sorgten extreme Niederschläge, verbunden mit hohen Bodenfeuchten, vielerorts einerseits für

Überschwemmungen, andererseits aber auch für günstige Voraussetzungen bei der Wasserversorgung der Winterfrüchte.

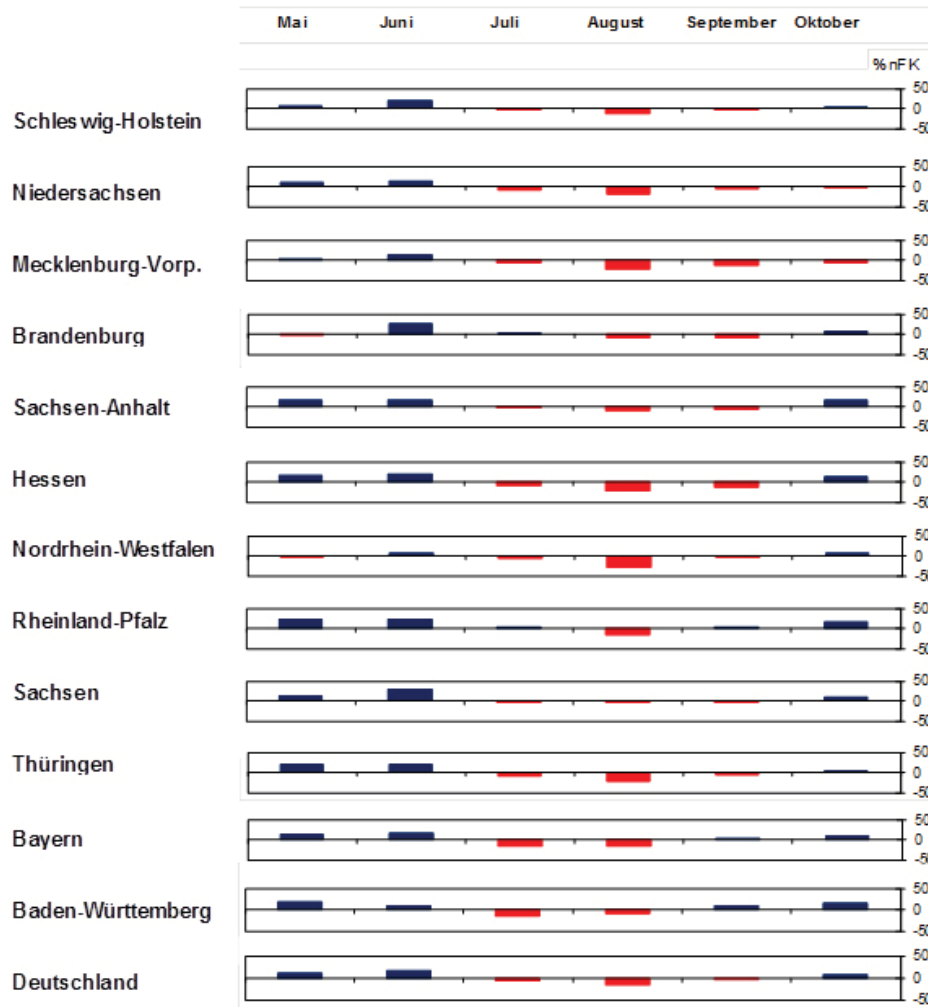


Abb. 7: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (%nFK) im Jahr 2013 vom langjährigen Mittelwert 1962 - 2006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2013

Nachdem der Mai und Juni in den meisten Regionen deutlich höhere Bodenfeuchten aufwiesen als im langjährigen Mittel und vielerorts die Sättigungsgrenze der Feldkapazität erreichten bzw. überschritten, wurde dieser Überschuss nachfolgend deutlich reduziert. Der Juli zeigte schon eine deutliche Abnahme und der August wies nahezu in der gesamten Bundesrepublik ein deutliches Defizit bei der Bodenfeuchte vom langjährigen Mittelwert auf (Besonderheiten zur Bodenfeuchte siehe auch unter „Besondere Situation 2013“).

Mikroklima 2013

Nachdem die Landwirtschaft in den letzten Jahren vermehrt durch milde Winter und einen frühen Vegetationsbeginn überrascht wurde und diese Verhältnisse im Januar auch noch ähnlich begannen, stellten sich dann im Februar und erst recht im März extrem niedrige Bodentemperaturen ein, die dann zu hohen Bodenfrosteindringtiefen führten (siehe S.39). Die Sommermonate Juli und August zeigten sich, was insbesondere die Erntebedingungen angeht, von der positiven Seite. Markant waren die milden Monate Oktober bis Dezember mit deutlich nach oben abweichenden Bodentemperaturen und einer extremen Vegetationsentwicklung.

Besondere Situation 2013

**Das Jahr 2013 wies mit extremen Bodenfrostein-
dringtiefen im März und extremen Bodenfeuchten
Ende Mai zwei markante außergewöhnliche Situa-
tionen auf**

Extrem hohe Bodenfrostein- dringtiefen

Der deutlich zu kühle März 2013 zeigt seine Auswirkungen auf das Bodenklima. Dieses wird unter anderem deutlich bei den Bodenfrostein-
dringtiefen. Während in vielen Jahren der März für die Bestellung von Sommer-
getreide oder Rüben genutzt wird, war dieses in 2013 in vielen Regionen ausgeschlossen. Die Abb. 8 zeigt die
Extremwerte der Bodenfrostein-
dringtiefen als Mittel der
letzten Märzwoche. Dabei wird deutlich, dass in vielen
Teilen Deutschlands seit 1962 noch nie für diesen Zeit-
raum so hohe Frostein-
dringtiefen erreicht wurden. Nur
dort, wo eine schützende Schneedecke vorhanden war
wie im Nordosten Deutschlands, wurden in der Regel

keine Extremwerte ermittelt. Die Abb. 9 zeigt die be-
rechneten tatsächlichen Bodenfrostein-
dringtiefen für denselben Zeitraum. Für Landwirte, die ihre Frühkar-
toffeln vor dem Kälteeinbruch bereits gepflanzt hatten,
allerdings mit Folie oder mit bis zu dreifacher Folie, war
die Situation Ende März alles andere als entspannt. Nach
der Frostperiode hatten jedoch erstaunlich viele Kartof-
feln die Phase überstanden. Allerdings machten sich
diese Bedingungen später in Form von extrem vielen
kleinen Kartoffeln bemerkbar, die kaum zu vermarkten
waren.

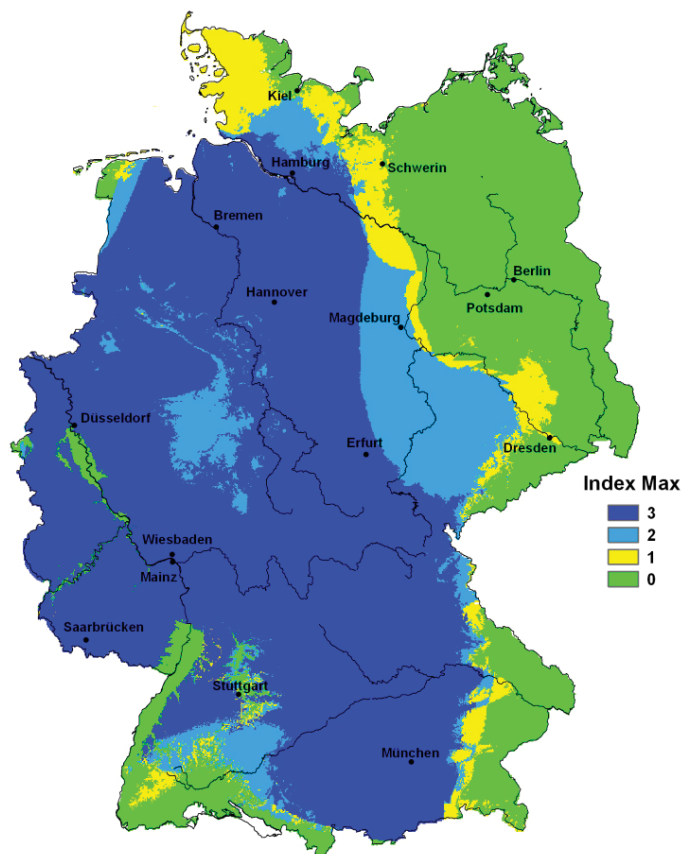


Abb. 8: Extremwerte der Frostein-
dringtiefen am 25.03.2013

- 3 - der höchste Frostein-
dringtiefe wird überschritten - neues absolutes Maximum
- 2 - die zweithöchste Frostein-
dringtiefe wird überschritten
- 1 - die dritthöchste Frostein-
dringtiefe wird überschritten
- 0 - kein Maximum überschritten

Für jeden Rasterpunkt werden für den betrachteten Tag aus dem Zeitraum 1961 bis zum letzten Jahr die drei höchsten Frostein-
dringtiefen be-
stimmt. Für denselben Tag im aktuellen Jahr werden diejenigen Gebiete gekennzeichnet, in denen einer der drei Maxima überschritten wird.

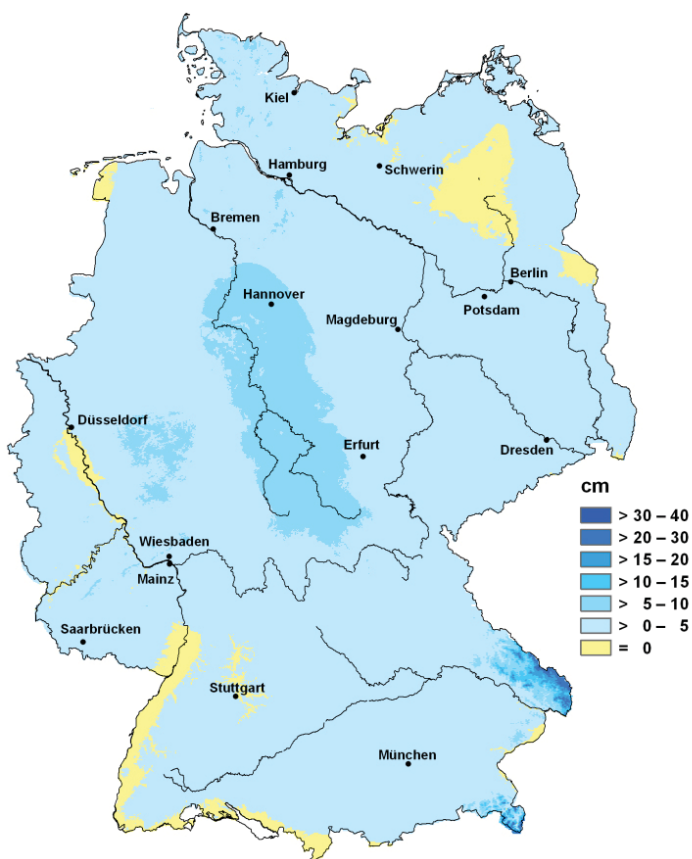


Abb. 9: Berechnete Frosteindringtiefen am 25.03.2013

Extrem hohe Bodenfeuchten

Nach zahlreichen Frühjahrsdürren in den vergangenen Jahren lagen 2013 Ende Mai die Bodenfeuchten nahe oder über der Feldkapazität.

Böden, die 2012 mit einer extremen Frühjahrstrockenheit zu tun hatten, wiesen 2013 exakt das Gegenteil auf. Auf mehr als 40 % der Fläche der Bundesrepublik hatten sich schon vor dem Hochwasser so hohe Bodenfeuchten eingestellt, wie sie bisher seit 1962 noch nicht beobachtet wurden. Auf ca. 30 % der Fläche hat es solche Werte erst einmal gegeben. Die Abb. 10 zeigt die Bedingungen am Beispiel von Flächen mit Wintergetreide auf leichten Standorten. Während im Mittel die Bodenfeuchten Ende Mai in Deutschland ca. 60 % nutzbarer Feldkapazität aufweisen, lagen sie 2013 zu diesem Zeitpunkt bei 95 %. Der überwiegende Teil der landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland war bezogen auf die Feldkapazität übersättigt, d.h. es trat Sickerwasser auf und die Flächen waren nicht befahrbar. Ausnahmen gab es im Wesentlichen im äußersten Osten und Westen des Landes. Während unter mittleren Bedingungen zu dieser Jahreszeit kaum Sickerwasser auftritt und die Beregnungslandwirte normalerweise schon die zweite Beregnung durchführen,

wurden 2013 bis Ende Mai mittlere Sickerwasserbewegungen berechnet, die in der Größenordnung einer Beregnungsgabe von ca. 30 mm lagen. Dabei waren selbstverständlich große räumliche Unterschiede vorhanden.

Auch wenn es lokal und in speziellen Kulturen zu Problemen kam, waren die negativen Folgen auf Ertrag und Qualität nicht so gravierend wie längere Trockenheitsperioden.

Aber die Feldarbeiten, insbesondere die Erntearbeiten im Spargel oder die Bestellarbeiten in den Sonderkulturen aber auch die Herbizidbehandlungen in den Hackfrüchten, wurden stark behindert.

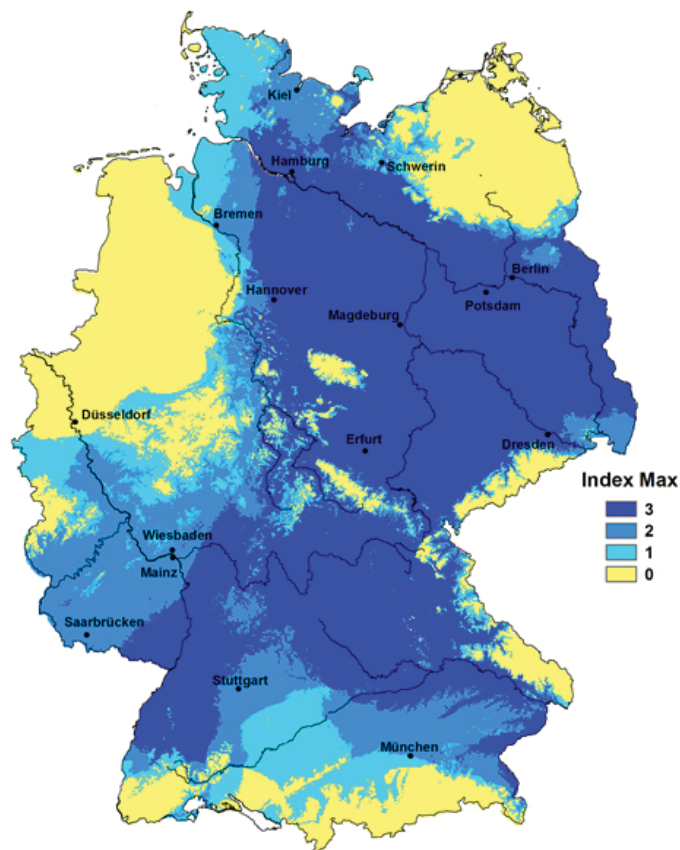


Abb. 10: Extremwerte der Bodenfeuchte am 31.05.2013

- 3 – der niedrigste Bodenfeuchtwert wird unterschritten – neues absolutes Minimum
- 2 – der zweitniedrigste Bodenfeuchtwert wird unterschritten
- 1 – der drittniedrigste Bodenfeuchtwert wird unterschritten
- 0 – kein Minima unterschritten

Wetter und Wein 2013

Auch wenn noch einige Trauben am Stock hängen: Das Weinjahr ist so gut wie gelaufen. Daher wollen wir zum Abschluss der Vegetationsperiode einen Rückblick auf 2013 bringen.

Das Jahr begann aus meteorologischer Sicht mit einem Fehlstart. Nach einem milden Jahresbeginn erfolgte Mitte Januar der erste „Dämpfer“: Ab dem 14. **Januar** herrschte fast zwei Wochen lang Dauerfrost mit nächtlichen Tiefstwerten unter -7°C . Zwar gab es zum Monatsende mit Höchstwerten bis 14°C einen Hauch von Frühling, doch auch das blieb nur eine Episode. Denn die beiden Folgemonate fielen mit Wärmedefiziten von $-1,4\text{ K}$ (**Februar**) und $-3,6\text{ K}$ (**März**) deutlich zu kühl aus. Die Reben verharrten lange im Winterschlaf.

Im durchwachsenen **April** stand etlichen zu kühlen Phasen auch eine erste frühlommerliche Periode gegenüber, in der mehrmals an der 25°C -Marke gekratzt wurde. Die rasche Erwärmung schlug sich bei den Reben in einer rasanten Entwicklung vom „Beginn des Knospenschwellens“ bis zum Austrieb nieder. Am Referenzweinberg des Weinbauamts Eltville im Eltviller Sonnenberg wurde der

Austrieb für den Riesling am 29. April, drei Tage nach dem langjährigen Mittel beobachtet.

Leider ging die Entwicklung nicht so zügig weiter. Ein deutlich zu kalter und zu nasser **Mai**, in dem die Nachttemperaturen am Monatsende bis auf $2,5^{\circ}\text{C}$ zurückgingen – in ungünstigen Lagen bestand erhöhte Frostgefahr – verzögerte die Rebenentwicklung stark. Insgesamt war der Mai alles andere als ein „Wonnemonat“. Die Sonne schien ungewöhnlich selten, dafür übertraf der Regen mit einer Monatssumme von mehr als 90 Litern Regen auf den Quadratmeter das Soll fast um das Doppelte – mit einem erhöhten Befallsdruck durch die Peronospora als unangenehme Folge.

Etwas besser wurde es im **Juni**, der zwar – wie zuvor – alle Monate seit Februar – erneut zu kühl ausfiel, aber auch die erste Hitzewelle des Jahres brachte: Vom 17. bis 19. Juni lagen die Mittagstemperaturen über 35°C . Rekordhalter wurde Hochheim mit einem Spitzenwert von 37°C , doch auch diesmal folgte die „kalte Dusche“ auf dem Fuß. Schauerwetter und ein Temperatursturz um fast 20°C zum Monatsende wirkten sich negativ auf die

Rebblüte aus. Waren zuvor die Spitzenlagen zügig durch die Blüte gekommen, traf die Abkühlung nun die etwas späteren, guten bis mittleren Lagen mit voller Wucht. Die kühle und feuchte Witterung führte zu einem schleppenden Blühverlauf und es kam zu Rieselschäden. Diese sind zwar bis zu einem gewissen Grade erwünscht, fielen in diesem Jahr aber vielfach zu stark aus – was sich vier Monate später bei der Lese schmerzlich bemerkbar machen sollte. Der Riesling im Eltviller Sonnenberg blühte am 20. Juni – und damit eine knappe Woche später als im Durchschnitt der letzten 30 Jahre.

Beim Ertragspotenzial konnte auch der erste „echte“ Sommermonat nichts mehr retten, bei den qualitativen Erwartungen schon eher. Denn mit wenig Regen, reichlich Sonnenschein und einem deutlichen Wärmeüberschuss nahm die Rebentwicklung im **Juli** wieder an Fahrt auf. Bei heißen Tagen und milden Nächten war die Blüte bis zum 10. Juli auch in den Randlagen beendet. Dennoch: Die wechselhafte Witterung führte dazu, dass sich die Blüte im Rheingau in diesem Jahr über fast vier Wochen hinauszog.

Dank der nassen Vormonate Mai und Juni hatte sich bis Anfang Juli ein Regenüberschuss von mehr als 50 mm aufgebaut. Dieser Wasservorrat sollte sich im trockenheißen Juli als Segen erweisen. Vom 4. bis 27. Juli fiel kein Tropfen Regen, und das bei hochsommerlichen Temperaturen über 30°C und potenziellen täglichen Verdunstungsraten zwischen 6 und 8 mm. Der hohe Wasserverbrauch führte zum Monatsende auf leichten Böden zu ersten Wasserstresssymptomen.

Mit einer Monatsmitteltemperatur von 21,8°C wurde der Juli 2013 zum 5.-wärmsten Juli seit Beginn der Geisenheimer Wetteraufzeichnungen im Jahr 1885. Wärmer waren 2006, 1994, 1995 und 1983. Allein acht heiße Tage (Max. $\geq 30^\circ\text{C}$) mit Spitzenwerten bis 37,5°C am 29. sorgten für nachhaltigen Hitzestress, führten aber auch zu einer beschleunigten Rebentwicklung. Bis Monatsende konnten die Reben einen beträchtlichen Teil des Vegetationsrückstandes aufholen. Anfang **August** standen die Anlagen trotz andauernder Hitze meist gut da. Sonnenbrand war überraschend nur vereinzelt zu sehen. Beim Frühburgunder setzte bereits die Verfärbung ein.

Nach sehr heißem Start verliefen der August und nachfolgend auch der **September** hinsichtlich Temperatur und Niederschlägen weitgehend normal. Reifebeginn für den Riesling war im Referenzweinberg am 24. August, vier Tage später als im Durchschnitt der letzten 30 Jahre, aber elf Tage hinter dem Durchschnitt von 2001 bis 2010. Aufgrund des weiterhin normalen Temperaturverlaufes nahmen die Mostgewichte kontinuierlich zu. Am 14.10. lag das Mostgewicht im Durchschnitt von 26 gemessenen Standorten beim Riesling bei stolzen 86° Oechsle – allerdings auch bei nicht minder „stolzen“ Säurewerten.

War die Qualität also durchaus zufriedenstellend, konnte das nicht für die Menge gelten. Nachdem schon das

schlechte Blütewetter die Ertragserwartungen gedämpft hatte, taten häufige Niederschläge und hohe Luftfeuchte im **Oktober** ein Übriges: Obwohl viele Anlagen bis dahin noch weitgehend gesund gewesen waren und bei einer zu frühen Lese im September Qualitätspotenzial verschenkt wurde, setzte die Fäulnis nun schlagartig ein. Die Trauben mussten in sehr kurzer Zeit eingebracht werden und das ungewöhnlich warme Spätsommerwetter der letzten Oktobertage konnte nicht mehr genutzt werden. Wer zu lange wartete, riskierte einen weiteren Rückgang der Erntemenge. Bis 20. Oktober waren 90 bis 95 % der Ernte eingebracht.

Ertragsmäßig rechnete das Weinbauamt Eltville insgesamt mit einer unterdurchschnittlichen Ernte – bei großer Spannbreite. Was jedoch positiv auffiel: Selten wurden Betriebe für qualitätssteigernde Maßnahmen so belohnt, wie in diesem Jahr. Investitionen in gut durchlüftete Laubwände, termingerechten Pflanzenschutz, Traubenteilen und moderate Bodenpflege erhielten die Trauben wesentlich länger gesund und führten zu einer beachtlichen Qualitätssteigerung. In diesen Lagen konnte die Ernte noch hinausgezögert werden – mit der Chance auf höchste Qualitäten in einem schwierigen Jahr, in dem die Entwicklung spät begann und dann aber im Herbst durch ungünstige Witterung ein rasches Ende nahm.

Den Verlauf des Jahres 2013 hinsichtlich der Mitteltemperaturen im Vergleich zu den letzten 30 Jahren, der Verteilung der Niederschläge und die Termine für Austrieb, Blüte, Reife und Lese zeigt die Abb. 11.

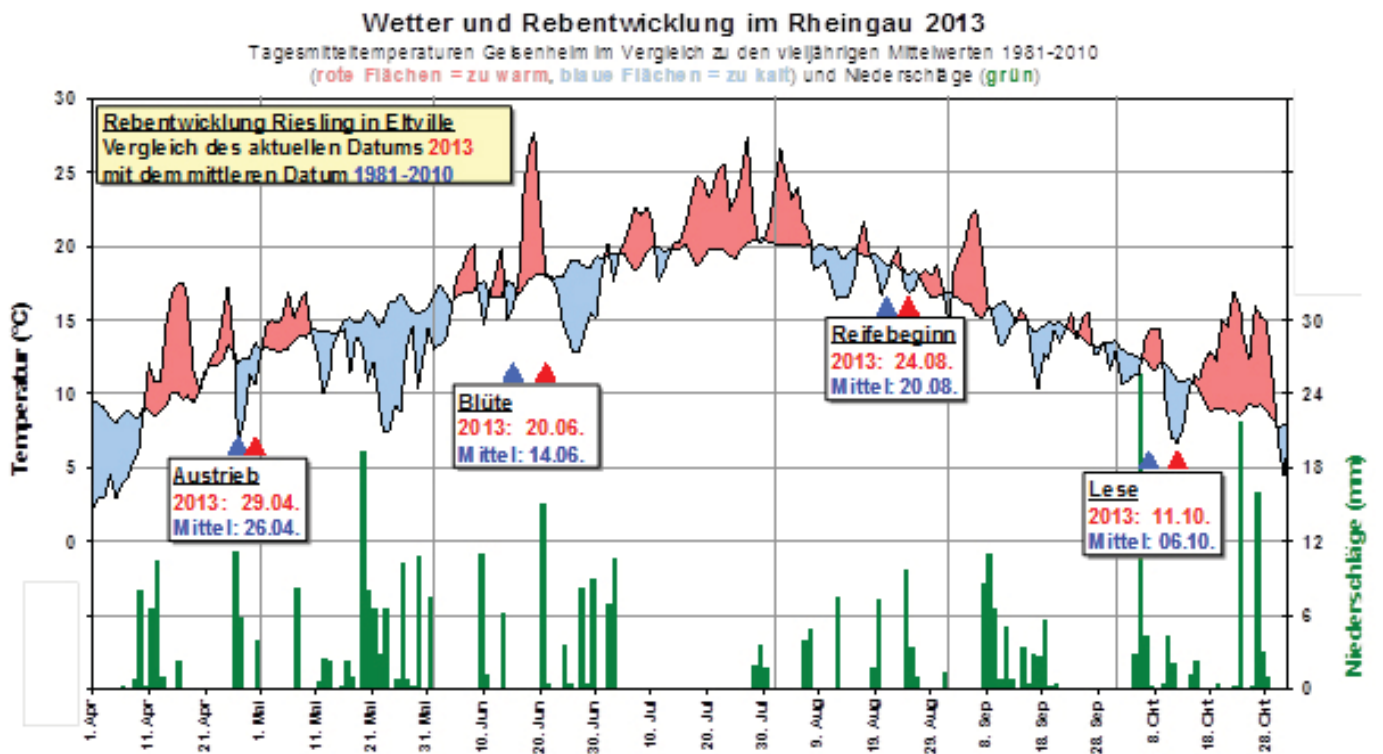


Abb. 11: Wetter und Rebentwicklung im Rheingau 2013

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann, H. Nitsche

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

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2013 dargestellt.

Dabei zeigen Schleswig und Stuttgart wieder sehr ähnliche Strömungsmuster. Im Januar herrschte in der Troposphäre im Mittel an beiden Stationen die für diesen Monat typische Nordwestströmung vor. Im Februar drehte die Strömung mit der Höhe sowohl über Schleswig als auch über Stuttgart auf Nord. Mit dieser meridional geprägten Strömung gelangte hochreichend Kaltluft nach Deutschland, die für einen markanten Temperaturrückgang sorgte. Während sich im März in den unteren Troposphärenschichten über Schleswig eine Ostströmung ausbildete, konnte über Stuttgart eine Anströmung aus südlichen Richtungen beobachtet werden. An beiden Stationen drehte der Wind mit der Höhe auf West bis Nordwest, womit die Strömung einen zonalen Charakter erhielt. Im April waren, wie schon 2012, überwiegend Südwestlagen wetterbestimmend, was auch durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart verdeutlicht wird. Im Mai herrschte über beiden Stationen eine troposphärische Strömung aus Südwest bis Süd vor, wobei bodennah im Mittel eine nordwestliche Anströmung beobachtet wurde. Ab Juni stellte sich über Deutschland eine Westdrift ein, die bis zum Jahresende stabil blieb. Dabei ist in Abb. 1 deutlich zu erkennen, dass Juli und September von Nordwestlagen dominiert wurden, während im August und Oktober Südwestlagen wetterbestimmend waren. Bodennah herrschten in diesen Monaten in Schleswig auch westliche Winde vor, während in Stuttgart die bodennahe Strömung von Monat zu Monat variierte.

In der Stratosphäre dominierte im Januar und Februar über beiden Stationen eine Nordwest- bis Nordströmung. Im März drehte die Strömung auf West und blieb bis Ende April stabil. Im Mai bildete sich sowohl über Schleswig als auch über Stuttgart in der oberen Stratosphäre eine Ostströmung aus. Diese Ostwindzirkulation blieb bis Ende August stabil. Dies verdeutlicht auch sehr gut die Zonalkomponentendarstellung in Abb. 1. Ab September herrschte über ganz Deutschland wieder eine stratosphärische Westströmung vor.

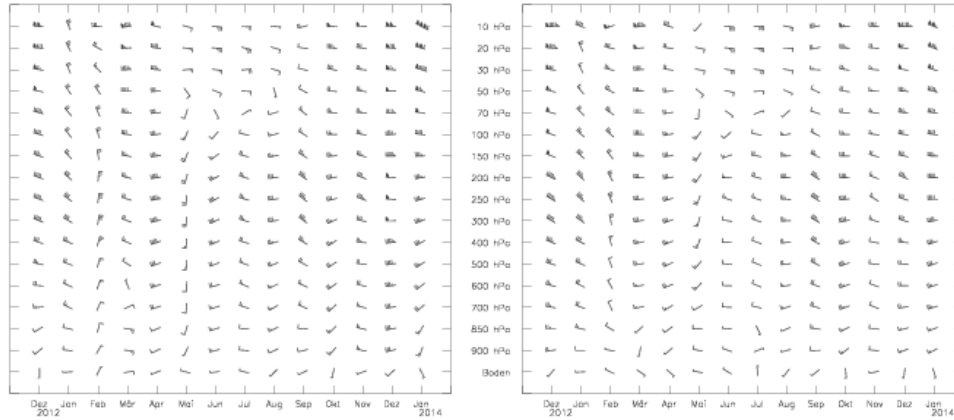
Jährlicher Gang des Höhenwindes nach monatlichen Mittelwerten

Schleswig

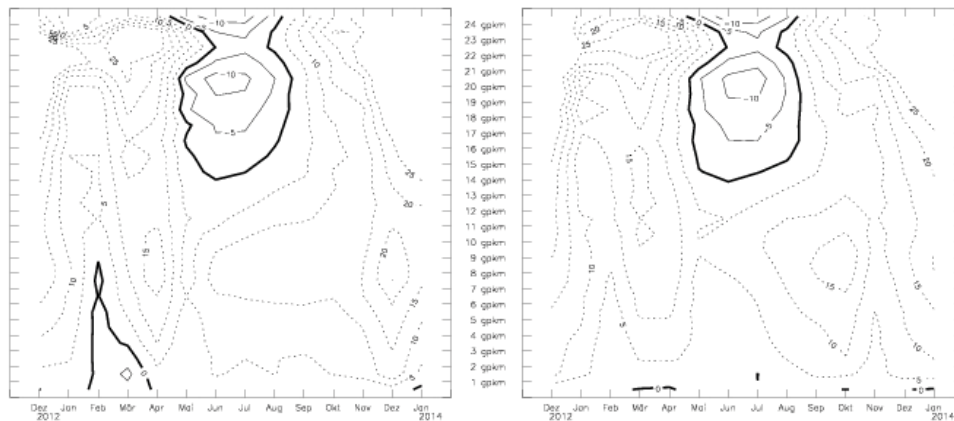
00 und 12 Uhr UTC

Stuttgart

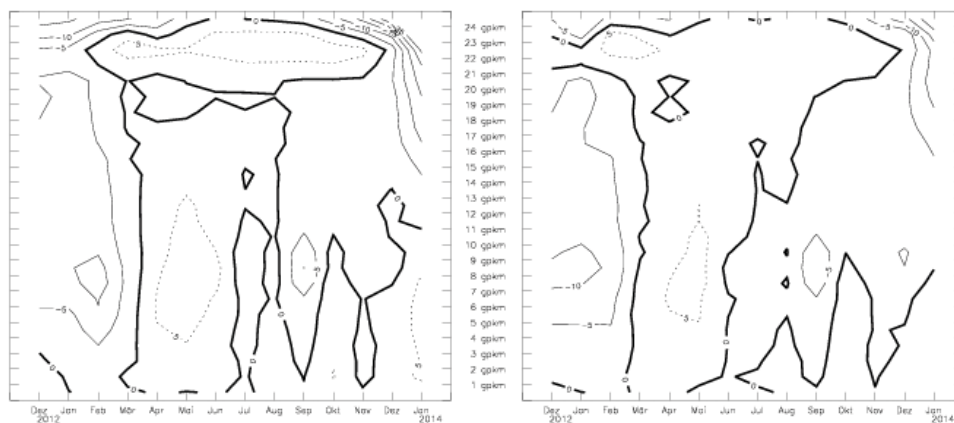
Mittlere Luftversetzung



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 (1kn=0,514m/s).

Abb. 1: Jährlicher Gang des Höhenwindes, Schleswig und Stuttgart 2013

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1989 bis 2013.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über allen Stationen Ende April/Anfang Mai ein und blieb bis Ende August/Anfang September beständig.

In 30 hPa setzte die Ostzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, Ende April ein und blieb bis zur letzten Augustdekade stabil. Damit war die Ostwindperiode 2013 ähnlich lang wie im Vorjahr.

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	119	244	126
	50	128*	222	95*
GREIFSWALD (WEWA)	20	119	243	125
	50	132	223	92
BERGEN (BW)	20	120	244	125
	50	134*	222	89*
LINDENBERG (OBS)	20	120	237*	118*
	50	133	223	91*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	120	238*	119*
	50	135*	221*	87*
MEININGEN (WEWA)	20	120	235*	116*
	50	128*	222	95*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	120	237*	118*
	50	126*	222	97*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	122	237*	116*
	50	126*	238*	113*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	125*	240*	116*
	50	127*	238*	112
OBERSCHLEISSHEIM	20	123*	238*	116*
	50	126*	237*	112*

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2013 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

In 50 hPa begann die sommerliche Zirkulation an den 10 ausgewählten Radiosondenstationen Anfang bis Mitte Mai und endete an den meisten Stationen gegen Ende der ersten Augushälfte. Nur über den Stationen in Bayern und Baden-Württemberg blieb die Ostwindzirkulation bis Ende August stabil.

