

Klimastatusbericht 2012



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

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach

Postfach 10 04 65
63004 Offenbach

Redaktion:

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

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

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

Der Klimastatusbericht im Internet:

www.ksb.dwd.de

ISSN 1437 - 7691
ISSN 1616 - 5063 (Internet)

Urheberrecht

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

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

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

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

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen des vorliegenden Berichts.

Ihr



Klaus-Jürgen Schreiber
Leiter Abteilung Klimaüberwachung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Die Witterung in Deutschland 2012	5
Extremwertkarte	17
Das Strahlungsjahr 2012	18
Die Witterung im Jahr 2012 in den deutschen Küstengebieten	19
Objektive Wetterlagenklassen 2012	24
Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2012	31
Das Weinjahr 2012	40
Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre	42
Ozon in der Stratosphäre	48
Jahreszeitlicher Rückblick auf das Klima in Europa (WMO RA VI) 2012	52
Das Jahr 2012 im globalen Überblick	76
Wetterlagen ändern sich mit dem Klimawandel	81
Agrarklimatologische Untersuchungen	86
Hagelereignisse im Freistaat Sachsen	95
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	100
Autorenverzeichnis	102

Die Witterung in Deutschland 2012

K. Friedrich, W. Riecke, T. Deutschländer

Übersicht

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

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

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