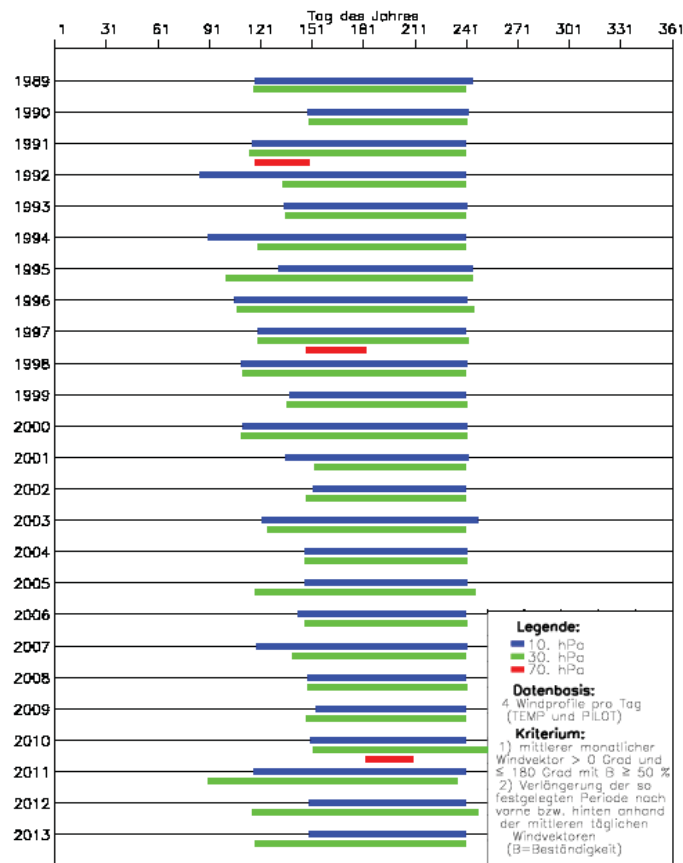


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1989-2013

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2013 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1973. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten. Für die mittlere Troposphäre zeigen die Diagramme für den Frühling und Herbst 2013 keine Auffälligkeiten. Im Sommerdiagramm ist wieder eine größere positive Temperaturabweichung, bedingt durch dominierenden Hochdruckeinfluss, erkennbar.

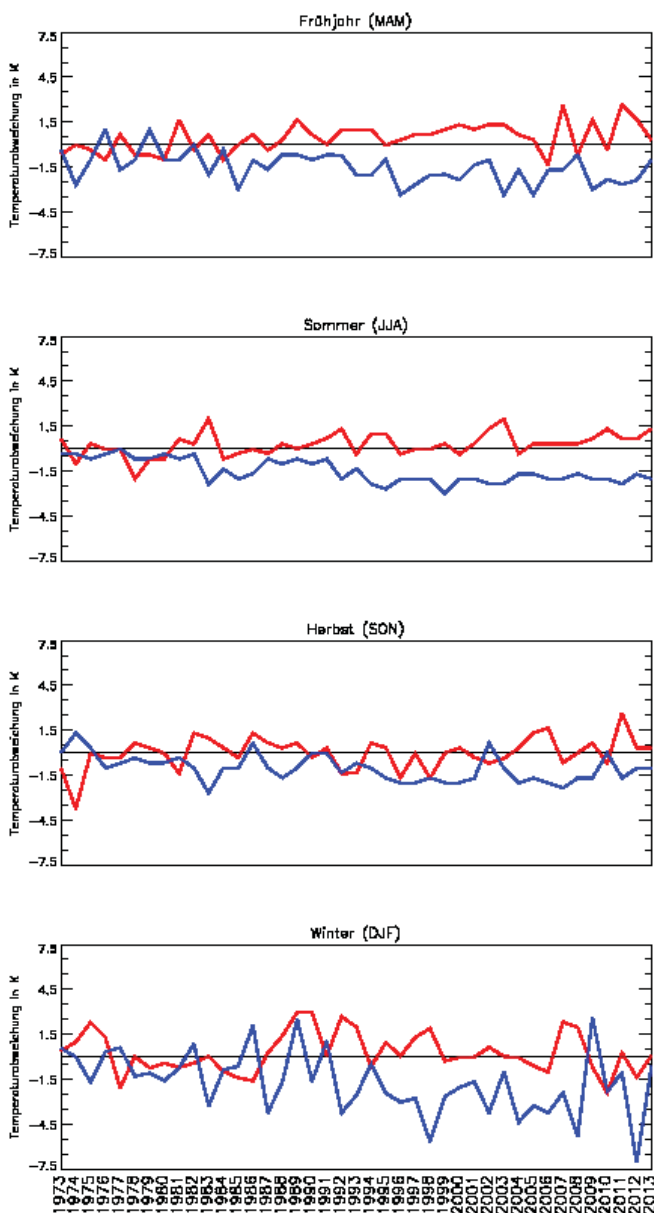


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2013 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Für die Stratosphäre zeigt das Winterdiagramm einen interessanten Kurvenverlauf. Nach einer stark negativen stratosphärischen Temperaturanomale im Winter 2011/2012 bewegten sich die Temperaturen im Winter 2012/2013 wieder im Normalbereich. Ursache für diesen Temperaturanstieg war eine Anfang Januar einsetzende plötzliche Stratosphärenwärmung. Diese war besonders stark ausgeprägt zwischen dem 65. und 90. nördlichen Breitengrad (NOAA Center for Weather and Climate Prediction). Nachdem die Stratosphäre seit Beginn der 1990er Jahre im Winter durchgängig zu kalt war wechseln sich seit 2009 wieder zu warme und zu kalte Winter ab.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2013 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Sehr deutlich ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause zu erkennen. Unterhalb der Tropopause verhielt sich der Temperaturgradient an beiden Stationen jahreszeitengemäß.

Temperaturminima in der Stratosphäre

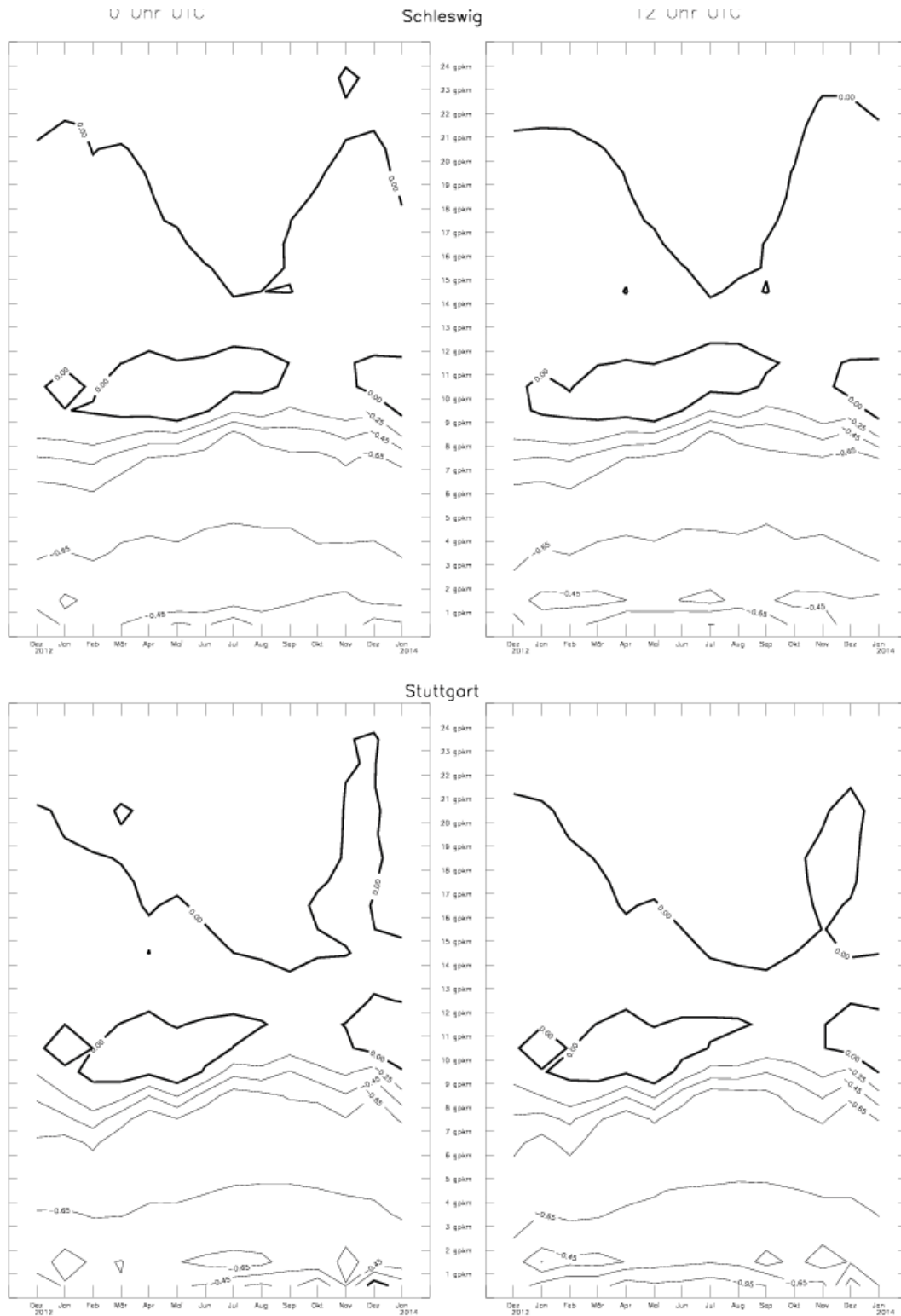
Temperaturminima in der Stratosphäre von -80°C und darunter wurden in Tab. 2 eingetragen. Anfang des Jahres wurden nur über Schleswig und Greifswald Temperaturen zwischen -80°C und -83°C gemessen. Ursache für die relativ warme Stratosphäre im Januar war die bereits im vorherigen Abschnitt erwähnte plötzliche Stratosphärenwärmung.

Anfang Dezember wurden nur in Schleswig in einer Höhe von etwa 26 km Temperaturen von -80°C registriert.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Geopotential (gpm)
SCHLESWIG (WEWA)	Jan	1	12	-80	25065
	Jan	2	0	-81	26221
GREIFSWALD (WEWA)	Dez	5	12	-80	26029
	Jan	1	12	-83	25680
	Jan	2	0	-80	27332

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2013

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur nach monatlichen Mittelwerten 2013



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

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2013

Ozon in der Stratosphäre

W. Steinbrecht, U. Köhler, H. Claude

Aus Sicht der Ozonschicht war 2013 ein durchaus „normales“ Jahr. Nach zwei Jahren mit niedrigen Gesamttozonwerten (2011, 2012) lag das Jahresmittel der Ozonsäule am Hohenpeißenberg im Jahr 2013 im Bereich des langjährigen Mittels (dunkle blaue Linie in Abb. 1). Dies ist leicht oberhalb dessen, was zurzeit für die Ozonsäule zu erwarten ist (rote und grüne Kurve in Abb. 1). Ähnliches gilt nicht nur für Hohenpeißenberg, sondern auch für die weltweit gemittelte Ozonsäule. Die insgesamt überraschend große Ähnlichkeit zwischen den Kurven der weltweit gemittelten Ozonsäule und den Werten am Hohenpeißenberg in Abb. 1 liegt daran, dass beide von den gleichen Faktoren beeinflusst werden. Das sind vor allem die Entwicklung der Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKWs) und damit des stratosphärischen Chlorgehalts, der 11-jährige Zyklus der Sonnenaktivität, und großräumige meteorologische Schwankungen wie die Ausprägung des winterlichen arktischen Polarwirbels, Stratosphärenwärmungen und die Zirkulation der Nordhemisphäre.

Diese Einflüsse sind an Stationen in mittleren nördlichen Breiten, z.B. am Hohenpeißenberg, besonders gut zu beobachten. Natürlich gibt es immer wieder Jahre (z.B. 2011, 2012), die diese Regel nicht erfüllen.

Abb. 2 zeigt den Jahresverlauf der Ozonsäule am Hohenpeißenberg 2013, anhand von Monatsmitteln und im Vergleich zu den beiden Vorjahren. Auch hier lagen fast über das gesamte Jahr die Monatsmittel im „normalen“ Bereich, nahe am Median der langjährigen Verteilung. Lediglich im Februar und im November 2013 wurden „dickere“ Ozonsäulen verzeichnet, vor allem meteorologisch bedingt durch häufige Tiefdrucklagen in diesen Monaten.

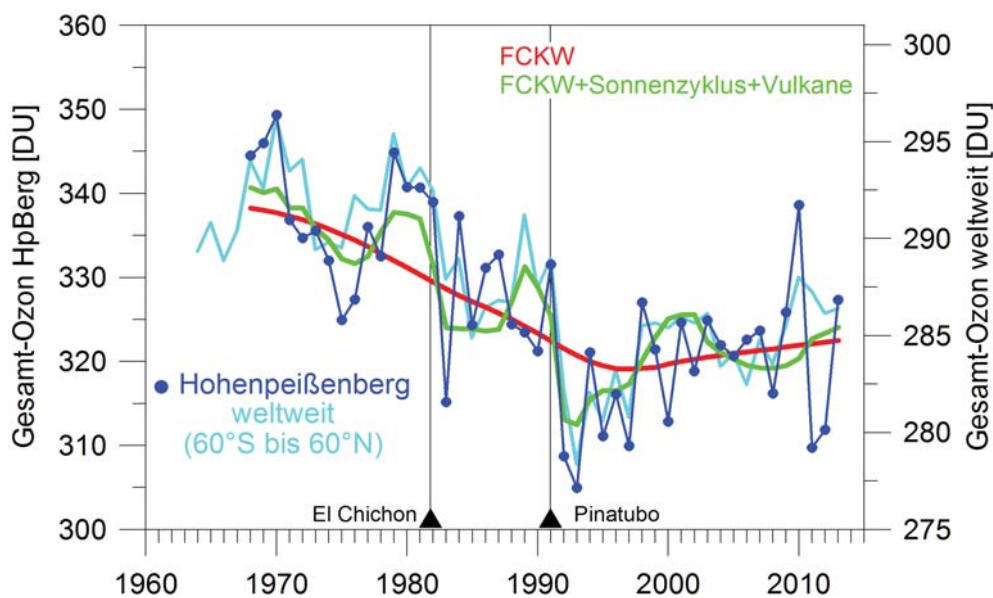


Abb.1: Jahresmittel der Gesamttozonssäule aus den Spektrometer-Messungen am Hohenpeißenberg (dunkelblau).

Zum Vergleich ist auch die von 60°S bis 60°N gemittelte Ozonsäule aus weltweiten Daten von Satelliten und Bodenstationen gezeigt (hellblau). Die rote Linie zeigt den langfristigen Ozonabbau durch FCKWs, sowie die beginnende Erholung. Bei der grünen Linie sind zusätzlich noch Ozonschwankungen durch Vulkanaerosol und durch den 11-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität dargestellt.

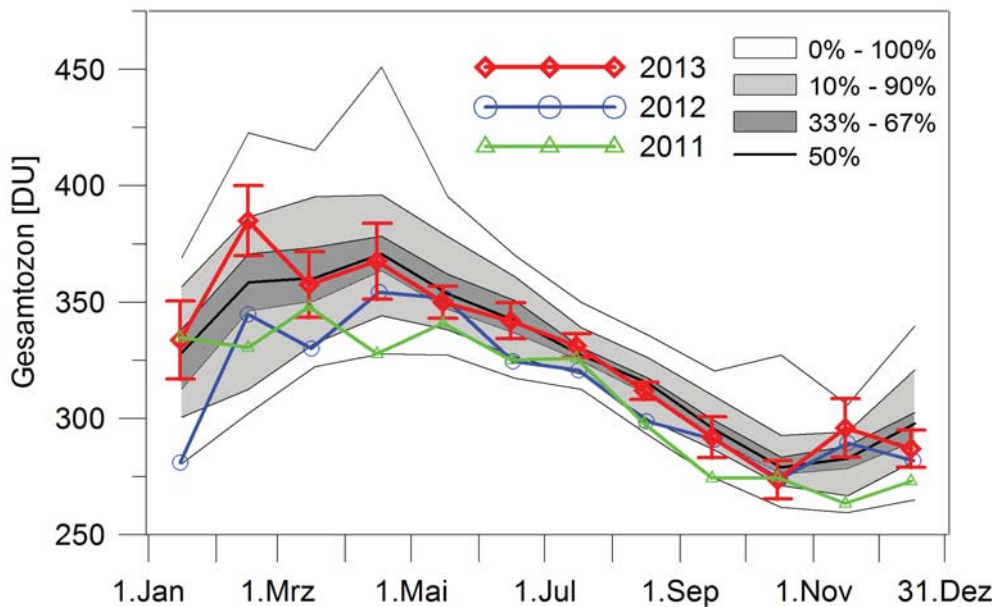


Abb. 2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2013, 2012 und 2011. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an.

Die Entwicklung der Ozonwerte in verschiedenen Höhen ist in Abb. 3 dargestellt. Ausgewählt wurden drei Höhen, die typisch sind für unterschiedliche Schichten der Atmosphäre: 5 km Höhe für die freie Troposphäre; 20 km Höhe für die untere Stratosphäre, wo die Ozondichte am höchsten ist und wo der größte Beitrag zur Ozonsäule herkommt; sowie 40 km Höhe für die obere Stratosphäre, wo photochemisch das meiste Ozon erzeugt wird und wo die Ozonschicht besonders empfindlich auf Chlor aus FCKWs reagiert (außerhalb der polaren Stratosphäre). Wie Abb. 3 zeigt, waren auch in den verschiedenen Höhenschichten die Ozonwerte im Jahr 2013 unauffällig und lagen im Bereich der letzten Jahre. Daneben zeigt Abb. 3 die langjährige Entwicklung:

- Die troposphärischen Ozonwerte (z.B. in 5 km Höhe) haben von Ende der 1960er Jahre bis Ende der 1980er Jahre erheblich zugenommen. Seit Anfang der 1990er Jahre schwankt das troposphärische Ozon um ein konstantes Niveau. Diese Ozon-Entwicklung ist konsistent mit der starken Zunahme der Emissionen von Ozonvorläufer-Substanzen (Kohlenwasserstoffe und Stickoxide) bis in die späten 1980er Jahre. Seither sind die Emissionen vor allem in Europa und Nordamerika stark zurückgegangen (Auto-Katalysatoren, Entstickung der Kraftwerke, Niedergang der Ostblock-Industrie). In anderen Weltgegenden nehmen die Emissionen aber zu. Die langfristige Entwicklung des stratosphärischen Ozons beeinflusst die Entwicklung in der Troposphäre natürlich auch.
- Deutlich erkennbar ist die Abnahme des Ozons in der unteren Stratosphäre (z.B. 20 km) durch zu-

nehmende FCKWs bis in die späten 1990er Jahre – ähnlich wie bei der Gesamtozonsäule (Abb. 1). Seitdem hat sich das stratosphärische Ozon auf niedrigem Niveau stabilisiert, vielleicht mit ersten Anzeichen einer beginnenden Erholung. Da der Rückgang der Chlorbelastung sehr viel langsamer ablaufen wird, als die starke frühere FCKW Zunahme, wird mit einer wirklichen Erholung des Ozons in der unteren Stratosphäre erst in 20 bis 40 Jahren gerechnet. Die sich abzeichnende Klimaerwärmung spielt dabei ebenfalls eine Rolle, da sie die globalen Ozontransporte verändern wird, was vor allem in der unteren Stratosphäre eine Rolle spielt.

- Die obere Stratosphäre (40 km) ist die Quellregion für das stratosphärische Ozon. Hier wird photochemisch das meiste Ozon gebildet und die Ozonwerte zeigen eine sehr ausgeprägte Abnahme bis in die späten 1990er Jahre. Diese ist verursacht durch den stark zunehmenden Chlorgehalt. Seither ist vor allem am Hohenpeißenberg eine deutliche Erholung des Ozons in diesen großen Höhen zu beobachten. Neben dem Chlorrückgang ist die Zunahme der Ozonwerte in den letzten Jahre begünstigt durch die deutliche Abkühlung der oberen Stratosphäre insgesamt (ca. -1°C pro 10 Jahre). Diese wird verursacht durch zunehmendes CO₂, das die Wärmeabstrahlung von der Troposphäre in die Stratosphäre verringert. Zusätzlich strahlt in der Stratosphäre mehr CO₂ auch mehr Energie ins Weltall ab. Die stratosphärische Abkühlung verlangsamt in diesen Höhen den normalen chemischen Ozonabbau und führt zu höheren Ozonwerten.

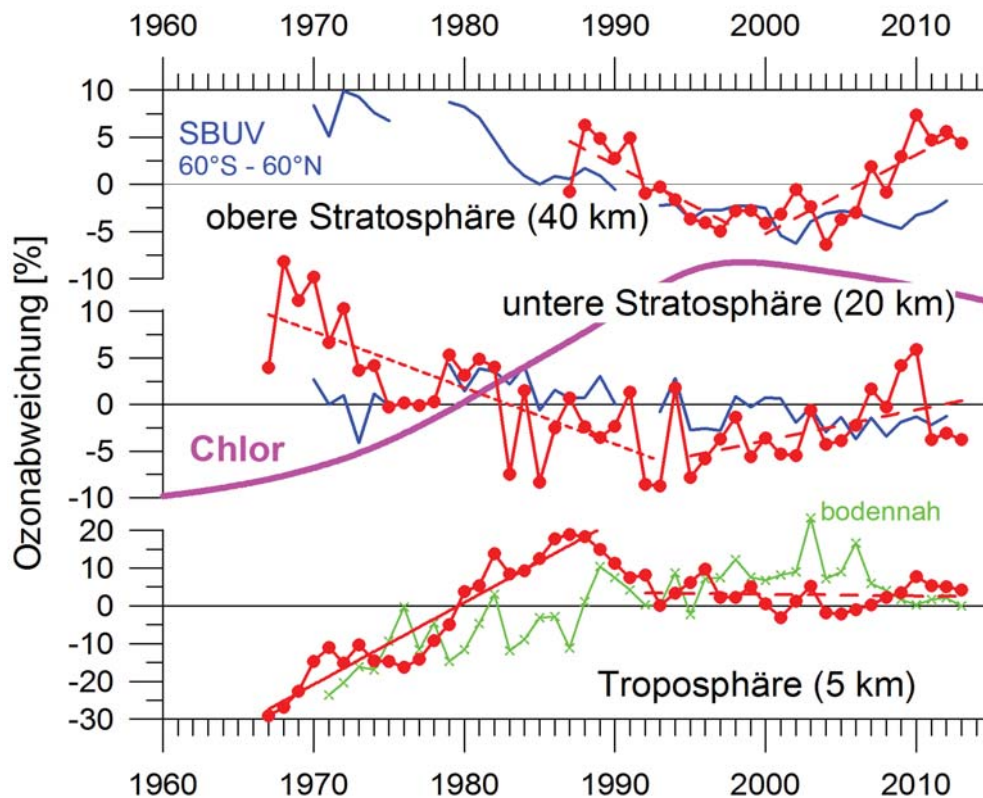


Abb. 3: Jahresmittel der Ozonwerte am Hohenpeißenberg für obere und untere Stratosphäre (40 und 20 km Höhe), sowie für die Troposphäre (5 km Höhe und bodennah). Ergebnisse der Ozonsondierungen und Lidarmessungen am Hohenpeißenberg. Zum Vergleich ist in der Stratosphäre auch die globale Entwicklung anhand von SolarBackscatterUltraViolet Satellitenmessungen (SBUV, V8.6) gezeigt. Die rosa Kurve zeigt schematisch die Chlorbelastung der Stratosphäre an.

Fazit: 2013 war für die Ozonschicht ein normales Jahr, das die längerfristige Entwicklung bestätigt. Erste Indikatoren deuten darauf hin, dass die Erholung der Ozonschicht begonnen hat. Diese Erholung ist aber noch wenig ausgeprägt. Neben dem erwarteten Rückgang der Chlorbelastung (Montrealer Protokoll) wird die Zukunft der Ozonschicht auch durch die Klimaänderung (Kyoto Protokoll) beeinflusst. In der oberen Stratosphäre zeigen sich bereits deutliche Auswirkungen, nämlich eine Erhöhung der Ozonwerte, welche auf Abkühlung durch zunehmendes CO_2 zurückzuführen ist.

Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2013

H. Nitsche, H. Mächel

Der jahreszeitliche Rückblick auf das Klima in Europa behandelt die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling, Sommer und Herbst 2013. Der Dezember 2013 wird nur ausnahmsweise angesprochen, da er mit dem Winter 2013/2014 im Klimastatusbericht 2014 behandelt wird. Monatliche Rückblicke in englischer Sprache sind unter <http://www.dwd.de/rcc-cm> zu finden. Anomalien beziehen sich grundsätzlich auf die von der WMO definierte Normalperiode 1961-1990, sofern es nicht anders angegeben ist.

Lufttemperatur

Im **Jahresmittel** (Abb. 1) war 2013 in Nord- und Osteuropa wärmer als normal, in Zentraleuropa und der Iberischen Halbinsel etwas unterhalb der Referenz von 1961-1990. Nach der Auswertung der E-OBS Daten lag 2013 auf Rang 6 der Zeitreihe seit 1950 mit einem Gebietsmittelwert von 10,8°C und einer Anomalie von +1,05 K (Abb. 2). Besonders markant war die positive Anomalie in der Arktis mit mehr als +3 K. Aber auch im europäischen Russland lagen die positiven Anomalien im Bereich +1-+2 K.

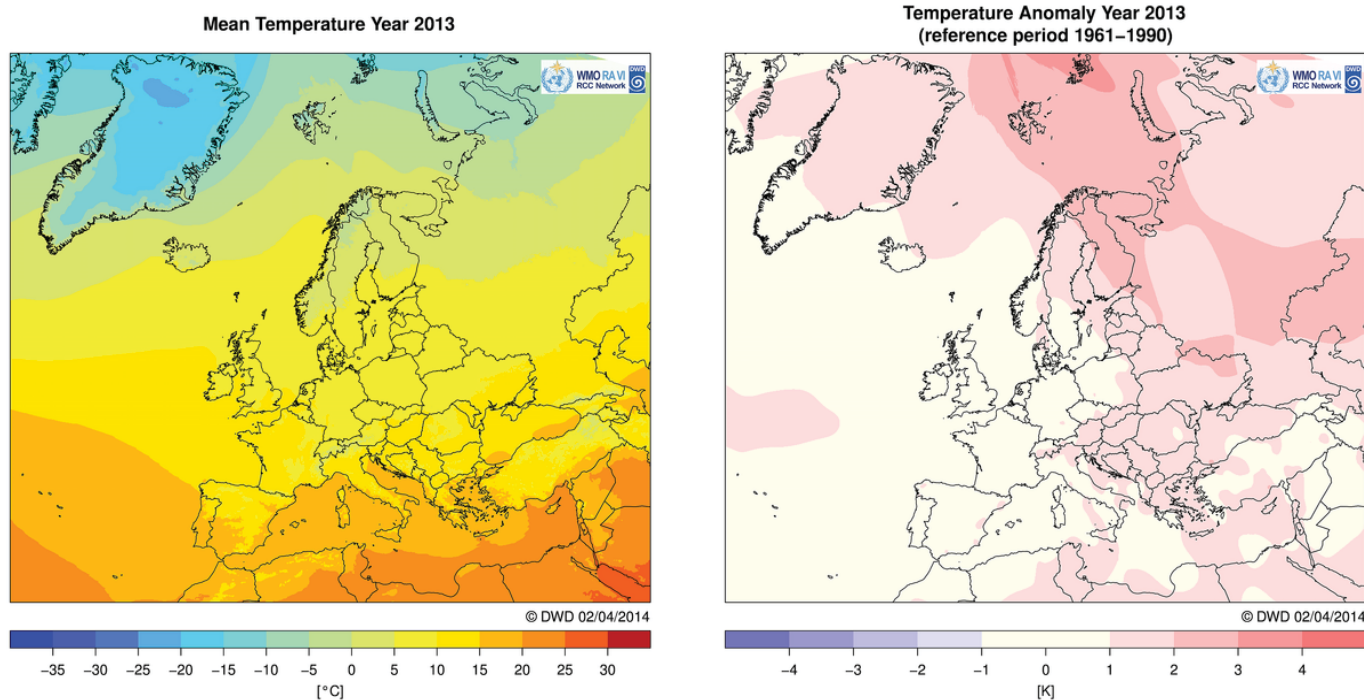


Abb. 1: Jahresmittel der Lufttemperatur (2m) in °C (links) und mittlere Anomalie der Lufttemperatur in K (rechts) zum langjährigen Mittel 1961-1990 im Jahr 2013

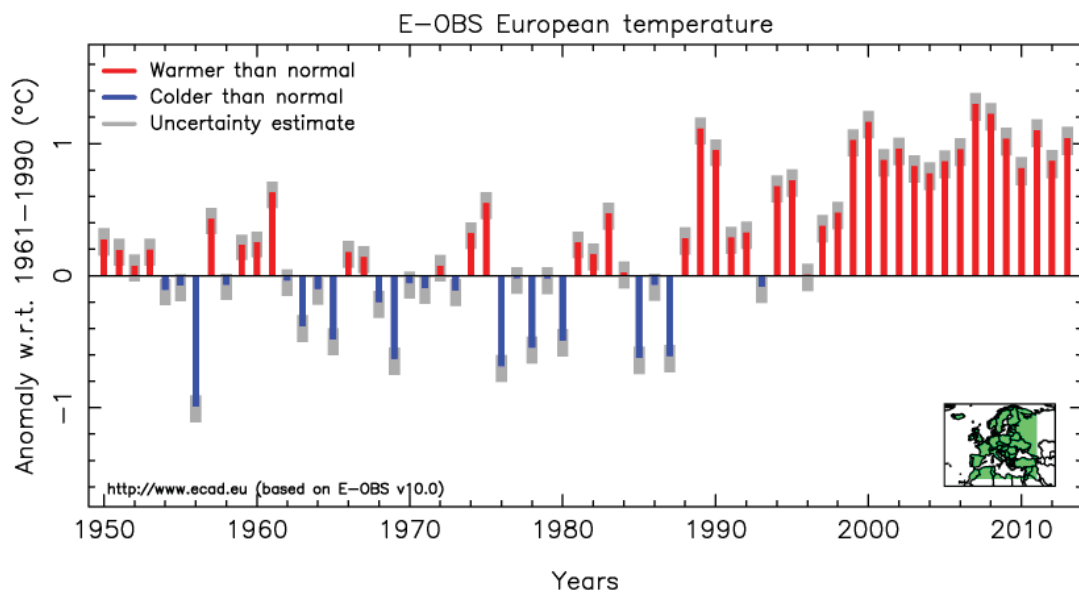


Abb. 2: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur (2m) in °C vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Landstationen im Gebiet 35°-75°N und 25°W-45°E (nach Verver et. al. 2013)

Winter 2012/2013

Der **Winter 2012/2013** (Abb. 3, oben) war in Nord-, Zentral- und Westeuropa wie auch teilweise in Südeuropa etwas kälter als normal, während die Arktis, der nordwestliche und der südöstliche Teil der WMO Region VI wärmer als normal war. Die höchsten negativen Anomalien von 1 bis 2 K wurden in Südnorwegen, die höchsten positiven Anomalien von über +4 K in der Arktis notiert. Auffallend waren beispielsweise die negativen Anomalien der Anzahl der Frosttage auf Island und in der Balkanregion (Abb. 12).

Der **Dezember 2012** war wärmer als normal in der Arktis, über dem Nordatlantik, in West-, Zentral und Südwesteuropa sowie im Nahen Osten. Unterhalb des langjährigen Mittelwertes 1961-1990 lag die Temperatur in Skandinavien und Osteuropa sowie in der Balkan-Region und in Italien. Die positiven Anomalien von über +4 K traten in der Arktis auf, während die höchsten negativen Anomalien von mehr als -4 K in Russland vorkamen. Der **Januar 2013** war kälter als normal über der Nordsee und in den angrenzenden Ländern: der westliche Teil Großbritanniens, Nordfrankreich, Belgien, Niederlande, Nordwestdeutschland und Südnorwegen. Auch die Ostseeregion von Südschweden über Polen bis nach Weißrussland hatte niedrigere Temperaturen als normal zu verzeichnen. Auch in Südfrankreich war es kälter als normal. Wärmer als normal mit Temperaturanomalien von über +4 K war es in der Arktis, Nordnorwegen, Nordrussland und Island (+3 K). Positive Temperaturanomalien traten auch über Südrussland, Österreich, über Teilen Bosnien-Herzegowinas und Serbien auf. Im **Februar 2013** war es in West-, Zentral- und Südeuropa kälter als normal. Die höchsten negativen Anomalien von -2 bis -3 K, lokal unter -3 K wurden in Südfrankreich beobachtet. Die negativen Anomalien von -1 bis -2 K breiteten

sich auffallend weit nach Süden im Mittelmeerraum aus. Wärmer als normal war es dagegen in Nord- und Osteuropa sowie dem Nahen Osten mit höchsten positiven Anomalien von über +4 K von Finnland südwärts bis zum Kaukasusgebiet. Auch vor Spitzbergen wurden +4 K und in Island und Nordostgrönland +2 bis +3 K notiert. Island stufte den Februar 2013 als den 2.- bis 4.-wärmsten Februar seit dem Beginn der Beobachtungen im 19. Jahrhundert ein.

Frühling 2013

Der **Frühling 2013** (Abb. 3, Mitte oben) war kälter als normal über dem Nordatlantik, auf den Britischen Inseln, in West- und Nordeuropa einschließlich Skandinavien. Die höchsten negativen Anomalien von -1 bis -2 K breiteten sich von den Britischen Inseln über Nordfrankreich, Belgien, den Niederlanden, Norddeutschland bis auf Teile Nordrusslands aus. Wärmer als normal war es in der Arktis und auf Grönland sowie im östlichen Mittelmeerraum, Balkangebiet, Südrussland und im Nahen Osten. Die Temperaturverteilung des gesamten Frühlings dominierte der Monat März.

Der **März 2013** war kälter als normal in fast ganz Europa mit Ausnahme des zentralen und östlichen Mittelmeerraumes sowie des Nahen Ostens und des Kaukasusgebietes. Negative Anomalien von mehr als -4 K wurden in Nordrussland, in den ostbaltischen Ländern sowie in weiten Teilen Deutschlands und in Polen beobachtet. An einigen Stellen in Irland gehörte der März 2013 zu den kältesten der letzten 50-70 Jahre. In den Niederlanden zählte dieser März zu den 7.-kältesten seit 1901, in Großbritannien zu den 2.-kältesten seit 1910 und den kältesten seit 1962. In Frankreich war es der kälteste März seit 25 Jahren. Die Flüsse und Seen Lettlands trugen eine Eiskecke

von 20 bis 28 cm Dicke. In Minsk (Weißrussland) lag der März 2013 auf dem 8. Platz der kältesten Märzmonate seit 1945.

Die Wasseroberflächentemperatur der Nordsee lag unter dem Mittelwert der Jahre 1971-2000, während die Wassertemperatur des östlichen Mittelmeers und des Schwarzen Meers über diesem langjährigen Mittel lag. Die nördliche und östliche Ostsee und das Weiße Meer waren gefroren. Die Wasseroberflächentemperaturen in der Nordsee rangierten zwischen 2 und 6°C in der Norwegischen See und im Gebiet westlich von Island meistens zwischen 6 und 8°C; südlich von Island wurden bis zu 10°C gemessen. Vom westlichen Mittelmeer wurden Wasseroberflächentemperaturen von 12 und 14°C, im östlichen Teil von 16 bis 18°C gemeldet.

Der **April 2013** war kälter als normal über dem nördlichen Nordatlantik, Südkandinavien und in den Baltischen Ländern. Positive Anomalien waren in der Arktisregion, in Ost- und weiten Teilen Südeuropas zu beobachten. Mitte des Monats stieg die Temperatur mit der Änderung der NAO-Phase von negativ zu positiv an (vgl. Abb. 6).

Im **Mai 2013** drang häufiger kalte polare Luft in das westliche Europa ein, während im östlichen Europa die tropischen Luftmassen weit in den Norden vorgestoßen sind. Die höchsten negativen Temperaturanomalien mit mehr als -2 K hatten Frankreich und Nordspanien zu verzeichnen. In Spanien war es der kälteste Mai seit 1985, in der Schweiz seit 1991, in Großbritannien und Irland seit 1996; Frankreich meldete das niedrigste Temperaturmaximum seit 1984. Sehr hohe positive Anomalien von mehr als +4 K wurden dagegen in der Ukraine und Westrussland beobachtet; in Nordskandinavien wurden an mehreren Stationen Temperaturrekorde für den Mai gebrochen. Die Temperaturkontraste zwischen West- und Osteuropa waren am extremsten in der letzten Maiwoche. Während das Minimum der Temperatur in Westeuropa fast auf den Gefrierpunkt fiel, erreichte in Finnland die Temperatur mehr als 30°C.

Der Atlantik, insbesondere die Biskaya und die Nordsee waren kälter als normal und trugen somit zu den niedrigen Temperaturen in Westeuropa bei. Allerdings hat sich die Nordsee im Mai um +6 K erwärmt und somit waren dort die negativen Temperaturanomalien der Wasseroberfläche niedriger als im April. Der Vorstoß warmer Luft in Osteuropa erwärmte auch die Wasseroberfläche des Mittelmeers, insbesondere im östlichen Teil wo das Wasser mit 22°C um +1 bis +2 K wärmer als normal war. Auch das Schwarze Meer war mehr als +2 K wärmer als normal. Im Norden Osteuropas, hatte die Ostsee ähnlich hohe Wassertemperaturanomalien zu verzeichnen, so dass die Eisdecke fast wegtaute.

Sommer 2013

Über fast ganz Europa war der **Sommer 2013** (Abb. 3, Mitte unten) wärmer als normal. In den Alpen, der Balkanregion und Teilen Osteuropas waren die Temperaturen +2 bis +3 K höher als im Mittel der Jahre 1961-1990. In der Schweiz war das der 7.-wärmste Sommer seit 1864 und

in Österreich der 3.-wärmste seit 1881. In Deutschland rangierte dieser Sommer auf dem 10. Platz der warmen Sommer seit 1881. Insbesondere im Mittelmeerraum und in der Schwarzmeerregion wurden deutlich mehr tropische Nächte als normal beobachtet. Die Andauer der Warmperioden war in Norditalien, in den östlichen Alpen und in der Balkanregion deutlich länger als normal.

Der **Juni 2013** war in der Arktis und Osteuropa um etwas wärmer als normal. In der europäischen Arktis erreichten die Anomalien Spitzenwerte von über +4 K. In Finnland war es der wärmste Juni seit 1999. Das höchste Tagestemperaturmaximum von 32,4°C wurde in Weißrussland erreicht. Solche hohen Junitemperaturen haben dort eine Wiederkehrperiode von etwa 20 Jahren. Nordnorwegen registrierte den 3.-wärmsten Juni mit einem Tagesmaximum der Temperatur von 29,8°C und in Akureyri (Nordostisland) war es der wärmste Juni seit 1953 mit 11,4°C Monatsmitteltemperatur; an einigen Stellen überstieg das Tagesmaximum der Temperatur sogar die 20°C-Marke. Die Türkei meldete neue lokale Junimaxima von 35-40°C um den 5. Juni. Teile Westeuropas und des Nordatlantiks waren dagegen etwas kälter als normal. Dies traf vor allem auf das Nordseegebiet, den östlichen Nordatlantik und den westlichen Teil des Mittelmeerraumes zu, wo die negativen Temperaturanomalien zwischen 0 und -1 K schwankten und nur lokal in den Pyrenäen unter -1 K sanken. In Spanien war es der kälteste Juni seit 1997. In den Niederlanden lagen die Temperaturen in der ersten Hälfte des Jahres unter dem Mittelwert der Periode 1961-1990, das erste Mal nach 1985. In Großbritannien waren der Juni 2011 und 2012 allerdings etwas kälter als der Juni 2013. Zentraleuropa war etwas wärmer als normal vor allem aufgrund einer kurzen Hitzewelle mit Temperaturmaxima von über 35°C, die um den 19. Juni auftraten. Auch in anderen Teilen Europas wurden ähnliche Extremwerte beobachtet. Die Hitzewelle endete mit dem Vorstoß einer Kaltfront nach Zentraleuropa, die einen abrupten Temperatursturz am Monatsende verursachte.

Im **Juli 2013** war es in weiten Teilen Europas, mit Ausnahme der Türkei und des Kaukasusgebietes, wärmer als normal. Die mittlere Monatsanomalie lag bei mehr als +2 K in Zentral- und Westeuropa, schwankte aber in einigen Teilen Frankreichs, Deutschlands, in Ostösterreich und in den angrenzenden Ländern zwischen +3 und +4 K. Ähnlich hohe Anomalien wurden auch an einigen Stellen in Großbritannien und Nordspanien beobachtet. Die zwar moderate Hitzewelle in Frankreich dauerte 13 Tage (15.-27. Juli) an und erreichte damit den 6. Platz in der Rangliste seit 1947. In vielen Teilen Europas belegten die Julitemperaturen 2013 die vordersten Plätze in den Ranglisten der wärmsten Julimonate; in Spanien den 5. Platz seit 1961, in Norwegen den 5. Platz seit 1900, in Großbritannien den 3. Platz seit 1919, in Frankreich und in Deutschland den 6. Platz seit 1901. Am Valentia-Observatorium (Irland) war das der wärmste Juli seit mehr als 60 Jahren. An den meisten Messstationen in Europa zeichnete sich der Juli 2013 durch eine höhere Anzahl

von Sommertagen als im Mittel der Periode 1961-1990 aus (Abb. 12) mit Ausnahme Nordskandinaviens und Russlands sowie der Bergstationen. Tage mit einer Maximumtemperatur von über 40°C traten in Südwestspanien (höchstes Tagesmaximum 41,8°C an der Station Jerez de Frontera) und Portugal sowie in Italien, Südosteuropa und im Nahen Osten, vor allem in Syrien auf. Tropische Nächte wurden nicht nur in Südeuropa, sondern auch in Ostdeutschland, Polen und im östlichen Teil Österreichs und seinen Nachbarländern beobachtet.

Der **August 2013** war wärmer als normal, vor allem im Balkan-Gebiet und im östlichen Teil des Arktischen Meeres. Tropische Nächte kamen häufiger im Mittelmeerraum und im Gebiet um das Schwarze Meer, aber auch in Norddeutschland, Dänemark und in den Baltischen Staaten vor. Heiße Tage wurden sowohl in Zentral-, Süd- und Südosteuropa als auch im Nahen Osten, Südrussland und im Kaukasusgebiet beobachtet außer in den Hochgebirgsregionen. Mehr als 25 heiße Tage wurden im südlichen Teil der Iberischen Halbinsel, in Griechenland, in der West- und Südtürkei, in Südrussland sowie in Syrien, Libanon, Israel und Jordanien registriert. Extrem heiße Tage (über 40°C) traten vor allem in Südspanien, Syrien und Jordanien auf. Solche hohen Temperaturmaxima wurden in 17 von 58 Ländern der betrachteten Region VI notiert. Das höchste Tagesmaximum der Temperatur von 45°C wurde in Jordanien gemessen; in Spanien lag das Maximum bei 44,1°C. Die wenigen Frosttage waren auf Bergstationen in den Alpen, in Südnorwegen und Schweden begrenzt. Die hohen Temperaturen verursachten teilweise Straßenschäden (z. B. in Portugal, Deutschland und Österreich) und führten begleitet von Trockenheit zu Waldbränden vor allem in südlichen Regionen (z. B. Portugal und Österreich).

Herbst 2013

Der **Herbst 2013** (Abb. 3, unten) war fast in der gesamten Region wärmer als normal. Nur in wenigen Gebieten schwankte die Temperatur um den Mittelwert der Referenzperiode 1961-1990 oder lag geringfügig darunter. Die Temperatur zeigte allerdings starke zeitliche Schwankungen und stark ausgeprägte regionale Kontraste. Während einige Länder für den Herbst ungewöhnlich hohe Maxima von 30°C meldeten, fiel in den Alpen schon im September und Oktober der erste Schnee. Beispielsweise wurden am 6. September in Innsbruck (Österreich) 30,3°C und in De Bilt (Niederlande) 32,7°C gemessen, während am 27. November die niedrigste Temperatur des Herbstes von -26,9°C in Österreich an der Station Brunnkogel in 3438 m Höhe auftrat. In Deutschland lag dieser Herbst auf dem 23. Platz in der Rangliste der wärmsten Herbstmonate seit 1881, in Estland mit einer mittleren Herbsttemperatur von 8,2°C auf dem 5. Platz seit 1961. In Nord- und Südeuropa lagen die Temperaturen im **September** über dem langjährigen Mittel, in Zentral- und Osteuropa dagegen darunter. Der **Oktober** war im Westen wärmer, im Südosten aber kälter als normal. Im **November** zeigten sich auffällig positive Anomalien mit

über +4 K im europäischen Teil Russlands, Weißrussland, der Ukraine und Moldawien. Nur in Westeuropa war es etwas kälter als normal.

Die Anzahl der kalten Tage lag an fast allen Stationen unter dem Mittel, die der warmen Tage über dem langjährigen Mittel 1961-1990. In den Ostsee-Anrainer und im westlichen Mittelmeerraum wurden positive Anomalien der Andauer (Länge) warmer Perioden beobachtet. Überdurchschnittlich hoch war auch die Anzahl der Sommertage vor allem auf der Iberischen Halbinsel und über dem Mittelmeer.

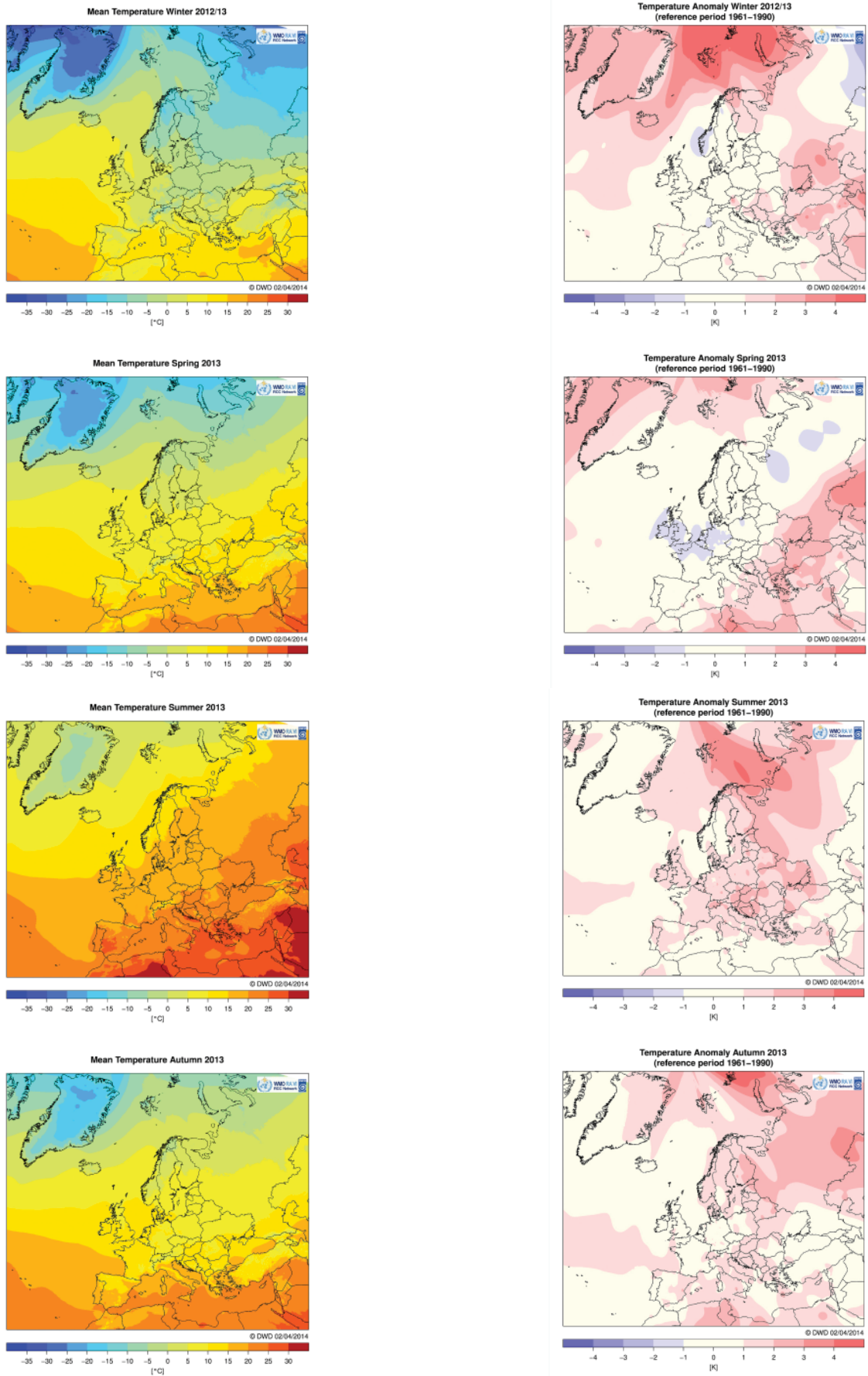


Abb. 3: Mittlere Lufttemperatur (2m) in °C (links) und mittlere Anomalie der Lufttemperatur (2m) in K (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Niederschlag

Die Niederschlagskarten dieses Beitrags beruhen auf dem „GPCC Monitoring Product“ (Becker et al., 2013) des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN, engl. Global Precipitation Climatology Centre, GPCC) <http://gpcc.dwd.de>.

Die Analysen des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie zeigen für das **Jahr 2013** für Europa überwiegend geringe Abweichungen des Niederschlags von den vieljährigen Mittelwerten des Zeitraums 1951–2000. Allerdings wird eine zonale Aufteilung in zu trockene und zu feuchte Gebiete deutlich. In der Anomaliekarte (Abb. 4) fällt insbesondere der leichte Niederschlagsüberschuss im Mittelmeerraum auf. Ein geringes Niederschlagsdefizit findet man im Südosteuropa, in einem Band von den Britischen Inseln, den Niederlanden, Südschweden bis zu den Baltischen Staaten.

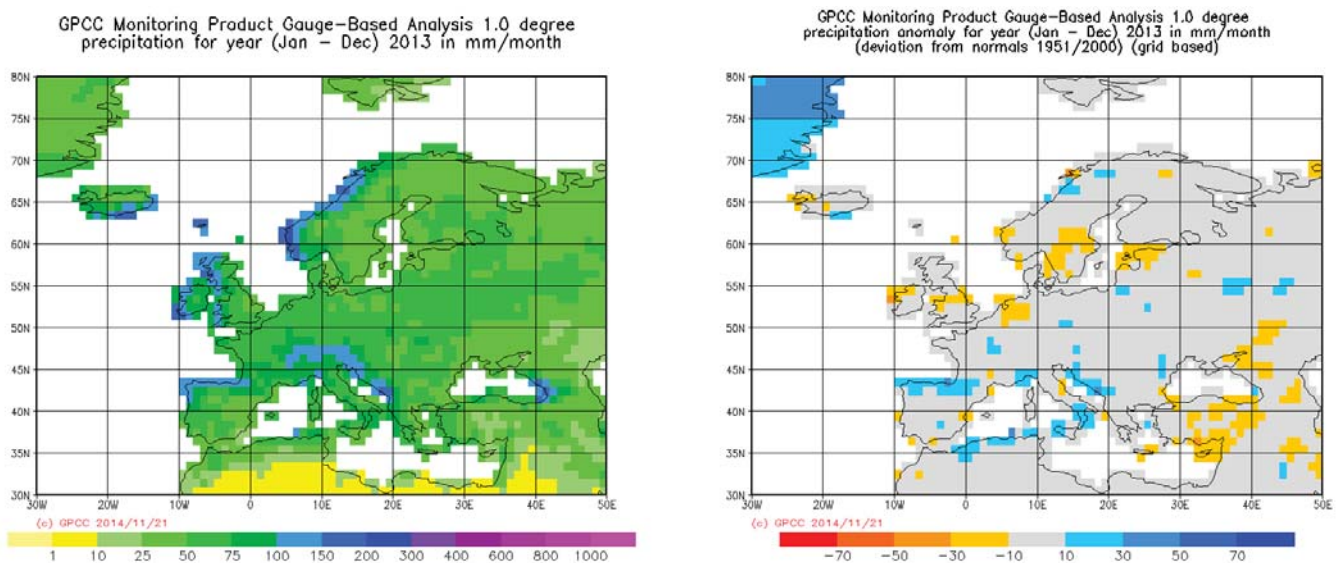


Abb. 4: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links) und Niederschlagsanomalie (rechts) vom langjährigen Mittel 1951-2000 im Jahr 2013

Winter 2012/2013

Im **Winter** (Abb. 5, oben) fällt vor allem der starke Niederschlagsüberschuss in Südosteuropa und im Nahen Osten auf. Mehr Niederschlag fiel auch in Nordspanien und einigen Teilen Italiens, während Südspanien und Südfrankreich Niederschlagsdefizite zeigten. Deutlich weniger Niederschlag fiel in Skandinavien, in einigen Teilen Russlands und im Kaukasusgebiet.

Während es im **Dezember 2012** in Nord- und Westskandinavien, Nordrussland, in den Baltischen Staaten, dem Kaukasus, dem westliche Mittelmeerraum und der Iberischen Halbinsel trockener als im langjährigen Mittel 1951-2000 war, bekam der östliche Teil Großbritanniens, Nordfrankreich, Belgien und die Niederlande etwa doppelt so viel Niederschlag wie im Mittel. Dies traf auch auf Ostrumänien, die Südukraine und den Nahen Osten zu, wo teilweise über 250 % der normalen Niederschlagsmenge gemessen wurden. In Südgrönland meldete die SYNOP-Station Prins Christian Sund eine auffällig hohe Monatsniederschlagssumme von über 340 mm, die offensichtlich nicht ganz korrekt ist. Die Niederschlagsverteilung im **Januar 2013** entsprach weitgehend den

Zirkulationsanomalien. Trockener als normal waren Südschweden, Finnland und Nordrussland, fast ganz Großbritannien, West- und Zentraleuropa, der westliche Teil des Mittelmeerraumes und die Südtürkei. Deutlich feuchter als normal war es dagegen im zentralen und östlichen Teil des Mittelmeeres sowie im Nahen Osten aber auch in Südosteuropa und Südrussland. Im **Februar 2013** wurden über dem langjährigen Durchschnitt liegende Niederschläge im Norden der Iberischen Halbinsel, im Balkan und der Westtürkei beobachtet. Trockener als normal war es in Nord-, Zentral- und Westeuropa sowie in Südrussland, im Kaukasusgebiet, im östlichen Mittelmeerraum und im Nahen Osten. In Moskau herrschen den ganzen Winter 2012/13 erhebliche Schneefälle, die schwersten seit 100 Jahren, vor allem im Februar.

Frühling 2013

Im **Frühling 2013** (Abb. 5, Mitte oben) zeigte die räumliche Verteilung der Niederschlagsanomalien eine von Südwesten nach Nordosten ausgerichtete, bänderartige Struktur; trockener im Norden und Süden und feuchter als normal im mittleren Streifen. Das nördliche, trockene

nere Band erstreckte sich von den Niederlanden über Dänemark, Schweden, Finnland bis nach Nordrussland. Norwegen stellte hier allerdings eine Ausnahme dar mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen und neuen Rekordwerten für den Monat März seit 100 Jahren. Das zweite, trockenere Band umfasst den östlichen Mittelmeerraum und den Nahen Osten. Das mittlere Band mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen erstreckte sich von der Iberischen Halbinsel über Frankreich, den westlichen Mittelmeerraum, dem Balkangebiet bis weit nach Osteuropa und Russland. Für diese Struktur war die Niederschlagsverteilung im Monat März prägend.

Für **März 2013** war das breite, von Südwest nach Nordost verlaufende Band mit übernormal hohen Niederschlägen charakteristisch. Wie oben erwähnt, wurden von der Iberischen Halbinsel über den westlichen Mittelmeerraum, Italien, den Balkan, die Ukraine, die Schwarzmeerregion bis nach Russland hohe Niederschlagsmengen gemessen. In Spanien beispielsweise war dieser der feuchteste März seit 1947. Trockener als normal war es dagegen in Island, Irland, in großen Teilen der Britischen Insel, in Skandinavien (mit Ausnahme Norwegen), Dänemark, Deutschland, Polen, den Baltischen Staaten, Nordrussland sowie im östlichen Mittelmeerraum und im Nahen Osten. Im **April 2013** hatten Schottland, Südnorwegen, einige Teile Skandinaviens, die Baltischen Staaten und Russland, sowie die Atlantikküsten (Ausnahme Portugal), das westliche Mittelmeer, Süd- und Zentralfrankreich sowie der östliche Mittelmeerraum Niederschlagsüberschüsse zu verzeichnen. Unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen erhielten Norddeutschland, Südsandinavien und die Gebiete östlich vom Schwarzen Meer. Der **Mai 2013** gehört zu einem der feuchtesten Maimonate in weiten Teilen Europas (West-, Zentral- und Osteuropa), in dem die Monatssumme der Niederschläge mehr als 100 mm bzw. 125 % des Mittelwertes der Referenzperiode 1951-2000 erreichte. Dabei ist besonders viel Niederschlag in den Alpen gefallen. In Deutschland war das, nach 2007, der 2.-feuchteste Mai seit 1881 und in Österreich der 5.-feuchteste seit dem Beginn der Beobachtungen. Die extrem hohen Niederschläge in der letzten Mai- und der ersten Juniwoche führten vor allem im östlichen Zentraleuropa zu starken Überschwemmungen. Auch der Nahe Osten verzeichnete übernormale Niederschlagsmengen. Deutlich feuchter als normal war es über dem Nordatlantik: in Süd- und Südostgrönland, Schottland, Irland und Südnorwegen, wo neue Niederschlagsrekorde für Mai erreicht wurden. Trockener als normal war es im Norden Europas in Gebieten um das Schwarze Meer und Westkasachstan wo die Monatssumme der Niederschläge unter 10 mm (20 % des Mittels 1951-2000) lag. Auch auf der Iberischen Halbinsel und in Südsizilien war es sehr trocken.

Sommer 2013

Die Verteilung der Niederschlagsanomalien im **Sommer 2013** (Abb. 5, Mitte unten) zeigte eine stark differenzierte räumliche Struktur, die ein Ergebnis der vielen konvekti-

ven Niederschläge war. Auf den ersten Blick dominieren Gebiete mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen. Hierzu gehörten vor allem der westliche Teil der Iberischen Halbinsel, die Türkei und der Nahe Osten mit zum Teil weniger als 20 % der üblichen Regenmenge. Von Großbritannien, über Frankreich, das südliche Skandinavien, Westdeutschland, Norditalien, den Balkan bis nach Nordosteuropa herrschte ein Niederschlagsdefizit. Feuchter als normal war der Sommer in der Arktisregion, Ostgrönland, Norwegen und Nordrussland aber auch in Süditalien, in der Ostukraine und im Gebiet westlich des Schwarzen Meeres.

Der **Juni 2013** präsentierte sich mit übernormal hohen Niederschlägen in fast ganz Nord-, Zentral- und Osteuropa, in Gebieten westlich vom Schwarzen Meer und nördlich vom Kaspischen Meer. Feuchter als normal war es auch in den Pyrenäen, Nordspanien, Westfrankreich, Südirland und an den Ostküsten der Nordsee. Extrem hohe Regenmengen fielen am Anfang des Monats, die im Einzugsgebiet der Elbe und der Donau in ausgedehnten Überschwemmungen gipfelten. Vielerorts wurden Rekordregenmengen gemessen. Am 2.-3. Juni fielen innerhalb von 48 Stunden 275 mm Regen in Deutschland also deutlich mehr als gewöhnlich im ganzen Monat. Aus dem nördlichen Teil Österreichs wurden die höchsten Monatssummen (160 % des Mittelwertes) mit einem lokalen Maximum in Bregenz von 475 mm (neuer Rekord für Juni) gemeldet. Auch westlich vom Schwarzen Meer war der Juni sehr nass; in Bulgarien wurden lokal 300 % der mittleren Niederschlagsmenge von 1951-2000 erreicht. In Moldawien fielen am 30. Juni innerhalb von wenigen Stunden mehr als 100 mm. In Skandinavien, über dem Ostatlantik und dessen Ostküsten, in Südirland, Westfrankreich und Nordspanien wurden Monatssummen von über 100 mm, lokal sogar über 150 mm gemessen, was doppelt so viel war wie der langjährige Mittelwert. In Norwegen war das der 3.-feuchteste Juni nach 2011 und 1987. Der Niederschlagsüberschuss in Südwestfrankreich stammte zum großen Teil von den starken Gewitterregen am 17.-20. Juni. Weite Teile Europas hatten aber ausgeprägte Niederschlagsdefizite zu verzeichnen. Dazu gehörten Island, Großbritannien, die Azoren, die größten Teile der Iberischen Halbinsel und Osteuropa. Auf der Iberischen Halbinsel und im südlichen Teil des Mittelmeerraumes betrug die Niederschlagsmonatssumme weniger als 10 mm (oder 20 % des Mittels 1951-2000). In der Türkei wurden 80 % der mittleren Niederschlagsmenge erreicht, allerdings war der Juni 2012 noch trockener. Sehr trocken war auch die Südseite der Alpen; in Villach (Südösterreich) war der Juni 2013 der trockenste seit 1888.

Der **Juli 2013** zeichnete sich durch erhebliche Niederschlagsdefizite von Südsandinavien und dem nordöstlichen Teil der Ostsee über Zentral-, Ost- und Südosteuropa bis nach Nordostrussland aus. Sehr trocken war es auch im südlichen Teil der Iberischen Halbinsel, in der Osttürkei und im Nahen Osten. Übernormal hohe Regenmengen wurden über dem Nordatlantik/Arktischen Ozean und angrenzenden Küstengebieten, in einigen Gebie-

ten Osteuropas und des Mittelmeerraumes beobachtet. Starke, konvektiv induzierte Niederschlagsereignisse brachten innerhalb von 1-2 Stunden Regenmengen von mehr als 50 mm (z. B. in Frankreich) und waren vielerorts von Hagel mit bis zu 10 mm Durchmesser begleitet, so z.B. in der letzten Juli Woche in Frankreich und Deutschland.

Der **August 2013** war im größten Teil der RA VI Region von Niederschlagsdefiziten bestimmt. Die Trockenheit spiegelte sich in Defiziten der Bodenfeuchte wider und trug zur Entwicklung von Waldbränden und Ernteauffällen bei (z. B. in Österreich). Niederschlagsüberschüsse wurden im westlichen Mittelmeerraum, teilweise in den Alpen und in Deutschland, Norwegen, in Nord- und Südrussland sowie im östlichen Zentraleuropa beobachtet. Diese Niederschlagsüberschüsse wurden meistens durch Starkniederschläge verursacht.

Herbst 2013

Der **Herbst 2013** (Abb. 5, unten) zeichnete sich im größten Teil der Region VI durch Niederschlagsüberschüsse aus. Dies traf sowohl auf Teile West-Europas als auch auf Zentral-, Ost- und Südosteuropa zu. Auch in einigen Gebieten rund um das Mittelmeer wurden überdurchschnittlich hohe Regenmengen beobachtet. In den Niederlanden war der Herbst 2013 der 5.-feuchteste seit 1906, in Deutschland lag er auf dem 18. Platz seit 1881. In Dänemark wurde mit

55,5 mm an der Station Oby der höchste Tagesniederschlag im Herbst gemessen. Niederschlagsdefizite zeigten Südkandinavien, Nordosteuropa und Russland sowie Irland und Großbritannien. Trockener als normal war es auch auf der Iberischen Halbinsel, in Südfrankreich, in einigen Teilen Italiens, in der Türkei und im Nahen Osten. Die räumliche Verteilung der Niederschlagsanomalien variierte allerdings stark in den einzelnen Herbstmonaten.

Im **September 2013** hatten weite Teile Zentral-, und Osteuropas sowie Südrussland übernormal hohe Regenmengen zu verzeichnen, während es in fast ganz Skandinavien, in Nordosteuropa und Nordrussland weniger als normal geregnet hat. Auch Irland, Großbritannien, Nord- und Ostspanien, Südfrankreich, Italien und die Westtürkei notierten Niederschlagsdefizite. Im **Oktober 2013** regnete es überdurchschnittlich viel im östlichen Teil Irlands, in Großbritannien, Portugal, in ganz Zentraleuropa, in Nordskandinavien, Nordosteuropa und in Nordrussland. Auch Norditalien, die Westtürkei und die Gebiete rund um das Schwarze Meer waren feuchter als normal. In Zentralosteuropa und Südosteuropa, im Nahen Osten sowie in Süditalien, Südfrankreich und Südspanien war es dagegen trockener als normal. Weniger Niederschlag als normal erhielten auch Mittelskandinavien und Westisland. Im **November 2013** änderte sich die räumliche Verteilung der Niederschlagsanomalien gravierend. In West- und teilweise in Zentraleuropa regnete es mehr als normal. In einem breiten, von Südwest nach Nordost verlaufenden Band, von Süditalien über Südosteuropa, die Ukraine, Weißrussland, Teile Finnlands

bis nach Nordwestrussland wurden erhebliche Niederschlagsüberschüsse beobachtet. Auch im Nahen Osten und an der Küste Norwegens regnete es übernormal viel. Niederschlagsdefizite traten in einem breiten Band auf, das sich vom östlichen Mittelmeer über die Osttürkei, die Ostukraine bis weit in die Gebiete nördlich des Schwarzen Meers erstreckte. Von Niederschlagsdefiziten waren auch die Iberische Halbinsel, die Mittelmeerküste Frankreichs, Nordwestitalien, Irland, Großbritannien, Ostskandinavien, Polen und die Baltischen Staaten betroffen. An vielen Stellen in der betrachteten WMO Region VI wurden in den einzelnen Herbstmonaten außergewöhnliche Regenergebnisse beobachtet. Zum Beispiel im September wurde in Deutschland an der Station Malsberg-Marzell mit 120 mm, die höchste tägliche Niederschlagsmenge des Herbstes 2013 registriert. Am 28. bis 29. September wurden im südöstlichen Teil des Zentralmassivs (Cévennes) in Frankreich 20-78 mm gemessen. Rumänien, Moldawien und die Südukraine meldeten Überschwemmungen. In Moldawien wurden an mehreren Stellen in 12 Stunden zwischen 50 und 77 mm Regen, in Cahul 172 mm registriert. Die höchste 3-Tage-Niederschlagsmenge belief sich auf 246 mm. Aus den Niederlanden wurden vom 12. bis 13. Oktober Niederschlagsmengen von 75 mm bis 120 mm gemeldet. Solche Werte haben dort eine Wiederkehrzeit von 1-mal in 30 Jahren. In 5 Tagen vom 19. bis zum 23. Oktober fielen in Südostfrankreich 100 bis 350 mm Regen. Am 9. November erfasste die Station am Loibl Pass (1097 m Höhe) 136 mm Niederschlag innerhalb von 24 Stunden. In Hovlandsdal (Norwegen) sind am 16. November 126,5 mm Niederschlag innerhalb von 24 Stunden gefallen. Roussillon (Südfrankreich) erhielt in 3 Tagen vom 16. bis 18. November zwischen 78 mm und 199 mm Niederschlag. An mehreren Stationen im mittleren Teil des Mittelmeers und im südlichen Teil der Balkan-Halbinsel lagen die höchsten Mengen der 1-Tag- und 5-Tage-Niederschlagssummen oberhalb des langjährigen Mittels 1961-1990.

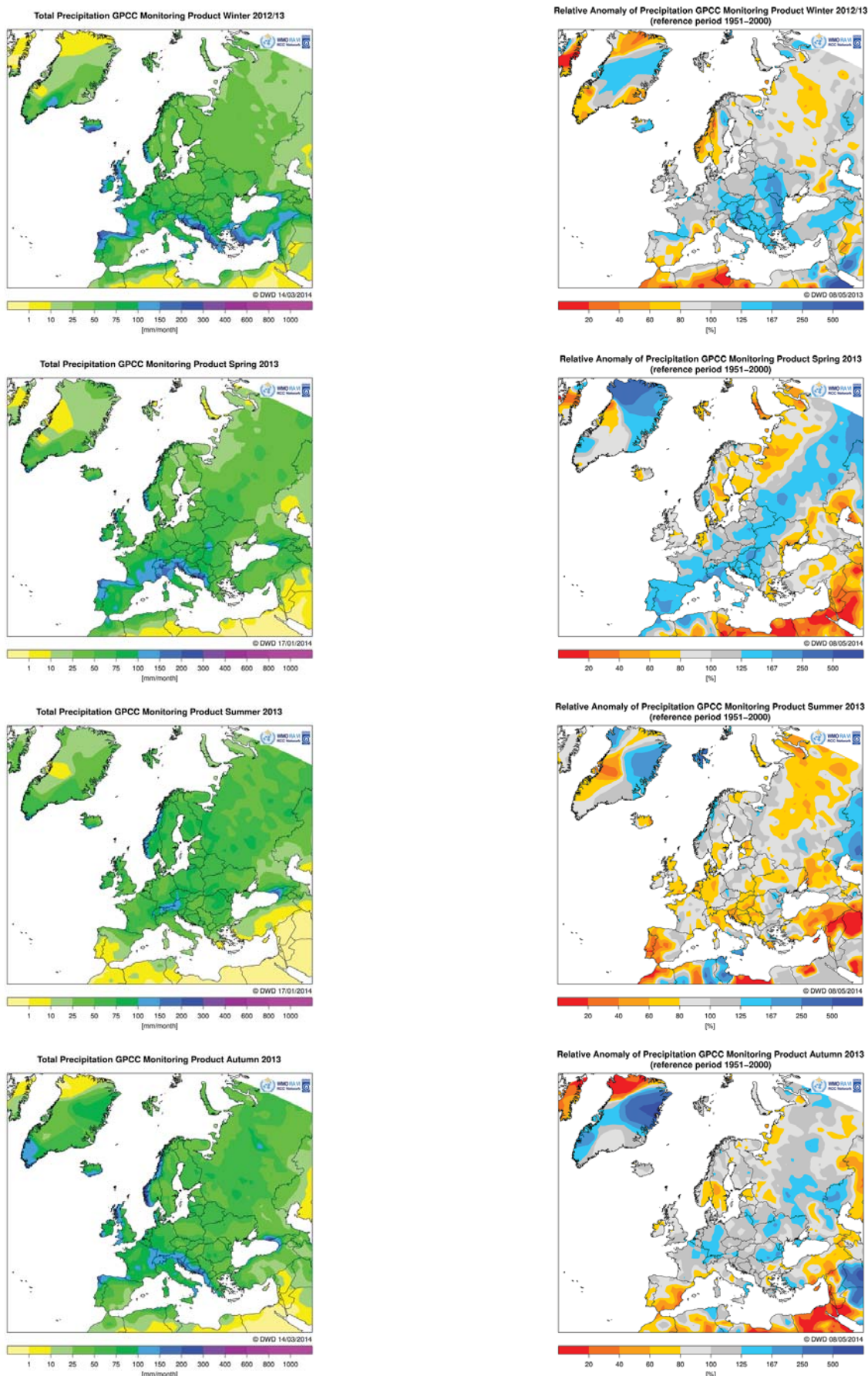


Abb. 5: Niederschlagshöhe in mm/Monat (links) und Niederschlagsanomalie in % (rechts) vom langjährigen Mittel 1951–2000 für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013, Herbst 2013

Luftdruck und Zirkulation

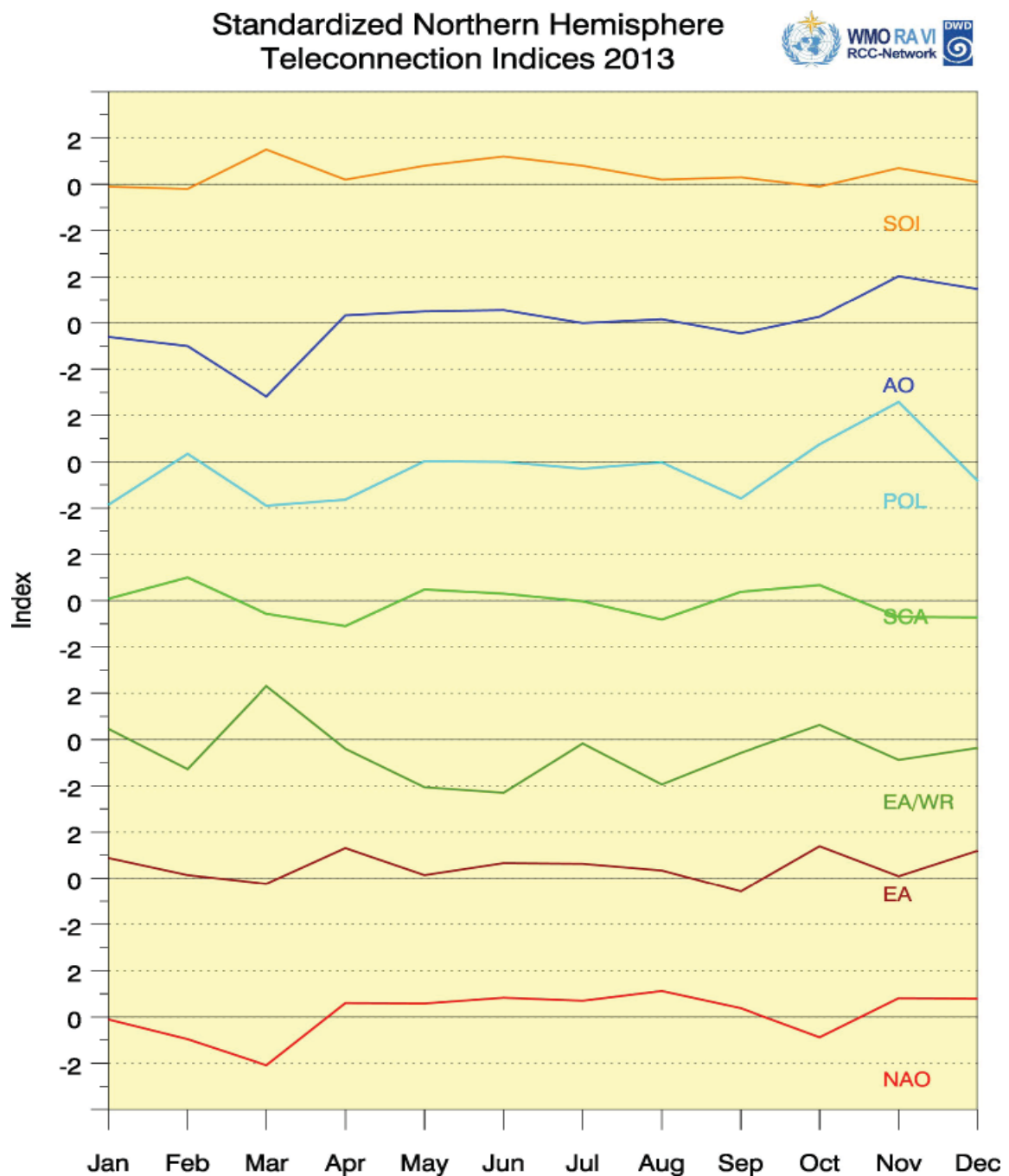


Abb. 6: Jahresgänge der standardisierten Zirkulationsindizes der Nordhemisphäre (Arctic Oscillation AO, Polar/Eurasia Pattern POL, Scandinavia Pattern SCA, East Atlantic/West Russia Pattern EA/WR, East Atlantic Pattern EA, North Atlantic Oscillation NAO) und des 'Southern Oscillation Index' (SOI) für das Jahr 2013 nach Daten des NOAA Climate Prediction Center (Erklärungen sind bei <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml> und <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/> zu finden).

Winter 2012/2013

Das Luftdruckmuster im **Winter 2012/2013** (Abb. 7, oben) war durch ein ausgeprägtes Islandtief mit Zentrum südlich von Grönland (südwestlich von der Normallage bei Island) und ein ausgeprägtes sibirisches Hoch mit Ausläufern nach Osteuropa dominiert. Diese Lage der Zirkulationszentren begünstigte insgesamt eine meridional ausgerichtete Luftströmung über Zentraleuropa und Skandinavien. Das Azorenhoch war etwas stärker als normal, so dass die meridionalen höchsten Luftdruckgradienten weit westlich der Britischen Inseln lagen. Im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990 war mit positiven Luftdruckanomalien über dem Nordmeer und Nordwesteuropa die sonst zyklonale Strömung deutlich schwächer. Mit dieser Luftdruckkonstellation befanden sich die NAO (Index = -0,22) in einer schwachen und die AO (Index = -1,13) in einer starken negativen Phase. In Verbindung mit der im Norden lang andauernden Hochdrucklage und dem Transport der kalten Luft von Nordosten nach Zentraleuropa und den häufig auftretenden Tiefs im Mittelmeerraum, die warme Luft nach Norden brachten, waren ausgedehnte, teilweise ungewöhnlich starke Schneefälle in weiten Teilen Europas zu beobachten.

Frühling 2013

Das Luftdruckmuster war im **Frühling 2013** (Abb. 7, Mitte oben) von einem stark ausgeprägten Hochdruckgebiet über Grönland und teilweise Nordeuropa dominiert. Die Luftdruckanomalien waren über dem Ostatlantik und über ganz Europa, ausgenommen Skandinavien und Nordrussland, negativ. Die höchsten negativen Anomalien lagen bei -4 bis -6 hPa und konzentrierten sich auf den östlichen Teil des Nordatlantiks, Azoren und Südrussland. Das Islandtief und das Azorenhoch waren geschwächt und damit war der NAO-Index negativ (-0,31) und auch der AO-Index (-0,80) negativ. Im **März 2013** zeigte der EA/WR-Index (East Atlantic/West Russia Pattern) positive Werte von 2,31 (im Mai 2013 war der EA/WR-Index mit -2,09 stark negativ). Im März 2013 herrschte ein hoher Luftdruck über Grönland (+16 hPa), Island und Skandinavien, dagegen über dem Atlantik der mittleren Breiten, über den Azoren und über Südrussland lag er mit -12 bis -16 hPa bzw. -8 bis -12 hPa weit unter dem Durchschnitt. Die NAO mit einem Index von -2,09 und die AO (-3,18) befanden sich in starken negativen Phasen. Einen auffällig hohen Wert (2,31) erreichte in diesem Monat der EA/WR-Index. Im **April 2013** war die Verteilung der Luftdruckanomalien charakterisiert durch weit verbreitete negative Werte sowohl über dem Gebiet westlich von Norwegen und Großbritannien (-4 bis -8 hPa), dem Nordmeer, Skandinavien als auch über Nordafrika, über dem westlichen Mittelmeer, dem Nahen Osten und über Osteuropa. Die positiven Werte konzentrierten sich nur auf den westlichen Nordatlantik. Ungefähr in der Mitte des Monats trat die NAO von einer negativen in eine positive Phase konsistent mit den Änderungen der Temperatur zu positiven Werten in West- und Zentraleuropa.

Die negativen Anomalien im westlichen und östlichen Teil des Mittelmeerraumes korrespondierten mit einem relativ niedrigen Luftdruck (1010-1015 hPa) und damit verbundenen hohen Niederschlägen in diesen Gebieten. In der ersten **Mai**hälfte befand sich die NAO in einer positiven Phase mit einem stark ausgeprägten Islandtief und Azorenhoch. Am Monatsende trat die NAO in eine negative Phase zugunsten einer stärker ausgeprägten Meridionalzirkulation. Die AO befand sich in der ersten Maihälfte in einer positiven Phase, die einen geringen Wärmeaustausch zwischen polaren und mittleren Breiten begünstigte. In der zweiten Maihälfte zeigte die AO um das Mittel schwankende Anomalien. Sowohl das Azorenhoch als auch das Islandtief waren stark entwickelt, allerdings lag das Islandtief weiter nach Osten mit dem Zentrum über der Nordsee verschoben. Damit konnte mit der Nordwestströmung die kalte, feuchte Luft tief nach Westeuropa vordringen. In weiten Teilen Zentraleuropas herrschte zyklonale Strömung vor, die hohe Niederschläge mit sich brachte. Über Nordosteuropa dagegen breitete sich ein Hochdruckgebiet aus, auf dessen Südostflanke warme, trockene Luft weit nach Norden transportiert wurde.

Sommer 2013

Das Zirkulationsmuster im **Sommer 2013** (Abb. 7, Mitte unten) beherrschte ein intensives Azorenhoch, das mit seinen Ausläufern bis nach Osteuropa reichte. Das Islandtief, eingebettet in eine Tiefdruckrinne, die von der Ostküste Nordamerikas bis Island verlief, war stärker als normal mit Luftdruckanomalien zwischen 0 und -4 hPa. Über dem Nahen Osten lag ein Tiefdruckgebiet. Negative Anomalien hatten auch die südöstlichen Teile der WMO Region VI einschließlich der Nahe Osten, Südrussland und der östliche Mittelmeerraum zu verzeichnen. Positive Luftdruckanomalien (+2 bis +6 hPa) traten über dem Nord- und Ostseeraum sowie über Nordrussland auf. Insgesamt breiteten sich über dem Westen, Norden und Nordosten Europas sowie über den westlichen Mittelmeerraum und das Balkan Gebiet positive Luftdruckanomalien bis zu +2 hPa aus. Im Sommermittel befand sich die NAO (Index= 0,65) und die AO (Index = 0,23) in einer schwachen positiven Phase.

Im **Juni 2013** lag der NAO-Index bei 0,52 und war ähnlich hoch wie im April und Mai. Dies weist auf eine etwas höhere Intensität beider Zirkulationszentren (Islandtief und Azorenhoch) hin. Der schwach positive AO-Index deutete auf einen schwachen Luftmassenaustausch zwischen polaren und mittleren Breiten hin. Im **Juli 2013** breitete sich das Azorenhoch weit nach Südwesteuropa und reichte mit seinen Ausläufern über West-, Zentraleuropa bis nach Nordosteuropa. Positive Luftdruckanomalien traten von Skandinavien und Nordrussland über Nordwest-, Zentral-, Süd- und Südosteuropa bis zum Mittelmeerraum verbreitet auf. Negative Luftdruckanomalien lagen über dem Atlantik, der Iberischen Halbinsel, über dem östlichen Teil des Mittelmeerraumes, dem Nahen Osten, der Kaukasusregion, Süd- und Zentralrussland. Das

Islandtief und das Azorenhoch waren im **August 2013** stark ausgeprägt. Das Azorenhoch dehnte sich bis nach Nordosteuropa und Westrussland aus, so dass in diesen Gebieten positive Luftdruckanomalien von 0 bis +4 hPa registriert wurden. Niedriger Luftdruck als normal (0 bis -4 hPa) herrschte über dem Nordatlantik (einschließlich Britische Insel) und dem Nordmeer, über dem östlichen Mittelmeerraum dem Nahen Osten und Südrussland vor. Über Island wurden die höchsten negativen Anomalien von -4 bis -8 hPa notiert. Der NAO-Index war mit 0,97 positiv.

Herbst 2013

Das Zirkulationsmuster im **Herbst 2013** (Abb. 7, unten) war von einem stark entwickelten Islandtief mit dem Kern westlich und östlich von Island (1000 hPa und 1005 hPa) und einem intensiven Azorenhoch mit dem Kern über den Azoren (1020-1025 hPa) geprägt. Das Islandtief war in eine von der Ostküste Nordamerikas über Nordskandinavien bis nach Nordrussland verlaufende Tiefdruckrinne eingebettet. Das Azorenhoch wurde von einem sich weit über West- und Zentraleuropa bis nach Südrussland reichenden Hochdruckgürtel begleitet. Somit war das zonale Zirkulationsmuster dominierend. Über dem äußersten Südosten der WMO Region VI lag ein Tiefdruckgebiet mit einem Minimum von 1005-1010 hPa. Im Vergleich zum langjährigen Mittel schwankten die Luftdruckanomalien im Herbst 2013 zwischen ± 4 hPa. Negative Anomalien konzentrierten sich auf das Nordmeer und Russland während über dem östlichen Nordatlantik und der Westküste Europas schwache positive Anomalien notiert wurden. Der NAO- und AO-Index für Herbst mit Werten von 0,12 und 0,61 kennzeichneten eine schwache positive Phase beider Indizes.

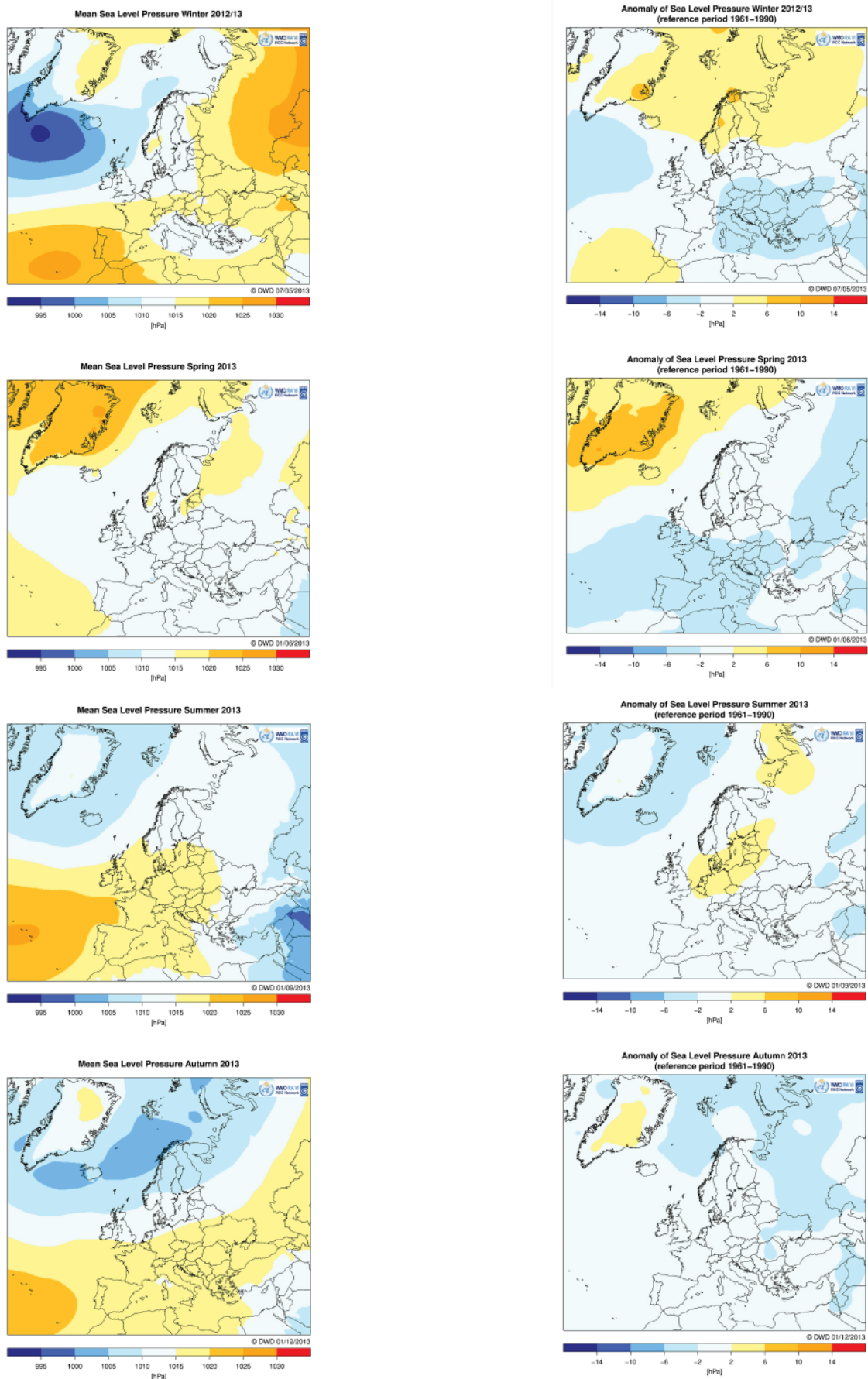


Abb. 7: Mittelwerte des Luftdrucks auf Meeresebene in hPa (links) und deren Anomalien (rechts) vom langjährigen Mittel 1961-1990 für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Sonnenscheindauer und Bewölkung

Die in Abb. 8 dargestellten Karten der jahreszeitlichen Summen der Sonnenscheindauer und ihrer relativen Abweichung zur Referenz 1961-1990 basieren auf Beobachtungsdaten von ausgewählten Stationen, die monatlich international ausgetauscht werden (CLIMAT). Hinweise zur Datenanalyse sind in <http://www.dwd.de/rcc-cm> zu finden. In Abb. 9 und 10 sind die jahreszeitlichen Verteilungen der Anzahl der trüben (Tagesmittel der Bewölkung 7/8 oder mehr) bzw. der heiteren (Tagesmittel der Bewölkung unter 2/8) Tage und ihrer absoluten Anomalien (Referenz 1982-2009) dargestellt. Die Datengrundlage dafür sind Daten des AVHRR Instruments auf den polarumlaufenden Satelliten (NOAA, METOP). Daher weicht aufgrund der Datenverfügbarkeit auch der Referenzzeitraum von der Normalperiode 1961-1990 ab. Der Vorteil der satellitengestützten Karten liegt u.a. in der vollständigen räumlichen Abdeckung, während die Karten auf der Basis von Beobachtungsstationen nur auf dem Land Informationen liefern.

Nachteile ergeben sich aus der Tatsache, dass die Satelliten, die Wolken unterer Stockwerke der Atmosphäre nicht erfassen können, wenn gleichzeitig höhere Wolken auftreten. Daher sind die Satellitendaten mit in situ Beobachtungen des Bedeckungsgrades oft nicht vergleichbar. Generell stellt die räumliche Verteilung der Sonnenscheindauer ein Negativbild der Verteilung von Bewölkung und Niederschlag dar.

Winter 2012/2013

Der **Winter 2012/2013** (Abb. 8, oben) war in weiten Teilen Europas relativ sonnenscheinarm. Abgesehen von lokal auftretenden positiven Anomalien zeichneten sich Teile Nordosteuropas, Südnorwegen und der südliche Teil Spaniens durch eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer aus. Im **Dezember 2012** erhielten vor allem Polen, Tschechien, die Ostalpen und Russland mehr Sonnenstunden als normal. Im **Januar 2013** herrschte in weiten Teilen Europas trübes Wetter vor. Eine Ausnahme stellten der Mittelmeerraum mit dem südlichen Teil der Iberischen Halbinsel und Südfrankreich sowie der Nahe Osten dar, wo die Sonnenscheindauer 150 % des langjährigen Mittels erreichte. Der Norden Zentraleuropas und die Südukraine verzeichneten dagegen weniger als 25 % Sonnenstunden. Der Januar 2013 gehörte in einigen Ländern zu den trübsten seit vielen Jahren: z. B. in Deutschland seit 1951, in Frankreich seit 1950 gefolgt vom Januar 2004 und 1970. Auch der **Februar 2013** zeichnete sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, fast in ganz Europa durch trübes Wetter mit wenig Sonnenschein aus. Mehr Sonnenstunden als normal meldeten die Britischen Inseln, größerer Teil der Iberischen Halbinsel, Südwestfrankreich und die Türkei sowie im Norden das Baltikum, Süd- und Nordnorwegen.

Frühling 2013

Im **Frühling 2013** (Abb. 8, Mitte oben) fällt eine Zweiteilung Europas in Hinblick auf die Anzahl der Sonnenscheinstunden auf: Der westliche Teil mit wenig Sonne und der östliche Teil (u. a. ganz Skandinavien, Russland und Türkei) mit viel Sonnenschein. Im **März 2013** schien die Sonne länger als normal in Skandinavien, im Baltikum und Nordrussland aber auch in Norddeutschland, Dänemark, Polen und in der Ukraine. In anderen Teilen wurden entweder durchschnittliche oder unter dem Mittel liegende Werte gemeldet. Im **April 2013** verzeichneten einige Teile Europas ein trübes, wolkenreiches Wetter mit einem Bewölkungsgrad von über 6/8 (z. B. Südfrankreich, Schweiz, Nordwestitalien, Zentral- und Süddeutschland und Tschechien), das mit einem ausgedehnten Tiefdruckgebiet über dem westlichen Mittelmeerraum korrespondierte. Gebiete mit weniger als 10 trüben Tagen registrierten mehr Sonnenstunden als normal. Der **Mai 2013** präsentierte sich vor allem in West- und Zentraleuropa mit wenigen Sonnenscheinstunden; In Frankreich, Deutschland und in der Schweiz wurden weniger als 150 Sonnenscheinstunden (75 % des Mittels 1961-1990), lokal sogar weniger als 100 Stunden (unter 50 %) gemessen. Sonniger als normal war es dagegen in Nordosteuropa, teilweise in Südeuropa und im Nahen Osten. Die höchsten Werte mit mehr als 300 Sonnenscheinstunden (125 % des Mittels) wurden in Schweden und an der Nordostküste des Schwarzen Meers gemessen.

Sommer 2013

Der **Sommer 2013** (Abb. 8, Mitte unten) war fast in ganz Europa sonniger als normal. Die höchste Sonnenstundenzahl (1064 Std.) wurde aus Warschau gemeldet. Dies entsprach in etwa 150 % des Mittels von 1961-1990 und 175 % des Mittels 1971-2000. In Österreich war es der sonnigste (1. Rang zusammen mit den Jahren 1887 und 1904). Im äußersten Südosten der WMO Region VI herrschte dagegen trübes Wetter vor. Der **Juni 2013** brachte überdurchschnittlich viele Sonnenstunden (+25 %) vor allem für Osteuropa und die Arktis. Am 6. Juni beispielsweise schien die Sonne in Lappland fast volle 24 Stunden. Russland aber auch in Südspanien bekamen mehr als 350 Sonnenstunden in diesem Monat. Bewölkt und trüb war es dagegen in Nordwest- und Westeuropa. Reykjavik (Island) verzeichnete die höchste Zahl trüber Tage seit 1995. Auch für die Türkei und den Nahen Osten wurden überdurchschnittlich viele trübe Tage ermittelt. Für die Defizite in der Sonnenscheindauer in Nordost- und Westeuropa und Überschüsse in Osteuropa war ein Zirkulationsmuster verantwortlich, das von einem intensiven Islandtief und einem zwar nicht abnormal intensiven, aber weit nach Osten reichenden Azorenhoch geprägt war. Auf der Ostflanke des Islandtiefs drang feuchte Luft nach Westeuropa und Skandinavien vor und sorgte dort für instabiles Wetter. Dagegen wurden in Nordwestruss-

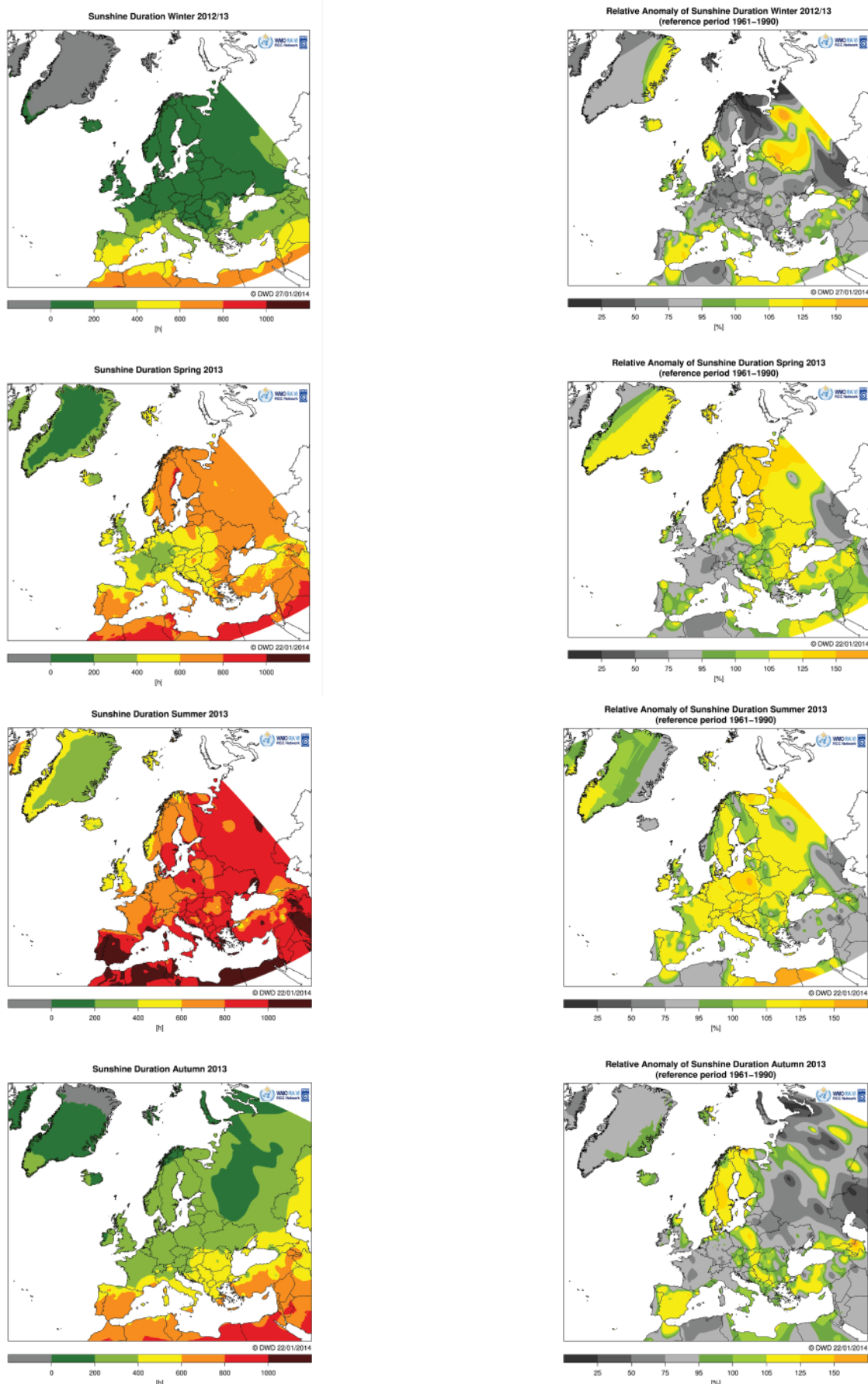


Abb. 8: Mittlere Sonnenscheindauer in h (links) und deren Abweichungen in % vom langjährigen Mittel 1961-1990 aus Stationsbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

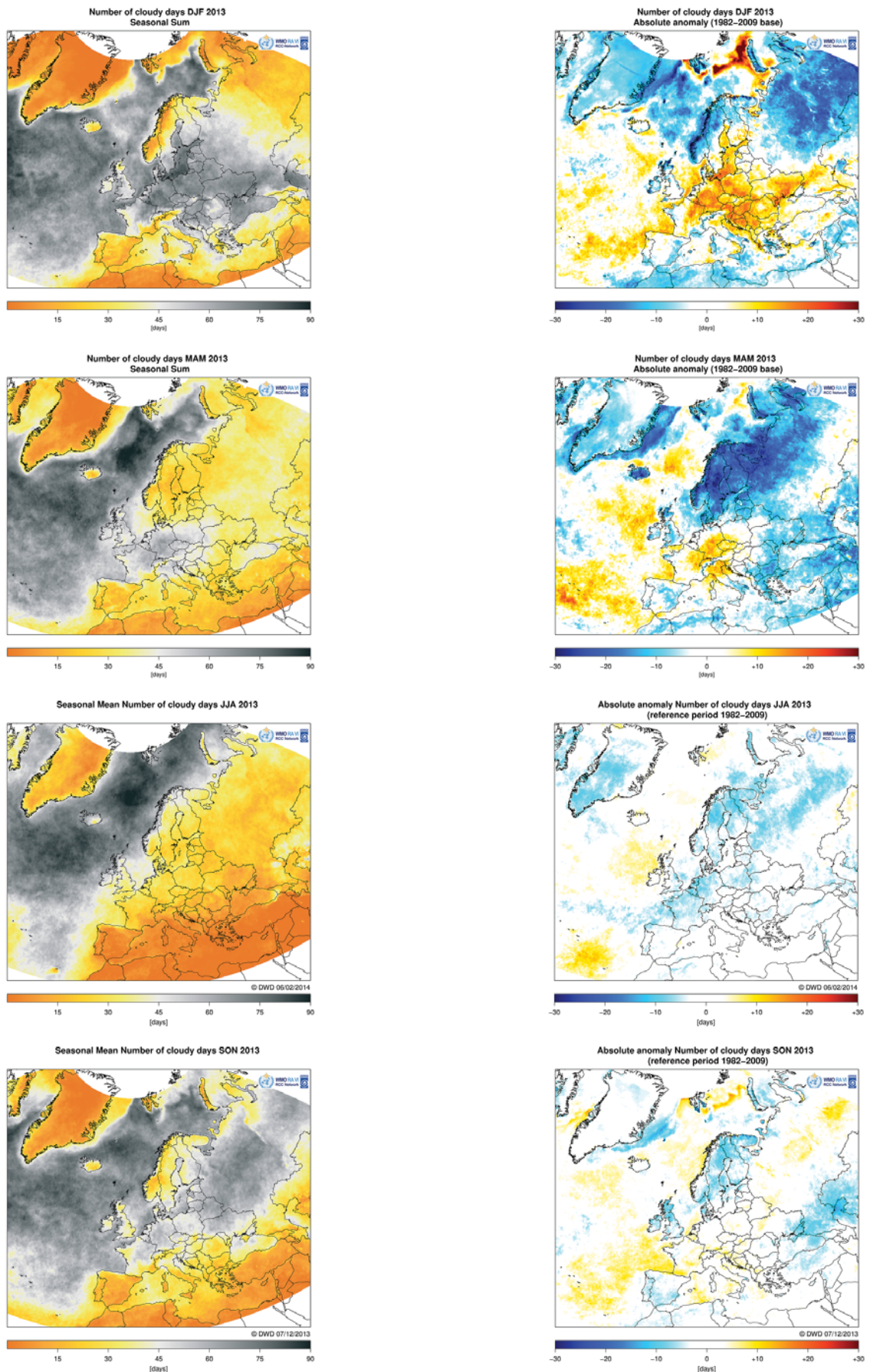


Abb. 9: Anzahl trüber Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

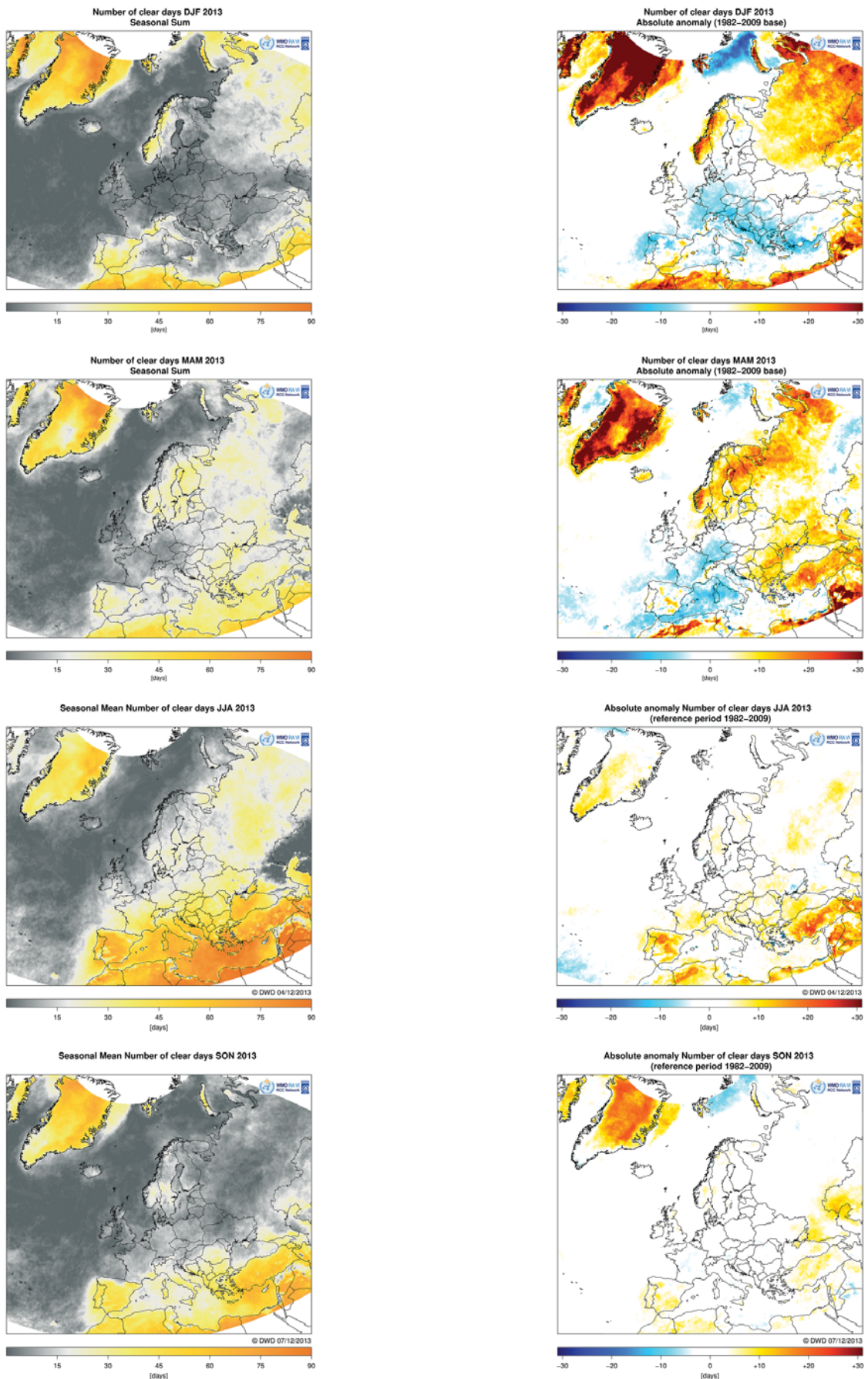


Abb. 10: Anzahl heiterer Tage (links) und deren Abweichungen (rechts) vom langjährigen Mittel 1982-2009 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

land die höchsten positiven Temperaturanomalien notiert. Im Südwesten Europas herrschte unter dem Einfluss des Azorenhochs sonniges Wetter vor. Das über der Türkei und dem Nahen Osten liegende Tief sorgte dort für ein trübes aber nicht niederschlagsreichereres Wetter als normal. Der Juli 2013 wartete mit einem relativ hohen Sonnenstundenüberschuss in einigen westeuropäischen Ländern auf. In Nordfrankreich wurden +45-+63 % mehr Sonnenstunden als im Mittel der Jahre 1991-2000 beobachtet, in Deutschland war der **Juli 2013** der 2.-sonnigste seit 1951. Mit einer unterdurchschnittlichen Sonnenscheindauer zeichneten sich der östliche Teil des Mittelmeerraumes, der Nahen Osten und Westrussland aus. Der **August 2013** war in weiten Teilen Europas (z. B. Skandinavien, Polen und Nordrussland) sonniger als normal. In Polen wurde ein hoher Sonnenscheinüberschuss von bis zu 60 Stunden beobachtet. Eine Ausnahme bildeten die Britischen Inseln, der östliche Mittelmeerraum, der Nahe Osten und Teile Russlands.

Herbst 2013

Im **Herbst 2013** (Abb. 8, unten) zeichnete sich der größte Teil der WMO Region VI durch eine unterdurchschnittliche oder um den Mittelwert schwankende Sonnenscheindauer aus. In Deutschland lag der Herbst auf dem 13. Platz unter den trüben Herbstmonaten. Auffällig war das sonnenreichere Band, das sich von Skandinavien über Polen bis zum Balkan und einige Teile der Türkei erstreckte und die Gebiete mit trübem Wetter in West- und Osteuropa voneinander trennte. In Südwesteuropa erhielt die Iberische Halbinsel, ausgenommen Portugal und Nordspanien, mehr Sonnenstunden als normal. Der Sonnenscheindauerüberschuss belief sich dort auf +5-+25 % und in Mittel- und Südschweden auf +5-+50 % bezüglich des Mittelwertes 1961-1990 was in etwa +20 bis +50 Stunden entsprach. In Polen und im Balkangebiet reichte dieser Überschuss bis zu 20 Stunden. Entsprechend war dort der Wolkenbedeckungsgrad abgeleitet aus Satellitendaten mit etwa 50 bis 37 % gering. Über den größten Teil Osteuropas herrschte trübes Wetter mit einer unterdurchschnittlichen Sonnenscheindauer vor.

Globalstrahlung

Der **Winter 2012/2013** (Abb. 11, oben) zeichnete sich in fast ganz Europa durch geringere Strahlung am Boden aus, mit Werten von weniger als 50 % des Normalen, wie ja schon durch die Sonnenscheindauer dokumentiert wurde. Dies spiegelt sich auch in den überdurchschnittlichen Niederschlägen und teilweise negativen Temperaturanomalien wieder.

Dieses Bild setzt sich im **Frühling 2013** (Abb. 11, Mitte oben) fort. Nur in Nordeuropa ist die solare Einstrahlung am Boden überdurchschnittlich.

In Zentral- und Westeuropa war der **Sommer 2013** (Abb. 11, Mitte unten) freundlicher als normal, verbunden mit weniger Niederschlag und höheren Temperaturen. In Nordeuropa gab es aber etwas geringe Globalstrahlungswerte.

Während des **Herbstes 2013** (Abb. 11, unten) war vor allem Skandinavien von positiven Globalstrahlungsanomalien verwöhnt, was sich auch in höheren Temperaturen und geringeren Niederschlägen zeigte. Dagegen herrschten in Zentral und Osteuropa negative Anomalien vor.

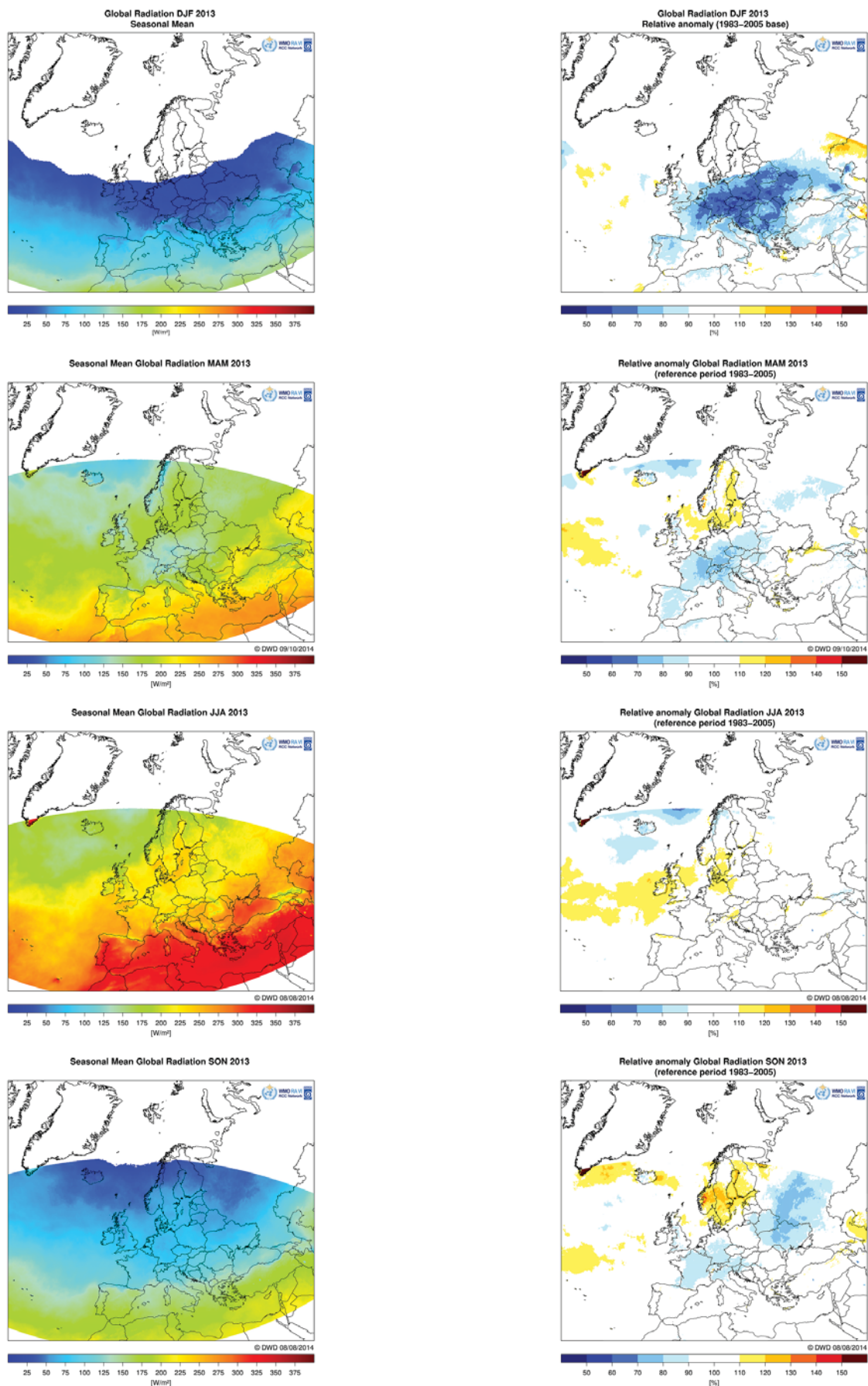


Abb. 11: Mittlere Monatssummen der Globalstrahlung in W/m^2 (links) und deren relative Anomalie in % vom langjährigen Mittel 1983-2005 aus Sattelitenbeobachtungen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

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

Winter 2013/2013

Anhand der Anomalien für die Zahl der Eistage (Maximumtemperatur $< 0^{\circ}\text{C}$ (Abb. 12, links oben)) wird der kühle Charakter des Winters 2012/2013 in Zentral- und Nordeuropa deutlich mit deutlich mehr Eistagen als normal. Der Balkan und Südosteuropa weisen weniger Eistage als gewöhnlich auf. Ein ähnliches Bild zeigen auch die Zahl der Niederschlagstage über den 95 % Perzentilwerten der jeweiligen Zeitreihe (Abb. 12, rechts oben) denn während kalter Tage gibt es schwächere Niederschläge. Nur in Italien finden sich 3 Stationen mit stärkeren Niederschlägen.

Frühling 2013

Der Frühling 2013 zeichnet sich in West- und Zentraleuropa durch eine überdurchschnittliche Anzahl kühlerer Tage aus d.h. durch eine Tagesmitteltemperatur die unter den 10 %-Perzentilwerten liegt (Abb. 12, links Mitte oben). Nur im Norden Skandinaviens und Osteuropa gibt es Gebiete mit weniger kalten Tagen. Das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage (Abb. 12, rechts Mitte oben) wird vor allem durch den Mai geprägt, da zu der Zeit der Niederschlag in Süd- und Südosteuropa häufig schon konvektiven Charakter aufweist.

Sommer 2013

Im Sommer 2013 ist die positive Anomalie der Anzahl der Tropennächte (Abb. 12, links Mitte unten) vor allem im Mittelmeerraum und am Schwarzen Meer bemerkenswert, die von überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer begleitet war. Die extremen Starkniederschläge in Zentraleuropa spiegeln die Hochwassersituation Anfang Juni wieder durch das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage. (Abb. 12, rechts Mitte unten). Auch die Rekordniederschläge vom Juni, in Norwegen und Finnland, treten deutlich hervor.

Herbst 2013

Im Herbst 2013 zeigt die Zahl der Sommertage das es bis auf Osteuropa, wärmer als Normal war. (Abb. 12, links unten). Die extremen Starkniederschläge, dargestellt durch das Maximum der Niederschlagssumme über 5 Tage (Abb. 12, rechts unten), waren im Herbst 2013 ebenfalls sehr markant und nicht nur auf das zentrale Mittelmeer beschränkt, sondern auch am Schwarzen Meer. In den Niederlanden war es der fünfte regenreichste Oktober der letzten 100 Jahre.

ID (ice days)	Eistage: Maximumtemperatur $< 0^{\circ}\text{C}$
TG10p	Kalte Tage oder Tage mit Tagesmitteltemperatur unterhalb der 10 % Perzentilwerte
TR	Tropennächte: Minimumtemperatur $> 20^{\circ}\text{C}$
SU	Sommertage: Maximumtemperatur $> 25^{\circ}\text{C}$
R95p	Zahl der Niederschlagstage oberhalb der 95 % Perzentilwerte
RX5day	Maximum der 5-tägigen Niederschlagshöhe

Tab. 1: Definitionen der in Abb. 12 verwendeten Klimaindizes

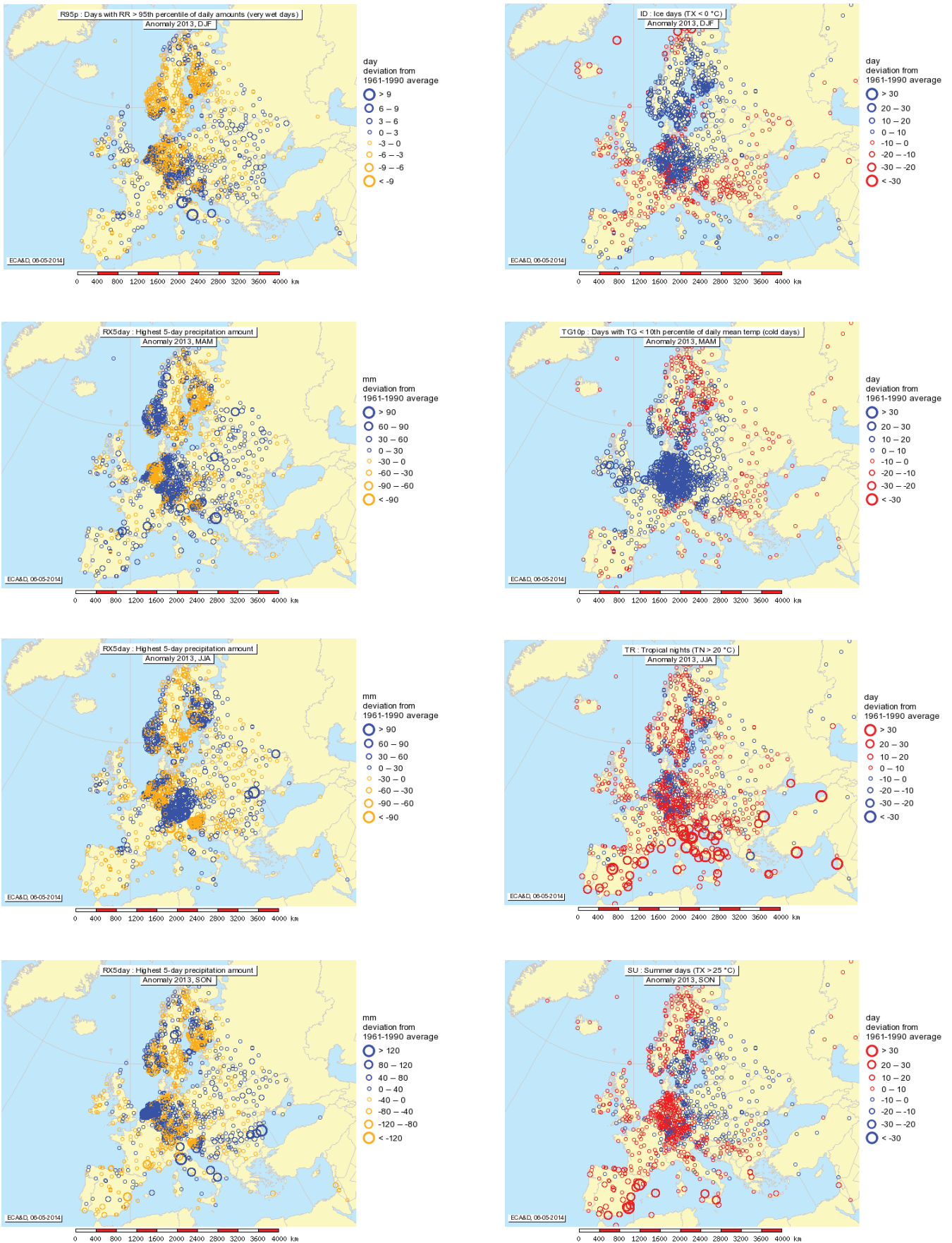


Abb. 12: Anomalien ausgewählter Klimaindizes für Temperatur (links) und Niederschlag (rechts) nach ECA&D für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Besondere Ereignisse

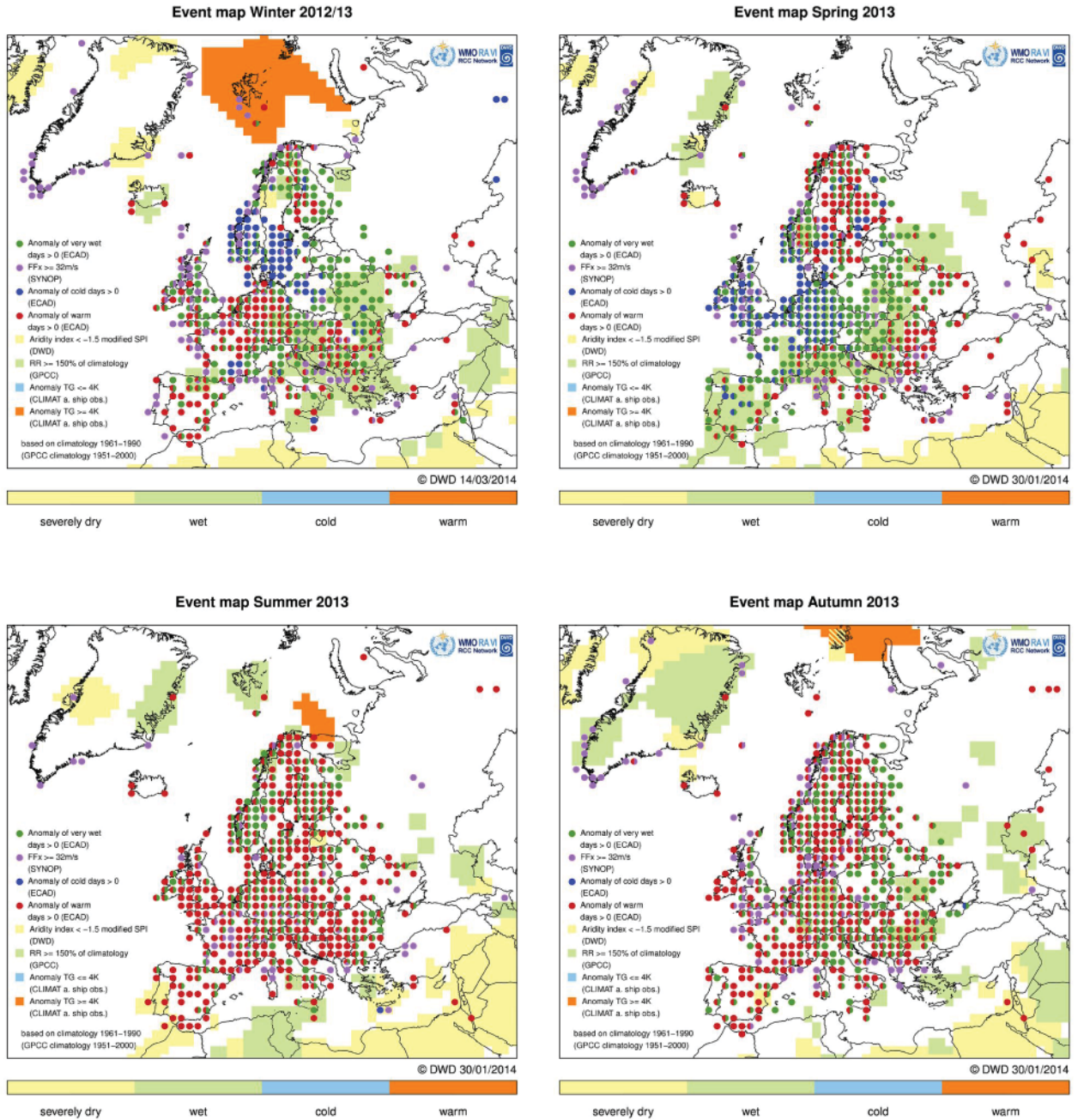
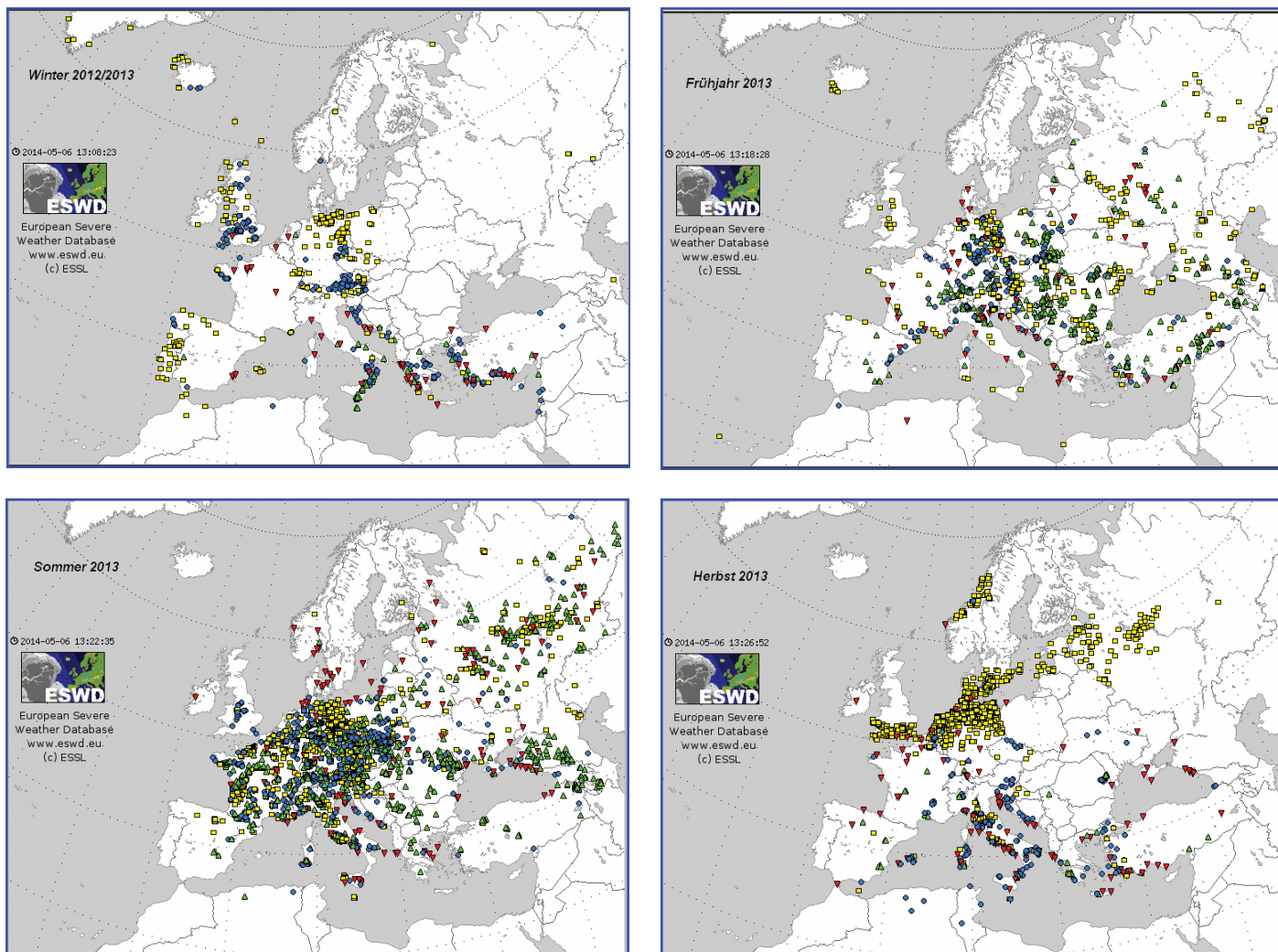


Abb. 13: Ereigniskarten für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013



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

Abb. 14: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene Tornado, Sturm, Hagel und Starkregen für die Jahreszeiten Winter 2012/2013, Frühling 2013, Sommer 2013 und Herbst 2013

Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten 2013 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2013

Anfang 2013 wurde der Nahe Osten, vor allem Israel, Libanon, Syrien und Jordanien von Schnee, Frost und Gewittern mit starken Böen getroffen. Ein Tiefdruckgebiet aus dem Mittelmeer wanderte über Zypern und die Türkei nach Jordanien und verursachte dort fast einen Stillstand des Landes. Die Regenmengen überfluteten Straßentunnel und viele Straßen in Amman und andere Teile in der Wüste. In den Bergen, ab einer Höhenlage von 700 Metern, erreichten die Schneehöhen 15 bis 60 cm. In wenigen Tagen wurden Niederschlagsmengen von bis zu 300 mm gemessen, das entspricht über 250 % der üblichen Monatssumme für den Januar. Vom 18. bis 25. Januar 2013 zogen mehrere Frontensysteme

über Großbritannien mit schweren Schneefällen, die zu erheblichen Beeinträchtigungen im Straßen- und Schienenverkehr führten. Der Sturm GONG traf den Nordwesten der Iberischen Halbinsel am 19. Januar 2013 und brachte extrem hohe Windböen von mehr als 25 bis 39 m/s im ganzen Land und Starkniederschläge.

Februar 2013

Am 6. Februar 2013 wurden ungewöhnliche Schneehöhen für Moskau berichtet. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden im Winter 2012/2013 die 1,5-fachen der normalen Schnee-

höhe erreicht.

In Island war der Februar 2013 der 2.-wärmste Februar seit 1871, nach 1964. Durch die damit verbundene Schneeschmelze kam es im Süden zu Überschwemmungen.

März 2013

Anfang März 2013 sorgte ein umfangreiches Tiefdruckgebiet über Südwesteuropa und dem westlichen Mittelmeerraum für kräftige Regenfälle und Sturm. Der Einfluss reichte bis zu den Kanaren, wo Unwetter Erdbeben auslösten und ein Menschenleben forderten. In Südfrankreich fielen zwischen 100 und 160 mm Niederschlag in 24 Stunden und verursachten Überschwemmungen.

Vom 10. bis 14. März 2013 traten bemerkenswerte Schneefälle in Südengland, Nordfrankreich, den Niederlanden und Deutschland auf und brachten eine Schneedecke mit Höhen von 10 bis 20 cm, lokal in Nordfrankreich mehr als 50 cm. Mehr als 10 cm Schnee lag auch auf den Kanalinseln. Dieses Ereignis verursacht weit verbreitete Verkehrsstörungen und Unfälle.

Ende März war es ungewöhnlich kalt in Mittel- und Osteuropa und im südlichen Skandinavien. Mit Minimumtemperaturen von deutlich unter 10°C wurden in Deutschland für die dritte Dekade des März viele Rekorde gebrochen. Auf Bornholm (Dänemark) wurden am 19. März 36 cm Schnee gemessen.

April 2013

Am 1. April 2013 breitete sich eine Staubwolke von Ägypten und Israel nördlich über das Mittelmeer aus und erreichte Cypern und die Türkei. Am 7. April 2013 breitete sich wieder eine Staubwolke diesmal von Libyen und Ägypten über das Mittelmeer aus und erreichte am 8. April Cypern und die Türkei, wie die Satellitenbilder der NASA zeigen.

Der Sandsturm vom 16. April in Schottland führte zu schlechter Sicht und Dünen auf den Straßen. Am selben Tag ereignete sich in Nordirland ein Schneesturm durch den mehr als 20 000 Schafen umkamen. Mindestens 10 Stationen berichteten Windböen von 25 m/s oder mehr.

Am 18. April verursachte ein Sturm in Norddeutschland schlechte Sicht aufgrund von aufgewirbeltem Sand und Staub und die Fehmarnsundbrücke wurde für bestimmte Arten von Fahrzeugen gesperrt.

Vom 19. bis 22. April 2013 führten sehr starke Niederschläge in der Schweiz, die zum Teil als Schnee fielen, zu gebrochenen Bäumen und unterbrochen Stromleitungen. Die höchsten Niederschlagssummen gab es im Tessin, im Maggiatal und dem Misox (ca. 130 mm). Diese Episode wurde von Gewittern begleitet. Eine Woche später wurden im Tessin über 100 mm in 72 Stunden (27.-30. April) gemessen.

Schmelzender Schnee und Eis verursachten in Osteuro-

pa Hochwasser und Überschwemmungen. Im südlichen Litauen hatte der Fluss Ogre am 21. April 2013 den höchsten Wasserstand seit 240 Jahren erreicht.

Mai 2013

Eine erste große Sturmwellen in diesem Jahr zog von Frankreich, Deutschland, Schweiz, Österreich, Polen, Tschechien, Slowakei, Ungarn, Slowenien, Rumänien, Bulgarien bis nach Russland. In der ersten Maiwoche 2013 brachte er Regen mit Hagel und verursachte Schäden von mehr als einer Million Euro. In der Schweiz gab es sogar Todesfälle, als ein Auto von einem Fluss mitgerissen wurde. Die Gewitterzellen blieben entlang einer quasisationären Front, die lokal starke Regenfälle verursachte. Schaffhausen (Schweiz) erlebte den höchsten lokalen 10-minütigen Niederschlag seit 1981 mit 32,8 mm (Wiederkehrperiode von 50 bis 100 Jahren). Über Südbayern bildete sich eine Superzelle am Freitag den 3. Mai 2013. Ende Mai und Anfang Juni 2013 führte eine quasi-stationäre Vb-Wetterlage in Kombination mit einem ausgeprägten Höhentief zu lang anhaltenden und weit verbreiteten Überschwemmungen. Vor allem über dem östlichen Deutschland, Baden-Württemberg, Bayern, Tschechien, Österreich und den angrenzenden Gebieten entlang der Flusseinzugsgebieten von Elbe und Donau. Insgesamt kam es in sieben Ländern zu schweren Überflutungen. Einige neue Rekorde der Wasserstände wurden erreicht (Abb. 15).



Abb. 15:

Hochwassermarken in Passau, 2013 ist die zweite von oben (Aufgenommen und zur Verfügung gestellt von Frau Helga Nitsche, 08.10.2014)

Juni 2013

Die Extremen Niederschläge im Alpenraum und im östlichen Mitteleuropa dauern auch im Juni weiter an und verursachten die größten Überschwemmungen in den Flusseinzugsgebieten von Donau und Elbe seit mindestens 1950. Die meisten Niederschläge fielen vom 29. Mai bis 3. Juni 2013, mancherorts mehr als 400 mm mit Wiederkehrzeiten von mehr als 100 Jahren. Die Böden waren so gesättigt, dass der Niederschlag oberirdisch abfloss. Die Wasserstände der Flüsse erreichten historischen Höchststände (z.B. Passau den höchsten Wasserstand seit 1501, Abb. 15). Einige Deiche brachen und die Schäden durch Überflutung von Straßen und Eisenbahnlinien, Gebäuden und landwirtschaftlichen Flächen wurde auf einige Milliarden Euro geschätzt. Der Schiffsverkehr auf großen Flüssen musste bis zu 2 Wochen unterbrochen werden. Mindestens 25 Todesopfer waren zu beklagen und mehr als 50.000 Menschen mussten ihre Häuser verlassen.

Am 19. Juni ereignete sich in der Region Côte d'Or im Nordosten Frankreichs ein Tornado der Stärke F3. Er hatte 14 km Bodenkontakt und war in einen Macroburst eingebettet. Dies war der stärkste Wirbelsturm in Frankreich seit 2008.

Die Zahl der Gewitter im Juni in Finnland lag mit 78.000 Wolke-Erde-Blitze mehr als doppelt so hoch wie der langfristigen Durchschnitt. Die meisten Blitz wurden am 27. Juni mit 28.500 Wolke-Erde-Blitze aufgezeichnet. Das letzte Mal gab es so etwas im Juni 1995.

In Bulgarien wurden 21 Tage mit Hagel gezählt, 9 Tage mehr als normal. Großer Hagel Ende Juni verursachte erhebliche Schäden in der Landwirtschaft, vor allem bei Obst und Gemüse.

Juli 2013

In Georgien kam es am 19. Juli in 2 Regionen (Westen und Norden) zu Überschwemmungen. In der Zeit vom 19. bis 30. Juli berichteten 8 Stationen Niederschlagshöhen zwischen 0,4 und 33 mm/d, die sich zu 16 bis 84 mm in der Zeit aufsummierten.

Am 27. Juli trafen die wohl intensivsten Gewitter der letzten Monate die Niederlande und Deutschland. Große Hagelkörner von 5 cm und mehr, sogar bis zu 10 cm, führten an vielen Orten zu Schäden an Bäumen, Straßen, der Eisenbahn und Gebäuden.

August 2013

Vom 4. bis 6. August 2013 herrschten sehr intensive Gewitter in Frankreich, Deutschland und Österreich. Extreme Hagelkörner mit einer Größe von 4-10 cm wurden beobachtet (einer hatte einen Durchmesser von 14 cm und einem Gewicht von 360 g, in Undingen bei Reutlingen, Baden-Württemberg). Blitze verursachten Schäden und Verletzte. Starke Winde fällten Bäume, Regen überflutete Straßen, U-Bahnen und Keller. In Deutschland wurden Windböen von mehr als 25 m/s gemessen, auch an Orten

mit geringer Höhe über NN, zum Beispiel: Rheinstetten 30,8 m/s, Lautertal-Oberläuter 27,7 m/s, Frankfurt (Main) 26,6 m/s, Würzburg 28,2 m/s, Bad Kissingen 27,9 m/s, Meiningen 27,8 m/s Neuruppin 27,6 m/s.

Aus der Türkei wurde am 8. August von einer Überschwemmung in Samsun am Schwarzen Meer berichtet. Die Niederschlagsmessung ergab eine tägliche Gesamtmenge von 204,6 mm.

Im August 2013 herrschten in Südeuropa hohe Temperaturen mit viel Sonnenschein und trockenem Wetter. Am 29. August wurde ein Feuer in Portugal von Satellitenbildern (MODIS Instrument auf Aqua Satellit) im Caramulogebirge dokumentiert. Der Rauch zog weit über den Nordatlantik. In diesem Feuer starb ein weiblicher Feuerwehrmann.

September 2013

Am 6. September herrschte in Großbritannien ein Unwetter mit Hagel und sintflutartigem Regen begleitet von Überschwemmungen. Ebenfalls am 6. September verursachten schwere Regenfälle Überschwemmungen und Schlammlawinen in Tirol, Österreich. Gewitter und Regen wurden ebenfalls über großen Teilen Deutschland ausgewiesen. Am 7. September wurde in Mühlheim (Donautal) in Baden-Württemberg eine 10 cm Hagelschicht beobachtet.

Aufgrund extremer Niederschläge vom 12. bis 18. September traten schwere Überschwemmungen in Rumänien, südliches Moldawien und der südlichen Ukraine auf. Beispielsweise wurden für den Bereich Odessa Niederschlagssummen von 200-300 mm berichtet. Neben beschädigten Häusern gab es auch Schäden an der Strom- und Wasserversorgung, was sich auf die Wasserqualität auswirkte. Moldawien berichtete extreme Regenintensitäten von 34 mm in einer Stunde am 13. September bei Cardir-Lunga und 50 bis 77 mm innerhalb von 12 Stunden im Bereich der Briceni Ribnitsa, Rezina, Orhei und Comrat sowie bis zu 172 mm in 12 Stunden bei Cahul.

Oktober 2013

Die extremen Niederschläge am Schwarzen Meer setzten sich auch im Oktober fort. Vom 1. bis 3. Oktober trafen sie den Westen der Türkei und die südliche Schwarzmeerküste. Niederschlagssummen von mehr als 50 mm berichteten eine Reihe von Stationen am Schwarzen Meer. Die höchste Tagessumme wurde von Hopa an der östlichen Schwarzmeerküste mit 153,5 mm am 3. Oktober gemessen.

Auch in Westeuropa fielen vom 19. bis 23. Oktober große Mengen Regen vor allem in der westlichen Mittelmeerregion, den Britischen Inseln und Südnorwegen. Während dieser 5 Tage summierten sich die Niederschläge in der südöstlichen Region Frankreichs auf 100 bis 350 mm. Spanien berichtete, dass innerhalb von 4 Tagen, vom 21. bis 24. Oktober, einige Orte in der Region Galici-

en Summen von mehr als 250 mm erhielten. Auch die Schweiz berichtete Tagessummen von mehr als 50 mm am 22. und 23. Oktober mit 104,8 mm in Magadino als Maximum. Im südlichen Großbritannien verursachte der Regen einen Erdrutsch auf der Autobahn und in Schottland Hochwasser. Ähnlich hohe Tagessummen berichteten vielen Stationen im Süden von Norwegen am 22. Oktober mit 110,7 mm in Kvamskogen und 113,1 mm in Sauda, als höchste Werte.

Am 20. Oktober 2013 wurden mehrere Tornados aus Großbritannien und Frankreich gemeldet. In Frankreich, im Bereich der Bailleul (Nordfrankreich), war es ein F2 Tornado. Der typische Bereich der Windböen für diese Klasse von Tornados ist 48,8 bis 61,1 m/s. Er hatte eine Breite von 80 m und eine Länge von 9 km. Drei weitere Tornados traten an diesem Tag in Frankreich (L'Orne, l'Eure und la Somme) mit Spitzenböen im Nordwesten des Landes von 27,8 m/s. In Großbritannien beschädigte wahrscheinlich ein kleiner Tornado in Hayling Island 100 Häuser.

Das Sturmtief "Christian" zog von den Britischen Inseln über das nördliche Frankreich, den Niederlanden und Belgien, dem nördlichen Deutschland nach Dänemark, Schweden (dort mit dem Namen 'Simone') und weiter in die baltischen Staaten. Die höchsten Windböen wurden von einem dänischen Sender mit 53,5 m/s registriert, in Großbritannien waren es 50,9 m/s, in Deutschland 47,8 m/s, den Niederlande 42,2 m/s, Frankreich 40,8 m/s, Schweden 42 m/s, Estland 33 m/s. Der niedrigste Luftdruck wurde mit 968 hPa im dänischen Aalborg beobachtet. Der Sturm forderte insgesamt 14 Todesopfer (meist durch umgestürzte Bäume) und Schäden an den Bahnen, Straßen und an Gebäuden.

November 2013

Am 16. November wurde Norwegen von einem Sturmtief getroffen, das vor allem Schäden an Häusern und Stromleitungen verursachte. Einige Häuser wurden sogar vollständig zerstört. Extreme Niederschläge gab es mit Tagessummen von 50 mm und mehr bei mindestens 10 Stationen mit einem Höchstwert von 104,9 mm in Stryn. Norwegen berichtete auch Wellenhöhen von 12,5 m für diesen Tag.

Im westlichen Mittelmeer verursachte der Zyklon 'Cleopatra' sintflutartigen Regen mit Überschwemmungen und forderte nach Medienangaben, mindestens 18 Todesopfer auf Sardinien. Der am stärksten betroffene Ort, Olbia, meldete 204 mm Niederschlag innerhalb von 3 Tagen. Zum Vergleich: die langjährige Monatssumme für November auf Sardinien ist 56 mm für Olbia und Cagliari (1961-1990). Die mittlere Jahressumme beträgt 582 mm für Olbia und 427 mm für Cagliari. So erhielt Olbia fast 4-mal die mittlere Niederschlagshöhe für November und fast ein Drittel des jährlichen Gesamtniederschlags innerhalb von 3 Tagen.

Dezember 2013

Sturmtief XAVER zog vom 4. bis 7. Dezember von Süden Islands über die Färöer nach Norwegen und Südschweden und weiter über die Ostsee nach Estland, Lettland und Litauen. Es hatte seinen niedrigsten Kerndruck am 5. Dezember um 18 Uhr UTC über Norwegen (960 hPa). Xaver war von einer Sturmflut begleitet und wegen der zu erwartenden Windgeschwindigkeiten und der Gezeiten wurde er mit dem Sturm vom Februar 1962 verglichen. Durch die frühzeitigen Warnungen und die viel höheren Deiche blieben die Auswirkungen aber weit geringer. Dennoch hatte XAVER schwere Auswirkungen zum Beispiel in Schottland und auch im Norden von Deutschland. Sehr hohe bis extrem hohe Niederschlagssummen wurden in Israel, Jordanien und im Westen Syriens vom 10. bis 14. Dezember 2013 registriert. Die höchsten Tagessummen von über 100 mm fielen am 12. Dezember. 120 Stundensummen von über 50 mm zeigten fast 400 Stationen in Israel und an fast 300 Stationen wurden mehr als 100 mm gemessen, 100 Stationen meldeten mehr als 200 mm und die höchste 120 Stundensumme trat bei Talme Yafe (321 mm) auf. Eine Suche nach ähnlichen 4-5-tägigen Vorkommnissen in der Vergangenheit zeigte, dass seit Beginn der Aufzeichnungen in den 1940-50er Jahren, ein vergleichbares Ereignis Ende November bis Anfang Dezember 1991 vorkam. Der Sturm DIRK war einer in einer Reihe von Stürmen im Dezember, die Großbritannien und Nordfrankreich am stärksten getroffen hatten. Es gab viele Schäden und mehrere Todesopfer. Der sehr geringe Kerndruck war bemerkenswert. Stornoway registrierte 936,8 hPa, der zu den niedrigsten auf den britischen Inseln seit 1886 zählt (ein noch niedrigerer Kerndruck von 925,4 hPa wurde in Ochertyre am 26. Januar 1884 aufgezeichnet). Die angegebenen maximalen Windböen reichten von 35 bis 46 m/s an mehreren Stationen.

Quellen und Referenzen:

Allgemein:

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

Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds., 2014: State of the Climate in 2013. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95 (7), S1-S257.
Brugge, R. (2013): World Weather News 2013; University of Reading, UK; <http://www.met.reading.ac.uk/~brugge/world2013.html>

Dartmouth Flood Observatory (<http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>)
European Severe Weather Database ESWD (<http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi>)
European Climate Assessment & Dataset ECA&D (<http://www.ecad.eu/>)

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

Monatliche Berichte und Pressemitteilungen der Nationalen Meteorologischen und Hydrologischen Dienste in der RAVI (Links siehe in http://www.wmo.int/pages/members/region6_en.html)

Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI - Europe and Middle East (<http://www.dwd.de/rcc-cm>; ► Produkte ► Berichte)

Annual Bulletin on the Climate in WMO Region VI - Europe and Middle East (<http://www.dwd.de/rcc-cm>; ► Produkte ► Berichte)

Monthly Event Calendars, (<http://www.dwd.de/rcc-cm>; ► Produkte ► Besondere Wetterereignisse/ mit weiteren Quellenhinweisen zu den Ereignissen)

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

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

van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., Klein Tank, A. M. G. and Verver, G. (2013) Monitoring European averaged temperature based on the E-OBS gridded dataset. *J. Geophys. Res.*, 118, 5120-5135, doi:10.1029/2012JD019006

WMO, 2014: WMO statement on the status of the global climate in 2013. WMO-No. 1130, World Meteorological Organization, 24 pp. (http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=15957)

Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

Bissolli P., H. Nitsche und A. Becker 2013: Kälte und Schneesturm im Nahen Osten (<http://www.dwd.de/rcc-cm>)

Deuschländer T., K. Friedrich, S. Haeseler, C. Lefebvre 2013: Orkantief XAVER über Nordeuropa vom 5. bis 7. Dezember 2013 (<http://www.dwd.de/rcc-cm>)

Haeseler S., C. Lefebvre 2013: Orkantief CHRISTIAN am 28. Oktober 2013 (<http://www.dwd.de/rcc-cm>)

Herring, S. C., M. P. Hoerling, T. C. Peterson, and P. A. Stott, Eds., 2014: Explaining Extreme Events of 2013 from a Climate Perspective. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95 (9), S1-S96.

Stein, C., Malitz, G., et al. (Hrsg.: Deutscher Wetterdienst): Das Hochwasser an Elbe und Donau im Juni 2013. Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 2013. ([Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 242](#))

Das Jahr 2013 im globalen Überblick

C. Lefebvre, A. Becker

Temperatur

Das Jahr 2013 ist zusammen mit dem Jahr 2007 das 6.-wärmste in der Zeitreihe der kombinierten Land-Ozean-Oberflächentemperaturen des Met Office Hadley Centre und der Climate Research Unit, Universität von East Anglia (UK), die 1850 beginnt. Die Jahresmitteltemperatur liegt um +0,5 K über dem Mittel der internationalen Referenzperiode 1961 bis 1990. Dabei treten 13 der 14 wärmsten Jahre im 21. Jahrhundert auf. Andere globale Temperaturdatensätze sehen das Jahr 2013 als 4.- bzw. 7.-wärmstes. Für Australien, das mit dem bisher heißesten Sommer (Dezember bis Februar) startete und dem bisher wärmsten Frühling (September bis November) endete, war 2013 das bisher wärmste Jahr seit Beginn der Zeitreihe 1910 und für Neuseeland das 3.-wärmste seit 1909 (Abb. 1). Argentinien verzeichnete mit einer Abweichung von +0,57 K nach 2012 sein 2.-wärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn 1961. Nach dem bisher mildesten November und Dezember war 2013 in Russland das 6.-wärmste seit 1891 und das 9.-wärmste seit 1881 in Belarus, wo die Jahresmitteltemperatur um +1,6 K über dem Mittel (1961-1990) lag. Mexiko und Japan verzeichneten den heißesten Sommer (Juni bis August) seit Aufzeichnungsbeginn und Alaska den 2.-wärmsten. Auch auf der Südhalbkugel fielen diese Monate zu warm aus, womit Neuseeland seinen wärmsten und Australien seinen 3.-wärmsten Winter erlebte. Dagegen zeigte sich der März in weiten Teilen Europas ungewöhnlich winter-

lich mit viel Schnee, der bei frostiger Witterung bis in den April liegen blieb. Zum ersten Mal seit 1957 war der März im europäischen Teil Russlands kälter als der Februar. Im Norden lagen die Temperaturen um 8-10 K unter dem Durchschnitt. Länder in West- und Mitteleuropa meldeten den kältesten Frühling seit mindestens 25, teilweise sogar 50 Jahren, während der Frühling in Süd- und Osteuropa, wie auch in weiten Teilen Russlands aufgrund ungewöhnlicher Wärme im April und Mai einer der bisher wärmsten war.

Hitzewellen ließen die Temperaturen teilweise auf neue Rekordwerte bis um 50°C steigen. Mit 47,3°C wurde am 4. März in Vioolsdrif in Südafrika die bisher höchste Temperatur auf dem afrikanischen Kontinent gemessen. Australien verzeichnete die höchste Mitteltemperatur für den gesamten Kontinent mit 40,3°C am 7. Januar. Örtliche Rekordwerte wurden in Sydney mit 45,8°C und in Hobart auf Tasmanien mit 41,8°C gemessen. In Moomba/Südaustralien wurden mit 49,6°C und im südlichen Pakistan in Larkana mit 51°C sehr hohe Temperaturen erreicht, die hier aber schon einmal aufgetreten waren. Bei einer lang anhaltenden und weiträumigen Hitzewelle von Anfang Juli bis Ende August in Südchina wurden Tageshöchstwerte von mehr als 40°C an über 300 Stationen verzeichnet. Dabei forderte die Hitze hier 44, in Pakistan, wo in der Vormonsunzeit oft sehr große Hitze auftritt, mehr als 100 Todesopfer.

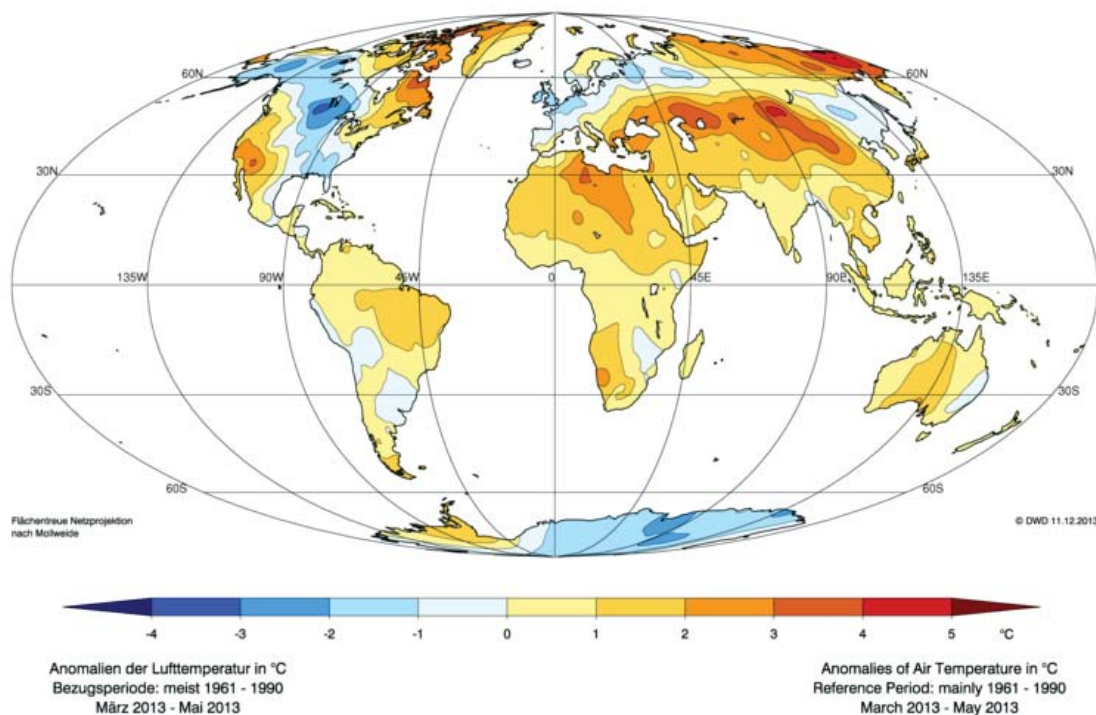


Abb. 1: Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2013 in °C

Niederschlag

Wie im Vorjahr lag nach Berechnungen des National Climate Data Centers der NOAA (USA) das Jahresmittel des Niederschlags nur geringfügig über dem Mittelwert des Referenzzeitraums 1961-1990, der bei 1.033 mm liegt. Regional gab es aber durchaus große Abweichungen zu den Mittelwerten. Überdurchschnittliche Niederschläge fielen weiträumig in der Westhälfte Europas und in den USA östlich der Rocky Mountains mit dem bisher höchsten Jahresniederschlag im zentralen Norden der USA. Auch im Südosten Kanadas, im zentralen Russland und in Teilen Zentral- und Ostindiens war 2013 das bisher niederschlagsreichste Jahr (Abb. 2). Dazu trug der asiatische Südwestmonsun bei, der in diesem Jahr ungewöhnlich rasch nach Norden vordrang und Indien, Pakistan und dem westlichen China überdurchschnittliche Niederschläge brachte. Im Grenzgebiet von Indien und Nepal, wo der Monsun 2-3 Wochen früher einsetzte als gewöhnlich, war die Haupttouristen- und Pilgerzeit von verheerenden Überflutungen betroffen. Mehrere Tausend Menschen kamen ums Leben. Auch der westafrikanische Sommermonsun in der Zeit von Juli bis September war sehr aktiv und brachte der zentralen und westlichen Sahelzone normale bis überdurchschnittliche Regenmengen. Starkniederschläge führten am 28. August in Mali zu Überflutungen des Flusses Nigers, wodurch über 100 Häuser weggeschwemmt wurden und mindestens 37 Menschen ums Leben kamen. Von Ende Mai bis Anfang Juni traten nach kräftigen Regenfällen in Mitteleuropa die

Flüsse Donau und Elbe über die Ufer und setzten weite Landstriche in Deutschland, Polen, Tschechien und Österreich unter Wasser. Tropische Wirbelstürme brachten Mosambik und dem Süden Madagaskars mehr Regen als gewöhnlich, während es weiter nördlich in Somalia und im Südsudan zu trocken war.

Äußerst schwach fiel der südamerikanische Monsun aus und führte im Nordosten Brasiliens zu einer der schlimmsten Dürren der letzten 50 Jahre. Fünf Staaten erhielten von der Regierung Hilfslieferungen an Lebensmitteln. In Nordamerika erlebte Kalifornien/USA das trockenste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. Im Juni vernichteten gewaltige Busch- und Waldbrände vor allem in Colorado und Arizona mehrere tausend Hektar Wald und legten mehr als 500 Häuser in Schutt und Asche. 19 Feuerwehrleute kamen ums Leben als sie bei Prescott/Arizona von den Flammen eingekesselt wurden. In Asien führte nur knapp die Hälfte des gewöhnlichen Niederschlags im südlichen China zu einer sommerlichen Dürre. In Südafrika litten die Staaten Angola, Namibia und Botswana unter einer der stärksten Dürren der letzten 30 Jahre. Die schlimmste Dürre seit Jahrzehnten erlebte auch Neuseeland. Und auch Teile Südauslandens wurden von Dürren heimgesucht. Ab Juli herrschte Trockenheit in New South Wales, wo Mitte Oktober Busch- und Waldbrände ausbrachen und eine Fläche von mehr als 120.000 Hektar sowie über 200 Häuser rund um Sydney zerstörten.

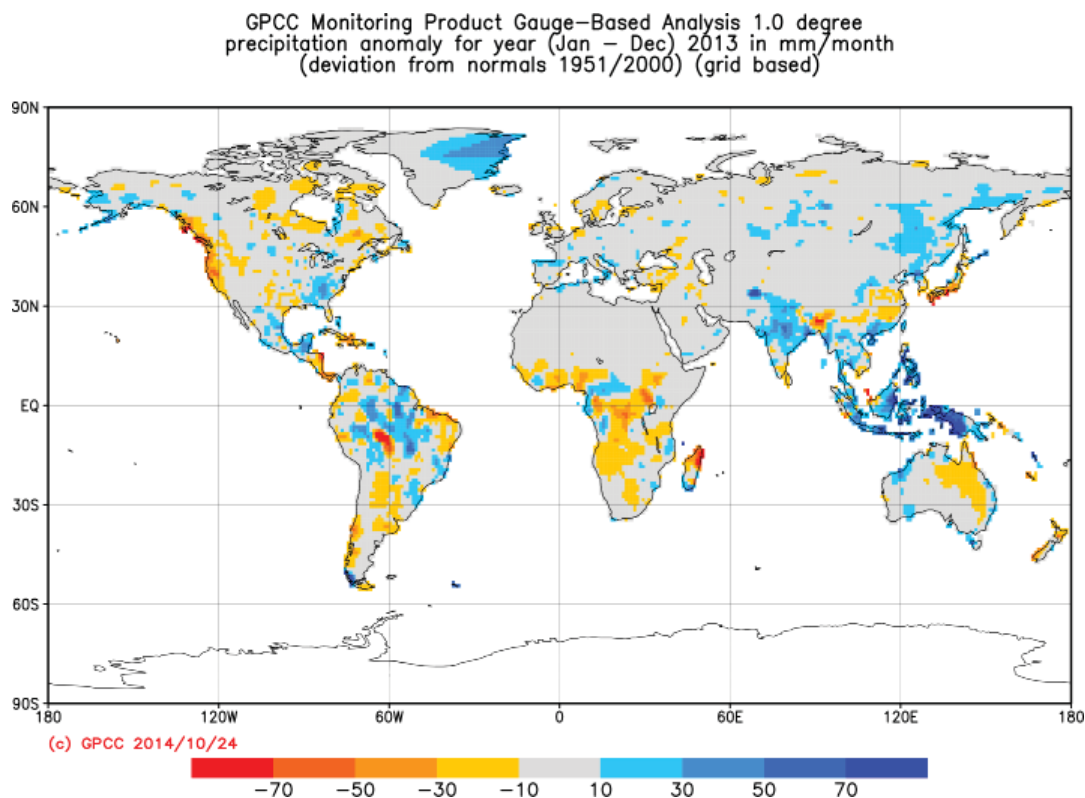


Abb. 2: Globale Verteilung der mittleren absoluten Niederschlagsanomalie des Jahres 2013 gegenüber der WZN Niederschlagsklimatologie 1951-2000

Tropische Wirbelstürme

Die Zahl der tropischen Wirbelstürme über dem Nordatlantik und dem östlichen Nordpazifik lag im Bereich der vieljährigen Mittelwerte, wobei die Zahl der Hurrikane und schweren Hurrikane unter dem Durchschnitt blieb. Zum ersten Mal seit 1958 nahmen Mexiko fast zeitgleich Mitte September zwei tropische Wirbelstürme in die Zange, INGRID vom Nordatlantik her und MANUEL vom östlichen Nordpazifik. Sie brachten sehr ergiebige Regenfälle (in Acapulco 188 mm am 15.09.), die schwere Überschwemmungen und Erdbeben auslösten und über 190 Menschenleben forderten. Weitaus schlimmere Folgen hatte der Super-Taifun HAIYAN, der die Philippinen unter dem dortigen Namen YOLANDA zwischen dem 7. und 9. November 2013 überquerte. Er gilt als einer der stärksten Taifune, die je auf Land getroffen sind, denn kurz bevor HAIYANs Zentrum die Philippinen erreichte, betrug laut Joint Typhoon Warning Center (JTWC) die geschätzte mittlere Windgeschwindigkeit 314 km/h mit Spitzenböen bis zu 379 km/h. Extreme Verwüstungen und weiträumige Überflutungen durch die von HAIYAN verursachte Sturmflut mit Wellen um 5 m betrafen zahlreiche Ortschaften, u.a. Tacloban, die Hauptstadt der Provinz Leyte. Hunderttausende Menschen wurden obdachlos, über 6.000 starben. HAIYAN wies eine große Ähnlichkeit in Stärke, Zugbahn und in den Auswirkungen mit einem Taifun im Jahre 1912 auf. Zuletzt hatte der Tropensturm THELMA 1991 auf den Philippinen mit 5.000 bis 8.000 eine ähnlich hohe Anzahl an Todesopfern gefordert.

Meereis

Anders als im Vorjahr, erreichte das Abschmelzen des arktischen Meereises im September keinen neuen Rekordwert. Mit 5,1 Mio. km² lag seine Ausdehnung um 18 % unter dem Durchschnitt von 1981 bis 2010 und nahm Platz 6 in der Zeitreihe der Satellitenbeobachtungen seit 1979 ein. Demgegenüber nahm die Meereisbedeckung in der Antarktis zur Zeit der größten Ausdehnung im September zu. Sie lag mit 19,47 Mio. km² um 2,6 % über dem Mittel 1981 bis 2010 und erreichte, wie schon im Vorjahr, einen neuen Rekordwert.

Quellen:

NOAA National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2013, published online December 2013, retrieved on 14 February 2014 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/>.
No. 981 Provisional Statement on Status of Climate in 2013: Continuing high temperatures globally and many climate extremes worldwide retrieved on 13 November 2013 from http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/.

Agrarmeteorologische Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes am Standort Bernburg-Strenzfeld

M. Schmidt

Einleitung

Die Kenntnis des gegenwärtigen und zu erwartenden Bodenwassergehaltes oder der Bodenfeuchte eines Standortes bringt mittelbar wirtschaftliche Vorteile. So können berechnungswürdige Kulturen mit entsprechender Berechnungstechnik zu dem Zeitpunkt mit Wasser versorgt werden, wenn Sie es aufgrund Wassermangels benötigen. Angestrebte Erträge und Qualitäten sind damit in einem nicht unerheblichen Maße kontrollierbar, was wiederum unmittelbar wirtschaftliche Vorteile nach sich zieht.

Für den Ackerbau an einem Ort oder in einer Region geben langjährige Mittelwerte der Lufttemperatur, des Niederschlages und der Sonnenscheindauer als Managementwerkzeug Orientierung. Mit diesem Wissen um Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer ist es aber noch nicht getan, wenn es darum geht kritische Phasen im Produktionsprozess der Kulturpflanzen ausfindig zu machen. Von Interesse sind viel mehr die Bodenwasserhaushaltsgrößen Bodenfeuchte, Sickerung sowie Verdunstung. Erst die Kenntnis dieser Größen lassen Rückschlüsse auf notwendig werdende Berechnungsmaßnahmen zu oder geben Aufschluss über die zugegebenen Düngermengen.

Für den Ackerbau- und Forschungsstandort Bernburg-Strenzfeld (BERNBURG 2014) sowie für das Internationale Pflanzenbauzentrum der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG 2014) ist es daher vorteilhaft für zukünftige pflanzenbauliche Untersuchungen langjährige Mittelwerte zur Bodenfeuchte, Sickerung, Klimatischer Wasserbilanz und Verdunstung zu besitzen, um mit diesen Mittelwerten planen zu können.

Der vorliegende Artikel gibt einen methodischen Einblick in die Erstellung langjähriger Mittelwerte für Bodenwasserhaushaltsgrößen, die es in dieser Form für diesen Standort noch nicht gibt. Langjährige Mittelwerte wurden für die Referenzperiode 1961-1990 und für die klimatologischen Standardnormalwerte 1981-2010 gebildet und mit einander verglichen. Ausgewählte Ergebnisse werden dargestellt.

Methodik

Die Berechnung des Bodenwasserhaushaltes für den Standort Bernburg-Strenzfeld ab 1961 erfolgte durch das Bodenwasserhaushaltsmodell METVER von MÜLLER (1987). Dieses erprobte und robuste DWD-interne Modell hat den Vorteil, dass lediglich drei Messgrößen des zu betrachtenden Standortes auf der meteorologischen Seite als Tageswerte vorhanden sein müssen, um Aussagen zur potentiellen und realen Verdunstung, zur Versickerung und zur Bodenfeuchte zu erhalten. Ferner kann das

Modell mit Klimaprojektionen betrieben werden, die Bodenwasserhaushaltsszenarien für die Zukunft liefern. Kultur-, naturraum- und bodenspezifische Kenngrößen wurden zudem in METVER eingepflegt, um fruchtart- und standortgenaue Aussagen für die Region Bernburg zu erhalten.

Die Berechnungen erfolgten für die wirtschaftlich relevanten Kulturen Winterweizen und Winterraps sowie für Mais und Zuckerrüben. Zusätzlich wurde der Bodenwasserhaushalt unter Gras ermittelt, da nur Gras als fruchtartunabhängige (Dauer)Kultur per Definition Aussagen zur potentiellen Verdunstung und damit auch zur klimatischen Wasserbilanz zulässt.

Für jede Kultur wurden Tageswerte der Verdunstung, Versickerung und Bodenfeuchte von 1961 bis 2010 berechnet. Im Anschluss erfolgte die Bildung von langjährigen klimatologischen Mittelwerten auf Basis der Tageswerte für die Perioden 1961-1990 und 1981-2010. Damit sollte erreicht werden, dass neben der Referenzperiode als Alternative auch die klimatologischen Standardnormalwerte für zukünftige Untersuchungen am Standort zur Verfügung stehen. Ferner können die jeweiligen Mittelwerte verglichen und dadurch Trends oder Tendenzen ausgearbeitet werden. Die Mittelwertbildung erfolgte für die einzelnen Monate, für das Jahr und für ausgewählte mittlere phänologische Phasen der einzelnen Kulturen. Damit die einzelnen Tage in den 30-jährigen Reihen nicht gänzlich in den Mittelwerten untergehen, wurden Klassen gebildet, die jeden Tag in einen bestimmten Bereich (bspw. Tage mit hoher, mittlerer oder geringer potentieller Verdunstung) einordnen.

Ausgewählte Ergebnisse

Die potentielle Verdunstung (PET) gibt die maximal mögliche atmosphärische Verdunstung eines Tages an. Hierfür musste der Bodenwasserhaushalt für Gras berechnet werden, da die PET weitestgehend fruchtfolge- und vegetationsunabhängig per Definition sein muss. Die Berechnungen ergaben eine mittlere Jahressumme der PET im Zeitraum 1961-1990 von rund 600 mm; im Zeitraum 1981-2010 stieg die mittlere Verdunstungssumme um gute 50 mm auf rund 650 mm an. Die größten Zunahmen der Verdunstungssumme gab es aufgrund der gestiegenen Mitteltemperaturen in den Monaten April bis August (BÖTTCHER 2012a). Bei der Klassifizierung der Tage nach geringer (< 1 mm pro Tag), mittlerer (1 bis 5 mm pro Tag) und hoher (über 5 mm pro Tag) PET ergab sich folgende Verteilung:

PET	absolute Zahl der Tage					
	< 1,0 mm		1,0 mm <= PET <= 5,0 mm		> 5,0 mm	
	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010
Januar	930	926	0	4	0	0
Februar	734	693	113	154	0	0
März	470	407	460	523	0	0
April	135	72	765	828	0	0
Mai	15	0	885	864	30	66
Juni	0	0	812	760	88	140
Juli	0	0	822	754	108	176
August	28	0	876	875	26	55
September	89	59	811	841	0	0
Oktober	486	450	444	480	0	0
November	858	836	42	64	0	0
Dezember	930	930	0	0	0	0
Jahr	4675	4373	6030	6147	252	437

Tab. 1: Absolute Zahl der Tage im 30-jährigen Zeitraum (insgesamt 10957 Tage) mit geringer, mittlerer und hoher PET in den einzelnen Mittelwerts-Perioden

In nahezu allen Monaten hat die PET in der klimatologischen Standardnormalperiode gegenüber der Referenzperiode zugenommen. Während die Anzahl der Tage mit geringer potentieller Verdunstung abnahm, stieg die Zahl der Tage mit einer Verdunstung zwischen 1 und 5 mm sowie über 5 mm im Jahr hingegen an (siehe Tab. 1).

Die klimatische Wasserbilanz (KWB) konnte als Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Verdunstung für jeden Tag ab 1961 berechnet werden. Abb. 1 zeigt die mittleren Summen der KWB in den einzelnen Monaten der verschiedenen Untersuchungszeiträume. Bei der klimatischen Wasserbilanz hat sich die mittlere Jahressumme um fast 24 mm im Zeitraum 1981-2010 gegenüber der Referenzperiode verringert, obwohl der mittlere Jah-

resniederschlag nach Auswertungen von BÖTTCHER (2012b) im selben Zeitraum angestiegen ist. Damit wird eines deutlich: dem Boden kam trotz gesteigerter Niederschlagshöhen in jüngster Vergangenheit weniger Wasser zugute. Ursache dafür kann nur die erwärmungsbedingt gestiegene potentielle Verdunstung im Zeitraum 1981-2010 gewesen sein. Besonders nachteilig für die Vegetation der Kulturpflanzen war dabei, dass in der wichtigen Wachstumszeit zwischen April und September die KWB in ihrer mittleren Summe negativ war. Das bedeutete im Mittel mehr Trockenstress für die Pflanzen, da die gestiegene unproduktive Verdunstung (PET) zusätzlich knappes Wasser aus dem System Boden - Pflanze in der Hauptvegetationszeit herausnahm.

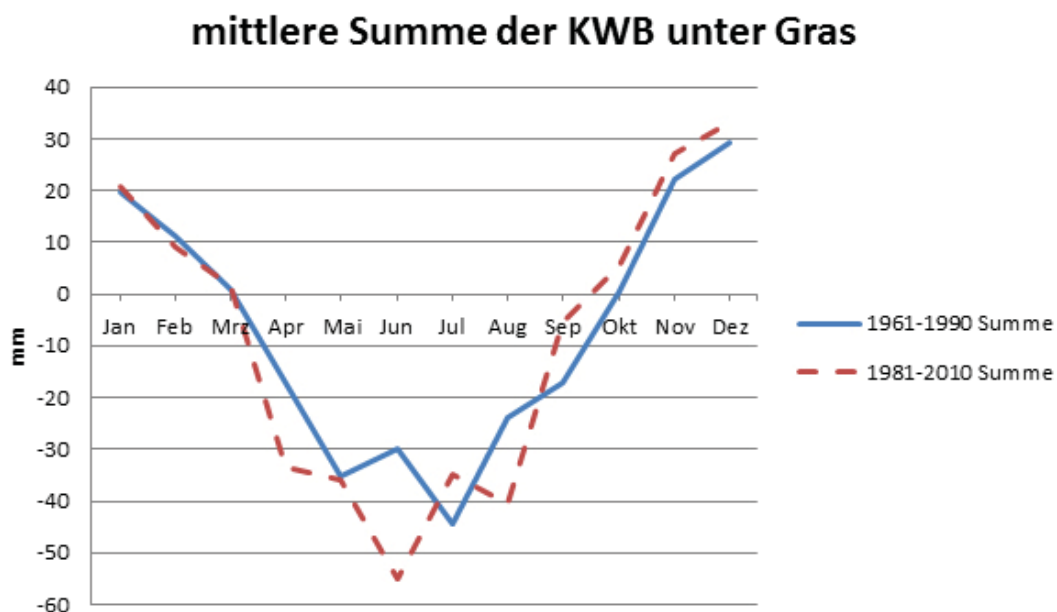


Abb. 1: Mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz in den einzelnen Betrachtungszeiträumen

Im Herbst und Winter zeigt sich dagegen ein anderes Bild: durch die gestiegenen mittleren Niederschläge von September bis März nahm die mittlere Summe der KWB 1981-2010 höhere Werte an als im Referenzzeitraum 1961-1990. Das entstandene Defizit aus den Monaten April bis August konnte dadurch jedoch nicht kompensiert werden!

Die reale Verdunstung (AET) gibt im Gegensatz zur PET die tatsächliche Verdunstung eines Kulturbestandes wider. Meist ist die AET kleiner oder maximal gleich der PET.

Die Auswertung der AET erfolgte nach phänologischen Phasen der Kulturpflanzen und nicht nach Monaten. Abb. 2 zeigt beispielsweise die mittlere AET eines Tages in den einzelnen phänologischen Phasen des Mais. In der Vegetationsruhe (eingebettet in die Phase Gelbreife bis Bestellung) sind die AET und damit auch der Wasserverbrauch mit durchschnittlich 0,5 bis 1,0 mm pro Tag am geringsten. Während des Rispschiebens und der Blüte sind die Verdunstung und damit auch der Wasserverbrauch mit rund 3 mm pro Tag am höchsten. Ähnliche Werte zeigten sich auch bei den anderen betrachteten Kulturen.

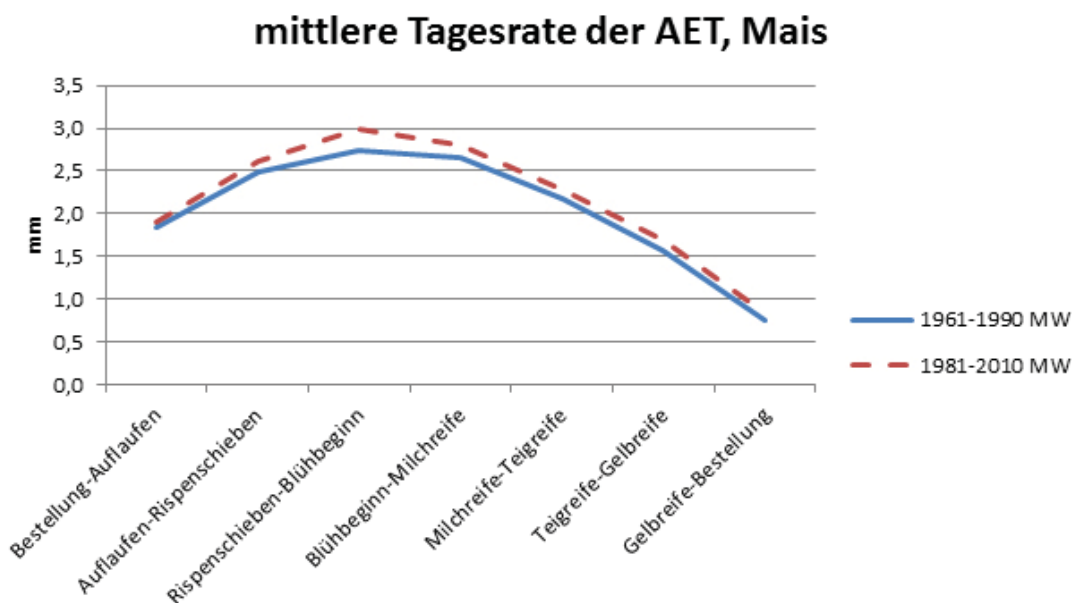


Abb. 2: Mittlere Tagesrate der AET in den einzelnen phänologischen Phasen des Mais in den unterschiedlichen Betrachtungszeiträumen (MW = langjähriger Mittelwert)

Die mittlere Jahressumme der realen Verdunstung lag bei allen Kulturen zwischen 500 und 550 mm pro Jahr. Bei der Auszählung der Tage mit geringer (< 1,0 mm), mittlerer (1,0 mm bis 5,0 mm) und hoher (> 5,0 mm) realer Verdunstung konnte festgestellt werden, dass insgesamt die Anzahl der Tage mit geringer AET gegenüber den Tagen mit mittlerer und hoher AET in jüngster Vergangenheit abgenommen hat! Die reale Verdunstung nahm also im Mittel und in der Summe zu.

Die Berechnung des Sickerwassers in Richtung Grundwasser zeigte, dass es im Mittel der Jahre zwischen 60 und 80 mm Sickerwasser je nach Kulturart in Bernburg-Strenzfeld gab. Am Beispiel der Zuckerrüben in Tab. 2 kann man sehen, dass sich die Tage mit Sickerwasserbildung im Wesentlichen auf die Vegetationsruhe (Ernte - Bestellung) im Mittel beschränken. In dieser Zeit ist die Verdunstung und der Wasserverbrauch der Kulturen niedrig bis kaum gegeben und die Bodenfeuchte hoch. Erst wenn die Bodenhorizonte mit Wasser gesättigt sind (Bodenfeuchten bei/um 100 %nFK) kommt es zu Versickerungen in tiefere Bodenschichten und in Richtung Grundwasser. Der Anteil

der Tage mit solch einer Sickerwasserbildung lag bei den verschiedenen Kulturen durchschnittlich bei 5 bis 6 % der Gesamttagesanzahl eines Jahres. Somit kann davon ausgegangen werden, dass im Mittel an ca. 20 Tagen im Jahr Sickerwasserströme in Richtung Grundwasser auftreten, die mobile Nährstoffe wie beispielsweise Nitrat ins Grundwasser verfrachten können. Ein Grund für die leichte Zunahme der Tage mit Sickerwasser und der Sickerwassersumme selbst im Zeitraum 1981-2010 gegenüber der Referenzperiode von 1961-1990 könnte in den höheren mittleren Niederschlagssummen im Herbst und Winter an Standort Bernburg-Strenzfeld liegen (BÖTTCHER 2012b).

Sickerwasser	absolute Zahl der Tage			
	kein Sickerwasser		> 0,0 mm	
	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010
Bestellung-Auflaufen	582	583	18	17
Auflaufen-Bestand geschlossen	1306	1300	14	20
Bestand geschlossen-Ernte	3459	3466	21	14
Ernte-Bestellung	5038	4968	519	589
Jahr	10385	10317	572	640

Tab. 2: Anzahl der Tage mit und ohne Sickerwasser in den einzelnen Betrachtungszeiträumen bei Zuckerrüben

Die Bodenfeuchte wurde in %nFK (nutzbare Feldkapazität) berechnet und gibt das pflanzenverfügbare Wasser zwischen der Bodenoberfläche und der Ausschöpfungsschicht des Wurzelraumes der Kulturpflanzen wider.

Wie am Beispiel des Winterweizens in Abb. 3 zu sehen ist, werden die höchsten Bodenfeuchten durchschnittlich in der Vegetationsruhe, die geringsten Bodenfeuchten im Mittel der Jahre im Juli und August erreicht.

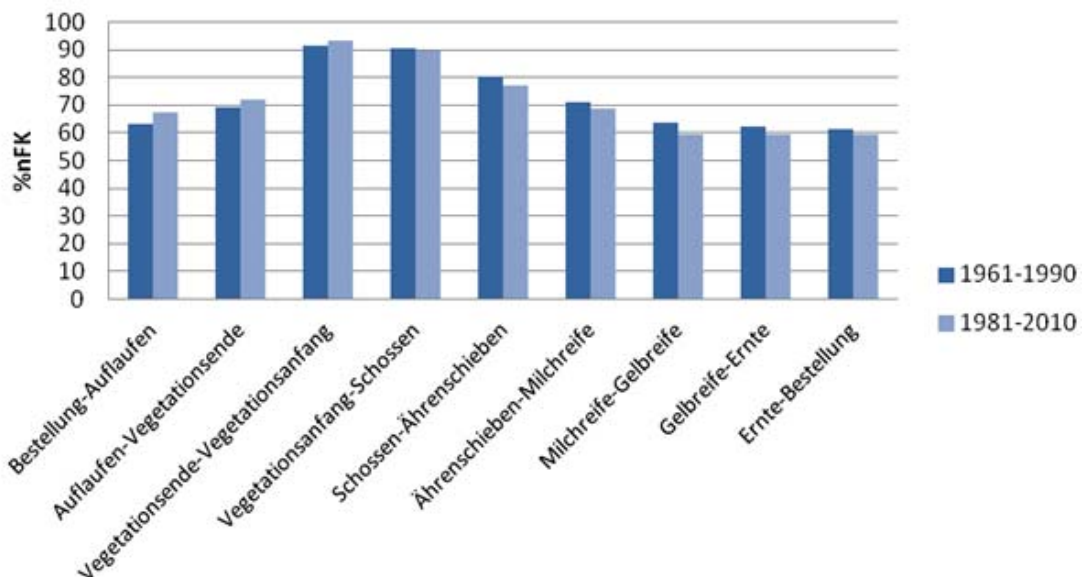


Abb. 3: Mittlere Bodenfeuchte in den einzelnen phänologischen Phasen des Winterweizens

Durch die gestiegenen mittleren Niederschläge im Herbst und Winter konnte bei allen untersuchten Kulturen im Zeitraum 1981-2010 eine höhere mittlere Bodenfeuchte berechnet werden als noch im Zeitraum 1961-1990. Entgegen diesem Trend hat sich aber vor allem in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode die Bodenfeuchte im Mittel verringert. Die höhere Verdunstung infolge der gestiegenen Mitteltemperaturen und der teilweise im Mittel geringere Niederschlag in dieser Zeit dürfte dafür verantwortlich gewesen sein.

Die Auszählung der Tage mit sehr geringer (< 30 %nFK), geringer (30 bis 50 %nFK), mittlerer (> 50 bis 80 %nFK) und hoher (> 80 %nFK) Bodenfeuchte ergab, dass an circa 8 bis 11 % der Tage im Jahr eine Bodenfeuchte von unter 50 %nFK am Standort im Mittel zu erwarten ist (je nach Kulturart). Dieser Erwartungswert verdeutlicht eines: an vier bis sechs Wochen im Jahr treten theoretisch beregnungsbedürftige Bodenfeuchten von unter 50 %nFK auf!

Abb. 4 zeigt beispielsweise, dass geringe Bodenfeuchten im Produktionsprozess des Winterweizens hauptsächlich zwischen dem Beginn der Milchreife und dem Vegetationsende erwartet werden müssen. Wirtschaftlich sensibel sind besonders die Phasen Milchreife bis Gelbreife sowie Bestellung bis Auflaufen, weil hier zum einen Ertrag gebildet wird und zum anderen ein gleichmäßiger Aufgang einen guten Bestand etabliert. BÖTTCHER (2012c) stellte fest, dass diese beiden Phasen durchschnittlich 30 Tage in der Naturraumgruppe nordöstliches Harzvorland andauerten. Da nach Abb. 4 an rund einem Drittel der Tage jene geringe Bodenfeuchte in diesen Phasen zu erwarten sind, stünde damit dem Winterweizen im Mittel der Jahre an gut 10 Tagen im Jahr (ein Drittel von durchschnittlich 30 Tagen) nicht genügend Wasser zur Verfügung. Und das besonders dann nicht, wenn die Kultur das Wasser dringendst benötigen würde. Lohnt sich dafür eine Beregnung?

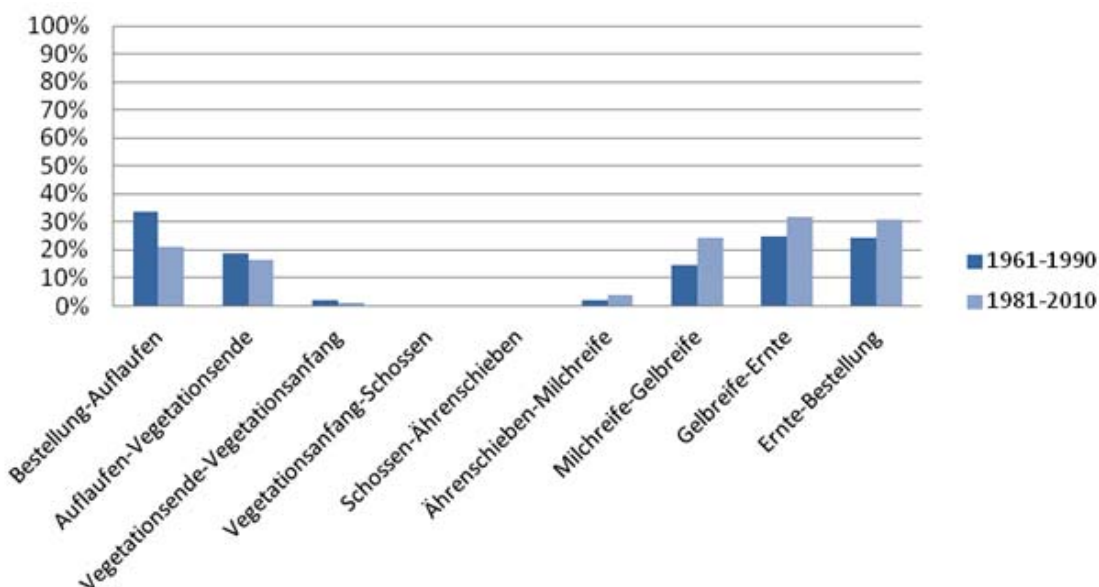


Abb. 4: Relative Anzahl der Tage mit einer Bodenfeuchte zwischen 30 und 50 %nFK in der jeweiligen phänologischen Entwicklungsphase des Winterweizens

Zusammenfassung

Die Auswertung der täglichen Verdunstungswerte ab 1961 haben gezeigt, dass besonders in der Zeit von April bis August die potentielle wie auch die reale Verdunstung über alle Kulturen hinweg am höchsten ist. Im Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1981-2010 konnte ein Anstieg der mittleren täglichen Verdunstungsrate sowie der mittleren Verdunstungssumme festgestellt werden. In der Vegetationsperiode kam es durch den Anstieg der Verdunstung zu einer Verknappung des vorhandenen Wassers.

An durchschnittlich dreiviertel der Tage im Jahr war die klimatische Wasserbilanz am Standort Bernburg-Strenzfeld negativ. Werden die Tage in Klassen mit negativer, positiver und besonders hoher positiver KWB (beispielsweise nach starkem Niederschlag) eingeteilt, so kam beim Vergleich der beiden Zeiträume heraus, dass die Anzahl der Tage mit negativer und besonders hoher positiver KWB in jüngster Vergangenheit zugenommen hat. Infolgedessen kann daraus abgeleitet werden, dass Extreme am Standort zugenommen haben: entweder es war trocken oder es hat (zu) viel Niederschlag an einem Tag gegeben. Mit allen Konsequenzen hinsichtlich Wind- und Wassererosion!

Am Jahresmittel der Bodenfeuchte hat sich in jüngster Zeit wenig geändert. Allerdings gab es innerannuelle Verschiebungen der Minima und Maxima. Bei allen Kulturen nahm die Anzahl der Tage mit mittleren und hohen Bodenfeuchten in der klimatologischen Standardnormalperiode im Vergleich zur Klimareferenzperiode ab. Dagegen hat die Anzahl der Tage mit geringeren Bodenfeuchten zugenommen!

Durch gestiegene mittlere Bodenfeuchten und durch höhere Sickerwassersummen im Herbst und Winter nahm in letzter Zeit die Gefahr von Nährstoffverfrachtungen in tiefere Bodenschichten sowie die Gefahr von Wassererosion am Standort Bernburg-Strenzfeld zu.

Die Sommerungen Mais und Zuckerrübe wiesen im 50-jährigen Betrachtungszeitraum im Mittel geringere Verdunstungen und höhere Bodenfeuchten als die Winterungen auf.

Literatur

BERNBURG 2014: Hochschulstadt Bernburg (Saale), <http://www.bernburg.de/index.php?id=104270000315> (25.07.2014)

BÖTTCHER, F., 2012a: Die agrarmeteorologische Beschreibung des Standortes Bernburg-Strenzfeld als Managementwerkzeug für optimierten Pflanzenbau, Masterarbeit HS Anhalt, 44

BÖTTCHER, F., 2012b: Die agrarmeteorologische Beschreibung des Standortes Bernburg-Strenzfeld als Managementwerkzeug für optimierten Pflanzenbau, Masterarbeit HS Anhalt, 51-53

BÖTTCHER, F., 2012c: Die agrarmeteorologische Beschreibung des Standortes Bernburg-Strenzfeld als Managementwerkzeug für optimierten Pflanzenbau, Masterarbeit HS Anhalt, 76

DLG, 2014: Das internationale DLG-Pflanzenbauzentrum, http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/IPZ_Flyer.pdf (25.07.2014)

MÜLLER, J., 1987: Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete in ausgewählten Vegetationsabschnitten und deren statistische, modellmäßige und kulturbezogene Bewertung. Dissertation A, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

SCHMIDT, M., 2014: Agrarmeteorologische Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes am Standort Bernburg-Strenzfeld, in: Kongressband 2013 des Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, VDLUFA-Schriftreihe 69, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 351-358

Ein global anwendbarer Dürreindex des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN)

M. Ziese, U. Schneider, A. Meyer-Christoffer, P. Finger, A. Heller, P. Stender, J.N. Breidenbach, A. Becker

Hintergrund

Das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) wird vom Deutschen Wetterdienst (DWD) auf Initiative der World Meteorological Organization (WMO) betrieben. Seine Aufgabe ist die weltweite Sammlung von in-situ Niederschlagsmessungen und das Bereitstellen qualitativ hochwertiger gerasterter Analysen aus diesen Daten. Damit trägt das WZN unter anderem zu GEWEX (Global Energy and Water Exchanges Project) und GCOS (Global Climate Observation System) bei. Weltweit verwenden eine Vielzahl an Nutzern die Analysen des WZN, unter anderem wurden sie auch im 5. Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC) verwendet.

Die Produkte des WZN werden für verschiedene Anwendungen genutzt. Die ‚Full Data Reanalysis‘ wird hauptsächlich für Untersuchungen zum Wasserhaushalt verwendet. Das ‚Monitoring Product‘ wird zum Anreichen von Satellitenmessungen an Beobachtungsdaten über Land genutzt. Das ‚First Guess Product‘, welches in der Regel schon drei bis fünf Tage nach dem Ende des Monats verfügbar ist, wird für Überwachungsaufgaben wie das Dürremonitoring verwendet. Hier gibt es weltweit viele Anwendungen, die auf mehr oder weniger große Regionen beschränkt sind. Beispielsweise berechnet das ‚Regional Centre for Climate Monitoring‘ (RCC, ebenfalls betrieben vom DWD) den ‚Standardized Precipitation Index‘ (SPI) (McKee, Doesken, & Kleist, 1993) für die WMO-Region VI (Europa und Naher Osten). Das ‚Dürremanagementzentrum für das südöstliche Europa‘ (DMCSEE, <http://www.dmcsee.org/en>) rastert die Analyse für seine Region auf ein feineres Raster um. Da die existierenden Dürreindices nur mit hohem Aufwand eine globale Abdeckung erlauben, sind sie für globale Überwachungsaufgaben nicht gut geeignet. Das Problem ist entweder, dass der Dürreindex nur unter bestimmten Annahmen global gültig ist oder aber solche Werte als Eingangsgrößen braucht, die nur mit großem zeitlichen Verzug zur Verfügung stehen.

Entwicklung eines kombinierten Dürreindex

Im WZN bestand die Idee, ein Produkt zum globalen Dürremonitoring zu entwickeln. Neben der Auswahl eines geeigneten Dürreindex stand auch die Entscheidung an, ob der Index auf Basis von Rasterwerten oder Stationswerten berechnet wird. Beim Vergleich verschiedener Dürreindices stellte sich heraus, dass einige auf Grund der komplexen Eingangsdaten nicht geeignet waren. Dazu gehört auch der ‚Palmer Drought Severity Index‘ (PDSI) (Palmer, 1965). Andere Dürreindices haben in ihrer mathematischen Formulierung Probleme in bestimmten Situationen, was deren globale Anwendung erschwert. Beim ‚Reconnaissance Drought Index‘ (RDI) (Tsakiris & Vangelis, 2005) wird das Verhältnis von Niederschlag zur potentiellen Evapotranspiration (PET) berechnet. Bei sehr kleinen Werten der PET führt dies zu sehr großen Werten, im Falle von $PET=0$ ist er gar nicht mehr definiert.

Die besten Ergebnisse lieferten der ‚Standardized Precipitation Index‘ (SPI) und der ‚Standardized Precipitation Evapotranspiration Index‘ (SPEI) (Vicente-Serrano, Begueria, & Lopez-Moreno, 2009). Sowohl der SPI als auch der SPEI sind ohne Annahmen nicht global anwendbar. Bei beiden Indices muss eine Verteilungsfunktion verwendet werden, im Fall des SPI für die Verteilung der Niederschlagswerte. In verschiedenen Studien hat sich gezeigt, dass die Gammaverteilung hierfür am besten geeignet ist. In sehr trockenen Gebieten verschwindet das Maximum der Gammafunktion und diese geht in eine monoton fallende Funktion über. In diesem Fall kann der SPI nicht berechnet werden. Demzufolge ist der SPI nur in Gebieten mit ausreichend hohen Niederschlagsmengen anwendbar (siehe Abb. 1¹). Ein Problem des SPI ist, dass er in relativ trockenen Gegenden wie dem Mittelmeerraum auch unter normalen Bedingungen immer zu feucht indiziert. Daher wurde bereits vom RCC des DWD ein korrigierter SPI, der SPI-DWD, entwickelt (Pietzsch & Bissolli, 2011).

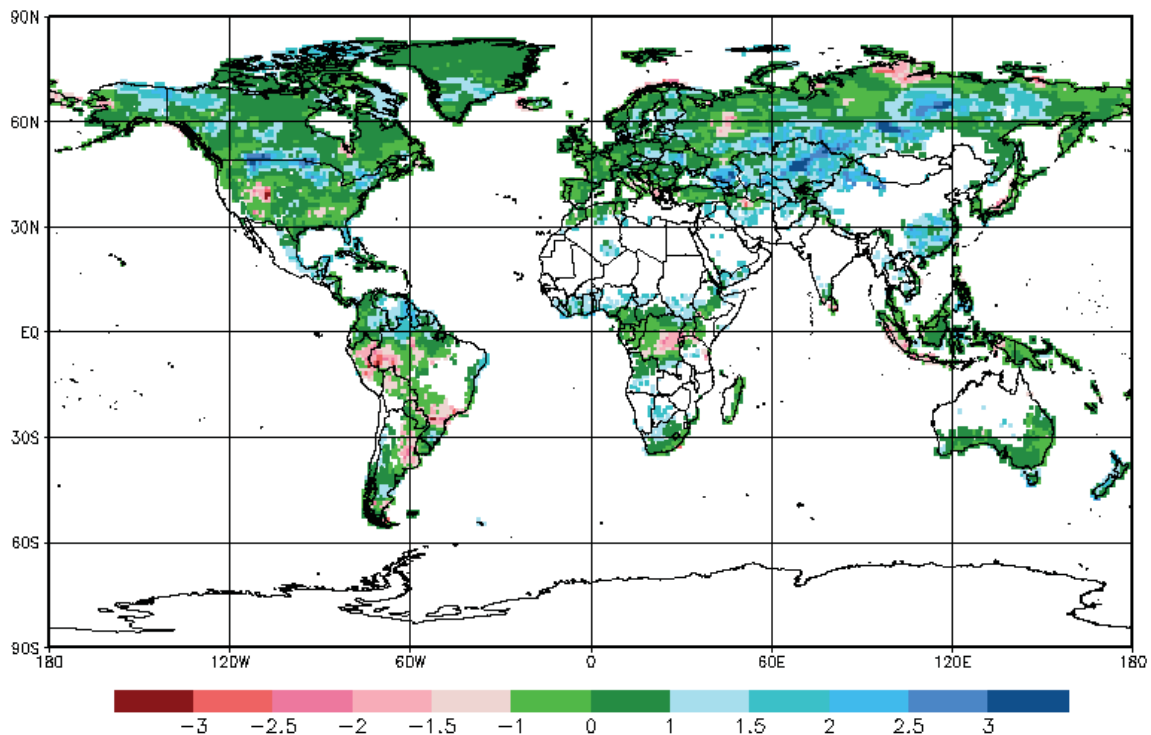


Abb. 1: SPI-DWD für Juni 2002 mit einer Akkumulationszeit von einem Monat. Gebiete mit einer Niederschlagsmenge, die nur leicht vom Mittelwert 1961 bis 1990 abweicht sind grün, trockenere Gebiete sind rot und feuchtere Gebiete blau gezeichnet. Weiß sind Gebiete, in denen der SPI-DWD nicht berechnet werden kann (zu trocken oder keine Landoberfläche).

Hingegen wird beim SPEI die Verteilungsfunktion der Differenz zwischen Niederschlag und PET bestimmt. Im Gegensatz zum RDI sind nun keine mathematischen Undefiniertheiten mehr möglich. Jedoch gestaltet sich die Berechnung der PET für Anwendungen in Echtzeit oder mit nur geringem Zeitverzug als schwierig. Die Parametrisierung der PET ist für solche Anwendungen möglich nach Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), da sie auf der Monatsmitteltemperatur und einfach zu berechnenden astronomischen Größen wie der Sonnenhöhe beruht. Globale Messungen der PET, die eine einfache Weiterverarbeitung ermöglichen, existieren nicht (es gibt eine Analyse der PET, aber nur in Kartenform, die zugrunde liegenden Daten sind mit automatisierten Verfahren nicht zu erschließen). Wenn die Monatsmitteltemperatur nahe oder unter null Grad Celsius ist, ergibt die Parametrisierung von Thornthwaite keine sinnvollen Ergebnisse für die PET. Stattdessen werden meist kleine Werte für die PET angenommen (zum Beispiel 1 mm/Monat). Daher kann der SPEI ohne derartige Annahmen nur in warmen und tropischen Regionen berechnet werden (Abb. 2).

¹ Bei der Interpretation der Abbildungen in diesem Artikel ist zu beachten, dass Dürreindizes ein Maß für die Niederschlagsanomalie und nicht für die Trockenheit sind. Daher werden Wüsten auf ‚normal‘ (grün) indiziert, wenn es nicht geregnet hat.

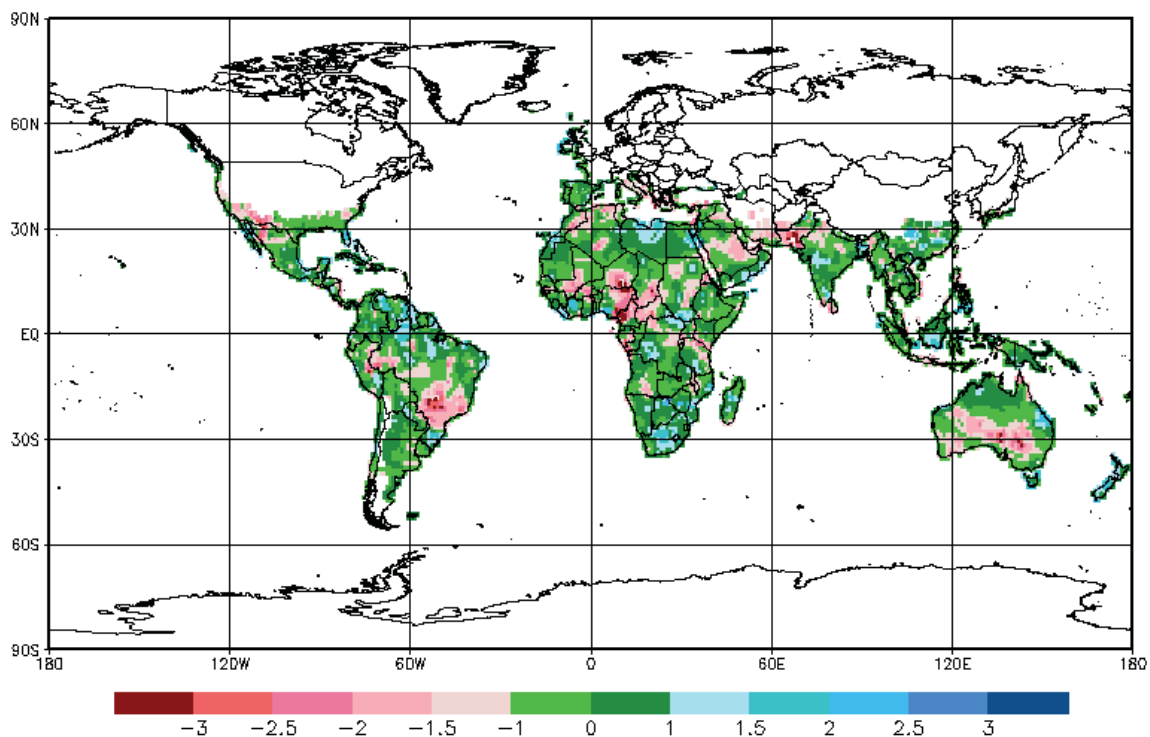


Abb. 2: SPEI für Juni 2002 und einer Akkumulationszeit von einem Monat wie Abb. 1. Die Farben entsprechen denen in Abb. 1.

Beim Vergleich der Ergebnisse für den SPI-DWD und SPEI zeigt sich, dass beide Indices in den überlappenden Bereichen vergleichbare Ergebnisse liefern. Daher kam die Idee beide Indices zu kombinieren, um somit eine fast globale Abdeckung zu erreichen (Abb.3). Einzig die kalten Wüstenregionen können so noch nicht erfasst werden. Die Kombination von SPI-DWD und SPEI erfolgt derart, dass in den Gegenden, in denen beide Indices berechnet werden können, der Mittelwert verwendet wird. Kann nur einer der beiden Indices berechnet werden, so wird dieser verwendet. Die oben erwähnten Regionen, in denen weder der SPI-DWD noch der SPEI bestimmt werden können, werden wie auch die Meeresflächen mit einer eindeutigen Fehlkennung in den abgegebenen Rasterfeldern maskiert.

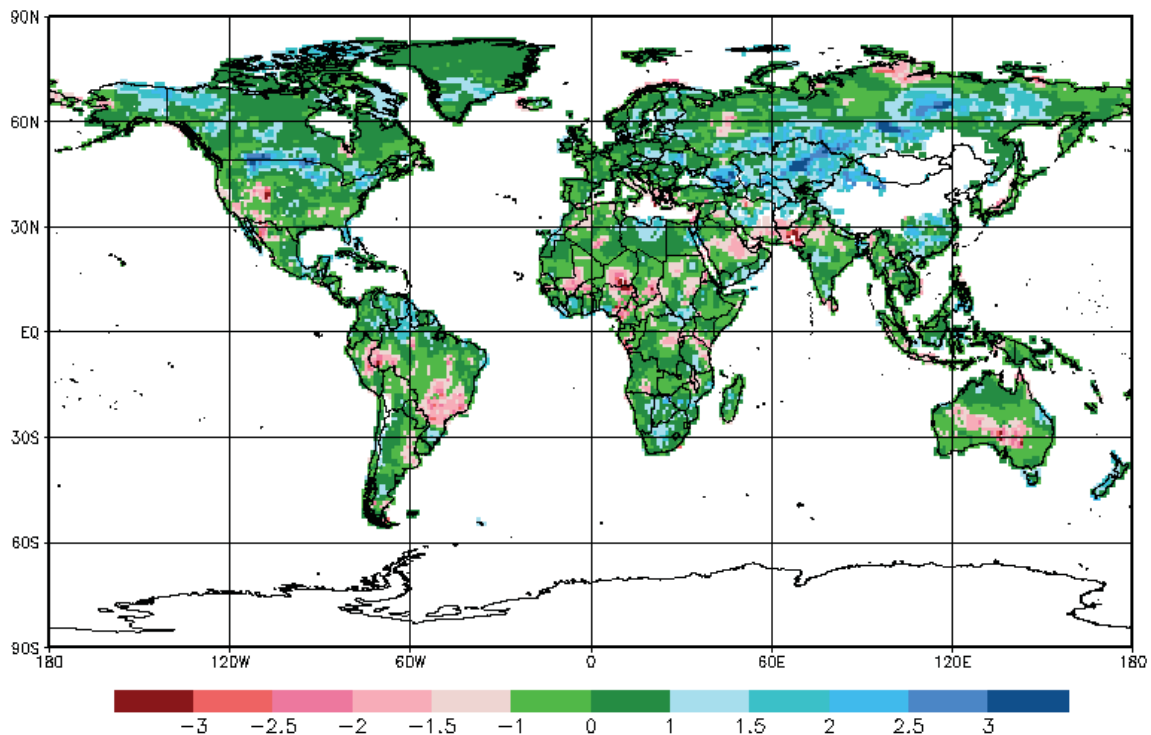


Abb. 3: GPCP-DI für Juni 2002 mit einem Monat Akkumulationszeit. Die Farben entsprechen denen in den vorhergehenden Abbildungen.

Berechnung des GPCP-DI

Je nach Anwendung sind verschiedene Akkumulationszeiträume des Niederschlags interessant. Für Anwendungen in der Landwirtschaft sind eher kurze Akkumulationszeiten bis zu wenigen Monaten relevant, hydrologische Anwendungen benötigen hingegen längere Akkumulationszeiträume. Sowohl der SPI-DWD als auch der SPEI können für verschiedene Akkumulationszeiträume berechnet werden. Der GPCP-DI wird für Akkumulationszeiträume von 1, 3, 6 und 9 Monaten sowie 1, 2 und 4 Jahren berechnet.

Um den SPI-DWD und den SPEI berechnen zu können, werden Daten zur monatlichen Niederschlagsmenge und der Monatsmitteltemperatur benötigt. Für den Niederschlag wird das ‚First Guess Product‘ (doi: 10.5676/DWD_GPCP/FG_M_100) des WZN und für die Monatsmitteltemperatur der Datensatz des NOAA NCEP CPC (http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/NOAA/NCEP/CPC/GHCN_CAMS/gridded/dataset_documentation.html) verwendet. Beides sind gerasterte Analysen. Bei der Entwicklung wurde überlegt, ob der Dürreindex auf Stationsbasis berechnet werden soll und dann interpoliert wird oder ob er aus gerasterten Datensätzen berechnet wird. Die Entscheidung fiel für die letztere Variante, da die beiden verwendeten Datensätze mit viel Aufwand erstellt werden und flächendeckend über Land vorliegen, es hingegen durch das Schließen und Neueröffnen von

Stationen und Datenausfällen keine gleichbleibende Basis an Stationsdaten gibt. Zur Berechnung der Parameter der Verteilungsfunktionen der Dürreindices wurde für den Niederschlag die ‚Full Data Reanalysis‘ in der Version 6 und in ein Grad Auflösung verwendet (doi: 10.5676/DWD_GPCP/FD_M_V6_100). Für die Temperatur zur Berechnung der PET wurde der oben genannte Datensatz genutzt. Die zugrunde liegende Referenzperiode ist 1961 bis 1990.

Da die in den GPCP-DI eingehenden Datensätze nicht notwendigerweise homogen sind, ist der GPCP-DI nur für Überwachungszwecke geeignet, nicht aber für klimatologische Untersuchungen wie Trendanalysen.

Vergleich mit anderen Dürreindizes

Unter Verwendung der Full Data Reanalyse Version 6 (doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V6_100) wurde eine Vergleichsuntersuchung mit anderen Dürreindizes für das Jahr 2003 durchgeführt. 2003 ist geprägt von einem Niederschlagsdefizit in Mitteleuropa von Februar bis Oktober und einer Hitzewelle in der ersten Hälfte des August. Die für die Vergleiche verwendeten Dürreindizes sind der SPI vom „European Drought Observatory“ (<http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000>, letzter Zugriff am 10. Juni 2014, im Weiteren bezeichnet als SPI-EDO) und der SPEI von der „Global SPEI database“ (<http://sac.csic.es/spei/database.html>, letzter Zugriff am 10. Juni 2014). Die SPEI-Daten wurden in der Version 2.2 verwendet (heruntergeladen am 16. April 2014), die SPI-EDO-Daten von Alfred de Jager zur Verfügung gestellt (persönliche Mitteilung). Abb. 4 zeigt einen Vergleich der drei Dürreindizes für Januar 2003. Im Gegensatz zu den meisten anderen Monaten des Jahres 2003 war der Januar mit Ausnahme Südkandinaviens, der westlichen britischen Inseln, die Mittelmeerküste westlich von Italien und dem Baltikum bis nach Weißrussland niederschlagsreicher als im Durchschnitt der Jahre 1951 bis 2000. Der SPEI hat in Schweden keine Dürre identifiziert und im Vergleich zum GPCC-DI und dem SPI-EDO in geringerem Ausmaß in Russland und Weißrussland. Weiterhin hat der SPEI im nördlichen und östlichen Europe weniger trockenere Bedingungen identifiziert als SPI-EDO und GPCC-DI. In Skandinavien identifizierten SPEI auf der einen Seite und GPCC-DI und SPI-EDO auf der anderen Seite konträre Bedingungen.

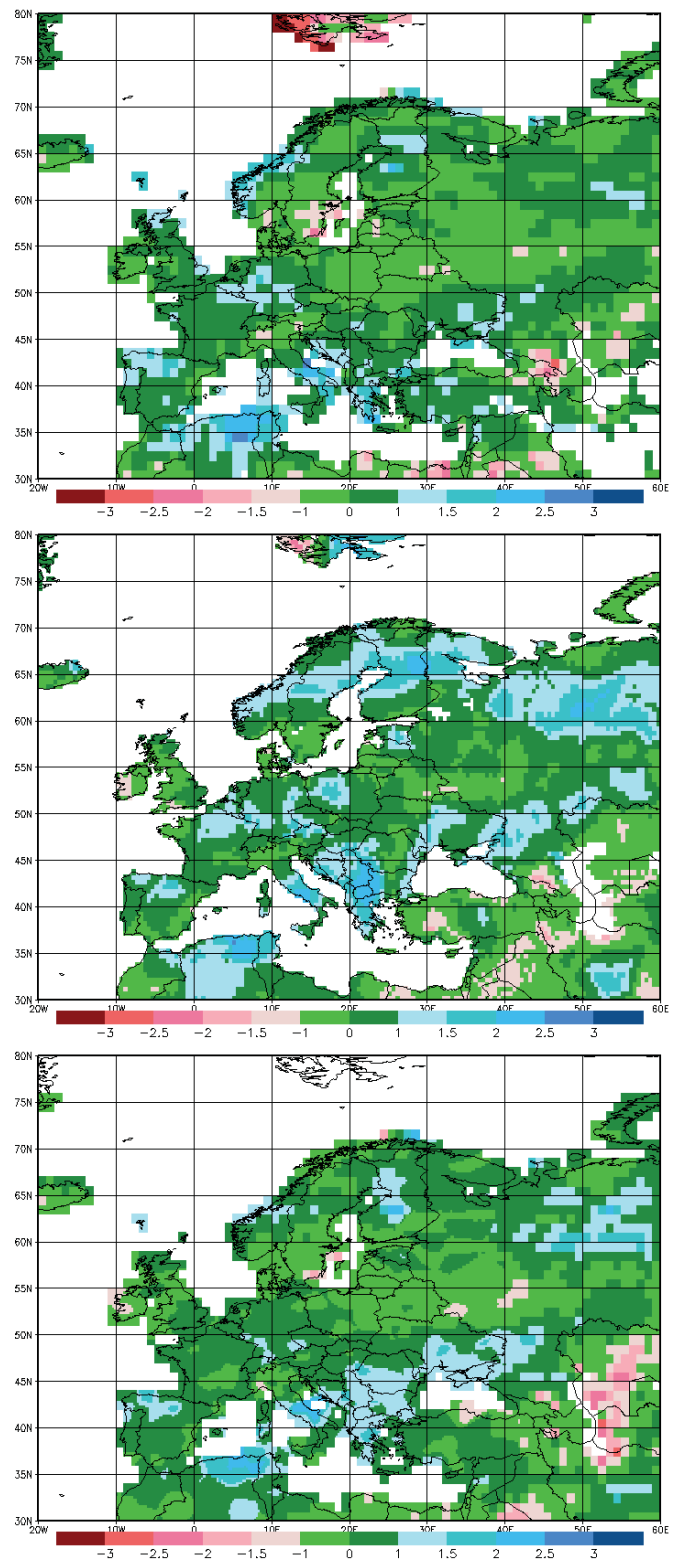


Abb. 4: Vergleich von GPCC-DI (oben), SPEI (Mitte) und SPI-EDO (unten) für Januar 2003 mit einem Akkumulationszeitraum von einem Monat. Die Farbskala ist die selbe wie in Abb. 1.

Im Gegensatz zum Januar 2003 ist der Februar 2003 durch Niederschlagsdefizite relativ zu 1951 bis 2000 in fast ganz Europa mit Ausnahme von Spanien, Griechenland, der Türkei und der Nordküste Skandinaviens geprägt. In Abb. 5 ist zu erkennen, dass alle drei Dürreindizes mit kleinen Unterschieden in den gleichen Regionen weniger Niederschlag als üblich identifizieren. Allerdings unterscheiden sie sich in der Stärke des Wasserdefizits. Gegensätzliche Einschätzungen, wie im Vormonat in Teilen Skandinaviens, treten nicht auf.

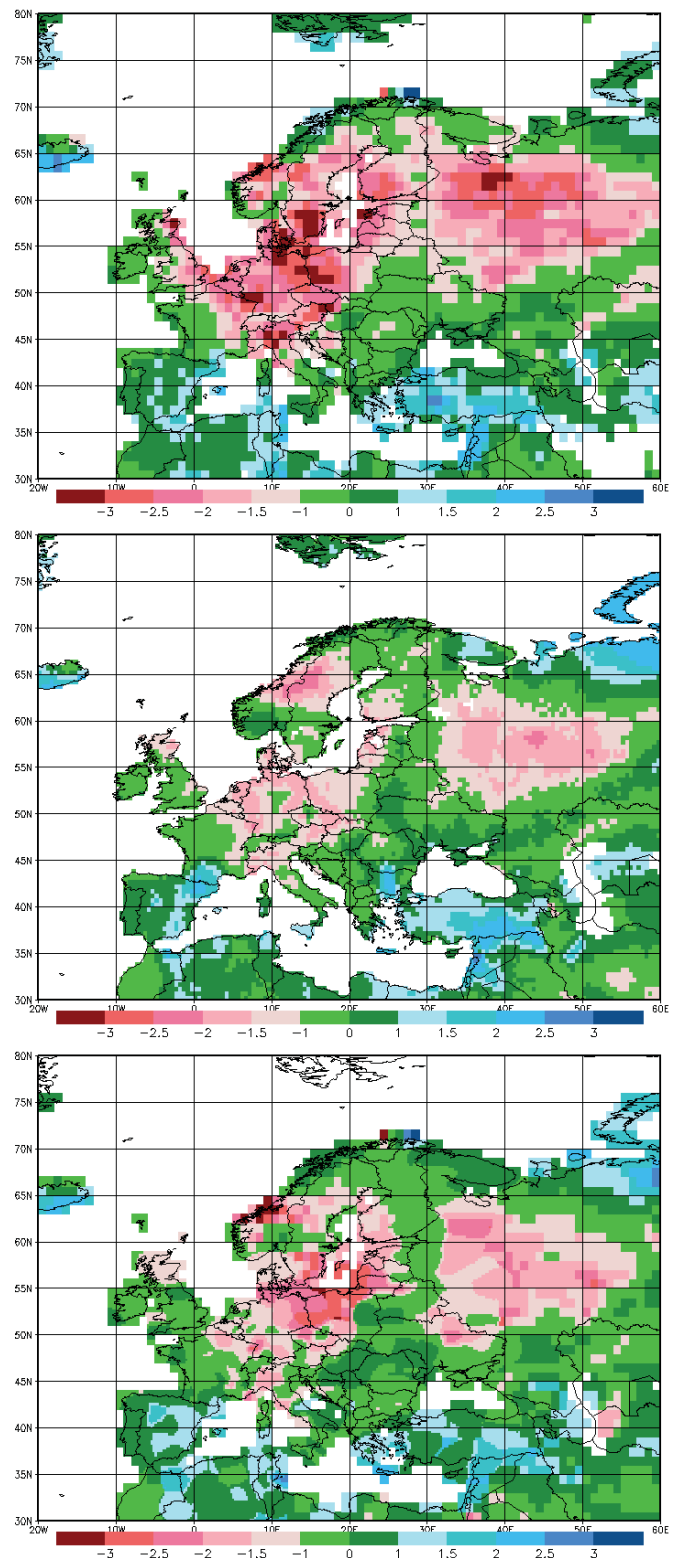


Abb. 5: GPCP-DI (oben), SPEI (Mitte) und SPI-EDO (unten) für Februar 2003 mit einem Monat Akkumulationszeit. Die Farbskala ist wie in der vorherigen Abbildung.

Der August 2003 war in seiner ersten Hälfte durch eine Hitzewelle in Mitteleuropa geprägt. Unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen wurden in einem Streifen quer über Europa von den britischen Inseln, Frankreich und Südkandinavien zur Ukraine, Rumänien, Bulgarien und der Türkei beobachtet. Abb. 6 zeigt, dass der GPCC-DI und der SPI-EDO im Prinzip in den gleichen Regionen Wasserdefizite identifizieren, wobei es in der regionalen Ausprägung Unterschiede gibt. Gegenätzlich wird von beiden Indices die Situation auf der iberischen Halbinsel eingeschätzt. Gegenüber dem GPCC-DI und dem SPI-EDO identifiziert der SPEI in einem viel größeren Bereich Dürrebedingungen. Auf der iberischen Halbinsel stimmen im Prinzip GPCC-DI und SPEI überein.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die drei verglichenen Dürreindices vergleichbare Ergebnisse in dieser Fallstudie liefern, auch wenn es im Detail Unterschiede gibt. Im Januar und Februar 2003 tendieren der GPCC-DI und der SPI-EDO eher zu Dürren als der SPEI. Auf der anderen Seite detektierte der SPEI im August 2003 in einem viel größeren Gebiet Dürrebedingungen als GPCC-DI und SPI-EDO. Dies kann durch den stärkeren Einfluss der PET (und damit der Temperatur) im SPEI als im GPCC-DI und SPI-EDO (der die PET und damit die Temperatur gar nicht berücksichtigt) begründet sein. Dadurch, dass die verglichenen Dürreindices auf verschiedenen Datensätzen beruhen und unterschiedliche Referenzzeiträume haben, sind kleinere Unterschiede bei der Detektion zu erwarten.

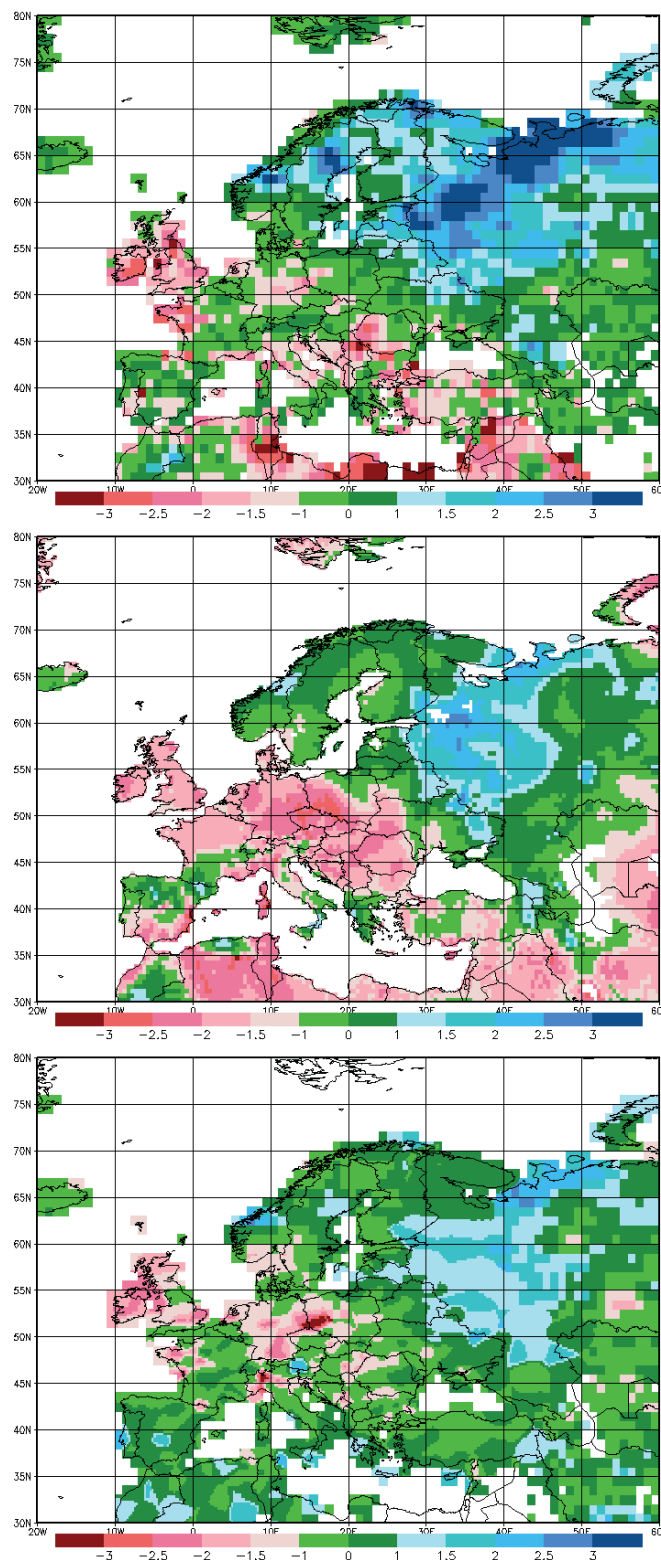


Abb. 6: GPCC-DI (oben), SPEI (Mitte) und SPI-EDO (unten) mit einem Monat Akkumulationszeit für August 2003, die Farbskala entspricht der vorherigen Abbildungen.

Zugang zu GPCC-DI

Die Abgabe der Daten erfolgt im netCDF-Format, alle Akkumulationszeiträume werden in einer Datei zusammengefasst. netCDF ist ein weit verbreitetes Format für Rasterdaten und es gibt entsprechend viel freie Software zur Bearbeitung und Visualisierung der Daten. Die Temperaturanalysen stehen erst ab dem 8. Tag des Folgemonats zur Verfügung, die Niederschlagsanalyse des WZN ist bereits am 5. Tag des Folgemonats verfügbar. Der GPCC-DI wird in der Regel am 10. Tag des Folgemonats berechnet und auch im Internet angeboten (ftp://ftp.dwd.de/pub/data/gpcc/html/gpcc_di_doi_download.html). Wie alle anderen Produkte des WZN hat auch der GPCC-DI eine digitale Identifizierung bekommen (doi: 10.5676/DWD_GPCC/DI_M_100) und ist bei Anwendungen somit einfach zu zitieren. Eine Beschreibung des Datensatzes ist in Earth System Science Data Discussion erschienen (Ziese, et al., 2014). Diese Zeitung bietet einen freien Zugang zu den Artikeln.

Literatur

- McKee, T., Doesken, N., & Kleist, J. (1993).
The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Eighth Conference on Applied Climatology.
- Palmer, W. C. (1965).
Meteorological Drought. Research paper no.45.
- Pietzsch, S., & Bissolli, P. (2011).
A modified drought index for WMO RA VI. Advances in Science and Research, 6, 275--279.
- Thornthwaite, C. (1948).
An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review, 1, 55-94.
- Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2005).
Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. European Water, 9/10, 3-11.
- Vicente-Serrano, S. M., Begueria, S., & Lopez-Moreno, J. I. (2009).
A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. Journal of Climate, 23, 1696-1718.
- Ziese, M., Schneider, U., Meyer-Christoffer, A., Schamm, K., Vido, J., Finger, P., et al. (2014).
GPCC Drought Index – a new, combined, and gridded global drought index. Earth System Science Data Discussions, 7, 243-270.

Der Pollenflug in naher und ferner Zukunft in Deutschland

C. Endler

Tränende und brennende Augen, laufende Nase, häufiges Niesen, juckende Haut – Symptome, die auf eine Pollenallergie hindeuten können. Unbehandelt können solche allergische Reaktionen zu chronischen Beschwerden führen. Einschränkungen in der Lebensqualität, Verringerung der Leistungsfähigkeit und steigende medizinische Kosten sind die Folgen. Die Zahl der von Allergien Betroffenen ist in den letzten Jahren gestiegen. In Deutschland entwickeln ca. 20 bis 30 % der Bevölkerung im Laufe ihres Lebens eine Allergie. Zu den häufigsten Auslösern zählen neben Tierhaaren und Hausstaubmilben-Exkrementen Schimmelpilzsporen und Pollen.

Weltweit gibt es 250.000 Pollen produzierende Pflanzenarten. Von denen ist etwa ein Zehntel allergologisch bedeutsam. In Deutschland zählen Hasel, Erle, Esche, Birke, Gräser, Roggen, Beifuß und Ambrosia zu den Hauptallergenen. Von ihnen weisen Birken- und Gräserpollen die höchste Sensibilisierungsrate von ca. 38 %, d.h. bei ca. 38 % der getesteten Patienten reagiert das Immunsystem auf diese per se harmlosen Allergene abwehrend.

Wann die Pollen fliegen, hängt im Wesentlichen von der Vegetationsentwicklung und von der Witterung ab. So setzt die Hasel- und Erlenblüte im Frühjahr ein, bei sehr milder Witterung sogar schon Ende Dezember. Eschen- und Birkenpollen fliegen vorwiegend im April und Mai. Gräser und Kräuter blühen verstärkt im Sommer und Herbst. Die seit 2006 vermehrt in Deutschland aufgetretene hoch allergene Ambrosia kommt erst spät im Jahr zwischen August und Oktober zur Blüte.

Im Zuge des Klimawandels ist neben einer Zunahme des Pollengehalts in der Luft auch ein früherer Start der Pollensaison und ein längerer Pollenflug zu erwarten, was zu einer stärkeren und längeren Belastung der Betroffenen führen und darüber hinaus Neuerkrankungen und Sensibilisierungen hervorrufen kann.

Seit 1997, mit Ausnahme von 2010, lag die mittlere Lufttemperatur über dem langjährigen Mittel (1961-1990, Deutschland: 8,1°C). Höhere Temperaturen wurden bevorzugt in den Winter- und Sommermonaten beobachtet, einhergehend mit einem sich verfrühenden Start der Pollensaison. Zukünftig wird eine Zunahme der Lufttemperatur von bis +4 K erwartet. In diesem Kontext stellt sich die Frage, welche Auswirkungen ein wärmeres Klima auf die Pollensaison hat, insbesondere auf den Birken- und Gräserpollenflug.

Da der Verlauf der Pollensaison eng mit dem Blühverhalten der Pflanzen verbunden ist, können für die Berechnung von Blühbeginn und Blühende phänologische Modelle eingesetzt werden, wie sie in der Phänologie aber auch in der Agrarmeteorologie Verwendung finden. Das Blühverhalten ist im Wesentlichen abhängig von der Wärmesumme, die über die Temperatur gesteuert wird,

von der Feuchte und der Tageslänge.

Die einfachsten phänologischen Modelle summieren tägliche Lufttemperaturen ab einen gewählten Starttag auf, bis eine kritische Temperatursumme erreicht ist, ab der eine bestimmte phänologische Phase eintritt (hier Blühbeginn und Blühende).

Im Temperatursummenmodell werden alle Tage mit einer maximalen Lufttemperatur größer 9°C für Birke und größer 5°C für Gräser aufsummiert. Der Starttag ist für die Birke der 1. Februar, für die Gräser der 1. März. Die kritische Temperatursumme für Birke ist erreicht, wenn die tägliche Pollenkonzentration ≥ 20 Pollen pro m³ ist. Bei den Gräsern ist sie erreicht, wenn 1 % der jährlichen Gesamtpollenmenge erreicht wurde.

Um den zukünftigen Blühbeginn und das Blühende zu berechnen, wurde die tägliche Maximumtemperatur aus 19 verschiedenen regionalen Klimamodellen (ENSEMBLES Projekt) verwendet. Alle herangezogenen Modelle basieren auf dem Emissionsszenario A1B und weisen eine horizontale Auflösung von 25 km auf. Berechnungen wurden für den Kontrollzeitraum 1971-2000 und die beiden Projektionszeiträume 2021-2050 und 2071-2100 durchgeführt.

Ergebnisse zeigen, dass der Blühbeginn der Birke im Vergleich zu den Gräsern eine größere Variabilität aufweist. Im Zeitraum 1971 bis 2000 beginnt die Birkenblüte im Südwesten und Westdeutschland im Mittel 6 Tage früher (8. April) im Vergleich zum Gebietsmittel (14. April). Im Nordosten hingegen setzt die Birkenblüte 3 Tage später ein (17. April). Der früheste Eintritt der Birkenblüte kann im Mittel bis zu 2,5 Wochen früher erfolgen. Die mittlere Birkenpollensaison dauert 4 Wochen an, im Süden ist sie im Durchschnitt 2 Tage länger, im Norden 2 Tage kürzer. Somit tritt das Blühende im Gebietsmittel im Durchschnitt am 12. Mai ein, im Südwesten und Westen Deutschlands 3 Tage früher, im Nordosten und in den Küstengebieten 3 Tage später. Das späteste Saisonende ist der 26. Mai.

Bis 2050 wird sich im Mittel im gesamten Untersuchungsgebiet die Birkenpollensaison um 6 Tage nach vorne verlagern, im Nordosten sowie in den Küstengebieten um 7 Tage. Bis 2100 verfrüht sich die Saison im Mittel um weitere 8 Tage, im Nordosten und in den Küstengebieten um 7 Tage. Eine Verlängerung der Saison um 3 Tage ist möglich.

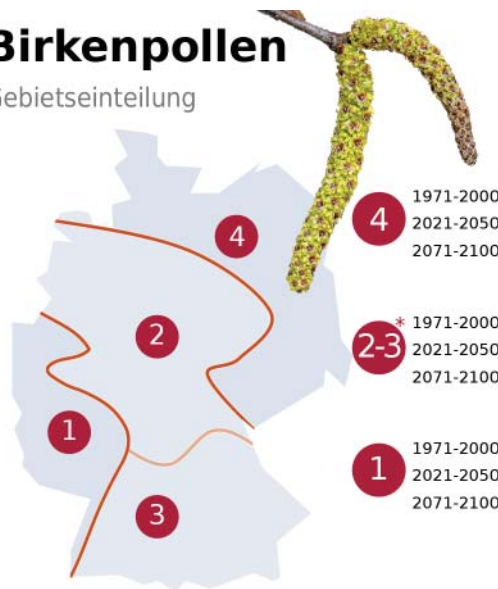
Die Gräserblüte setzt im Mittel (1971-2000) am 25. Mai ± 10 Tage ein, im Süden und Nordosten Deutschlands 5 Tage früher, im Nordwesten und in den Küstengebieten 5 Tage später. Beobachtungen von 1997 bis 2012 weisen eine mittlere Dauer von 61 ± 17 Tage auf, minimal von 36 und maximal von 95 Tagen. Da das Ende der Gräserpollensaison über die Temperatursummenmethode nicht hinreichend identifiziert werden konnte, wird für

die Zukunft ebenfalls eine mittlere Dauer von 61 Tagen, maximal von 95 Tagen angenommen. Damit endet die Gräserblüte im Mittel am 25. Juli.
 Bis 2050 wird sich die Gräserpollensaison im Mittel um 4 Tage verfrühen, bis 2100 um weitere 4 Tage. Die Dauer der Gräserblüte könnte sich allerdings verkürzen, da heiße und trockene Witterungsabschnitte die Gräserblüte eher beeinträchtigen.

Darüber, inwieweit sich zukünftig die Intensität der Pollensaison verändern wird, können bisher keine Aussagen gemacht werden. Außerdem ist noch unklar, inwieweit neue Pflanzen mit allergenem Potenzial einwandern.

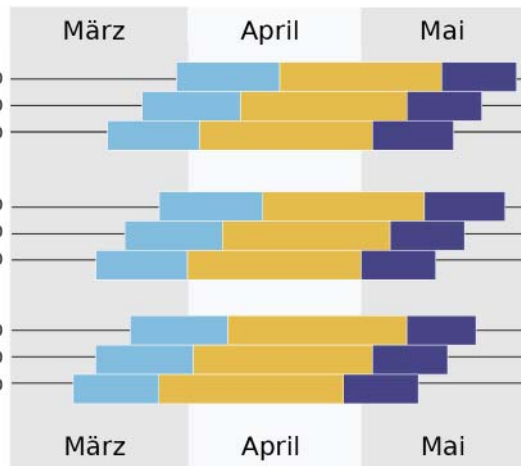
Birkenpollen

Gebietseinteilung



* Da die Ergebnisse für Gebiet 2 und 3 sich kaum unterscheiden werden diese zusammengefasst.

Ergebnisse

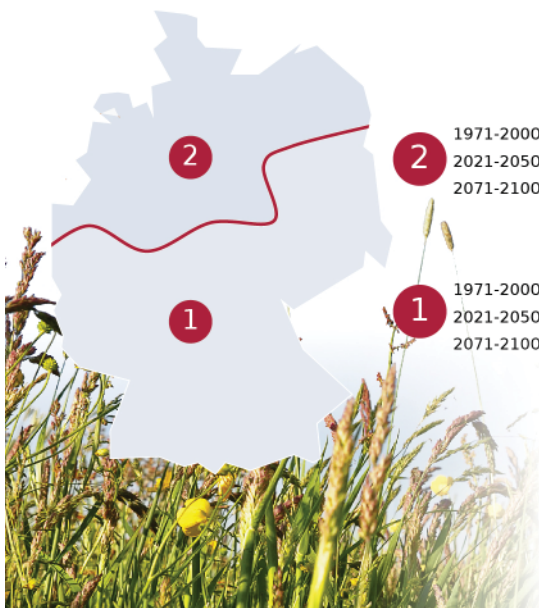


frühester Beginn
 mittlere Saison
 spätestes Ende

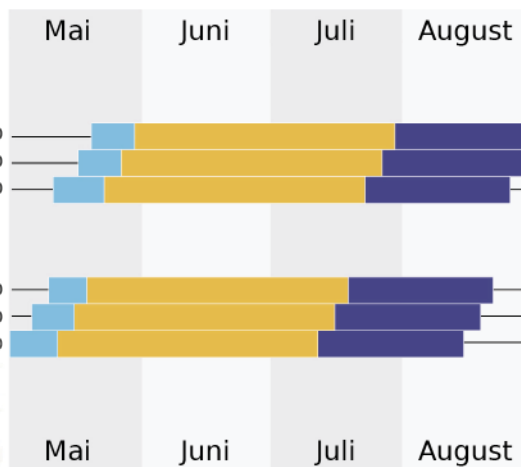


Gräserpollen

Gebietseinteilung



Ergebnisse



frühester Beginn
 mittlere Saison
 spätestes Ende



Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AET	reale Verdunstung
AO	Arctic Oscillation
CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility
CPC	Climate Prediction Center
DI	Dürreindex
DMCSEE	Dürremanagementzentrum für das südöstliche Europa
DU	Dobson Unit
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECA&D	European Climate Assessment & Dataset
EDO	European Drought Observatory
EM	European-Modell
ETP	Potential Evapotranspiration
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GCOS	Global Climate Observation System
GEWEX	Global Energy and Water Exchanges Project
GME	Globalmodell
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KSB	Klimastatusbericht
KWB	klimatische Wasserbilanz
MetOp	Meteorological Operational Satellite
METVER	Bodenwasserhaushaltsmodell
MPI-M	Max-Planck-Institut für Meteorologie
NAO	nordatlantische Oszillation
NCEP	National Centers for Climate Prediction (USA)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PDSI	Palmer Drought Severity Index
PET	potentielle Verdunstung/ potentielle Evapotranspiration
RA	Regional Association (der WMO)
RCC	Regional Climate Centre (der WMO)
RDI	Reconnaissance Drought Index
SPEI	Standardized Precipitation Evapotranspiration Index
SPI	Standardized Precipitation Index
SYNOP	Bodenwettermeldung von einer ortsfesten Landstation
UTC	Universal Time Coordinated
WMO	World Meteorological Organization
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie

Autorenverzeichnis

Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dw.de
Breidenbach, Jan Nicolas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Jan-Nicolas.Breidenbach@dwd.de
Booß, Andreas	Regierungspäsidium Darmstadt, Dez. Weinbau Wallufer Str. 19 65343 Eltville am Rhein	Andreas.Booss@rpda.hessen.de
Claude, Hans	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Hans.Claude@dwd.de
Deutschländer, Thomas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Thomas.Deutschlaender@dwd.de
Endler, Christina	Deutscher Wetterdienst Stefan-Meier-Straße 4 79104 Freiburg	Christina.Endler@dwd.de
Finger, Peter	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Peter.Finger@dwd.de
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Heller, Astrid	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Astrid.Heller@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Franz-Josef.Loepmeier@dwd.de
Mächel, Hermann	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Hermann.Maechel@dwd.de
Meyer-Christoffer, Anja	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Anja.Meyer-Christoffer@dwd.de

Nitsche, Helga	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Helga.Nitsche@dwd.de
Riecke, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 78 20359 Hamburg	Wolfgang.Riecke@dwd.de
Schmidt, Martin	Deutscher Wetterdienst Kärnerstr. 68 04288 Leipzig	Martin.Schmidt@dwd.de
Schmitt, Hans-Helmut	Deutscher Wetterdienst Kreuzweg 25 65366 Geisenheim	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Schneider, Udo	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Udo.Schneider@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Stender, Peter	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Peter.Stender@dwd.de
Wegener, Mareen	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Mareen.Wegener@dwd.de
Ziese, Markus	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str.135 63067 Offenbach	Markus.Ziese@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de

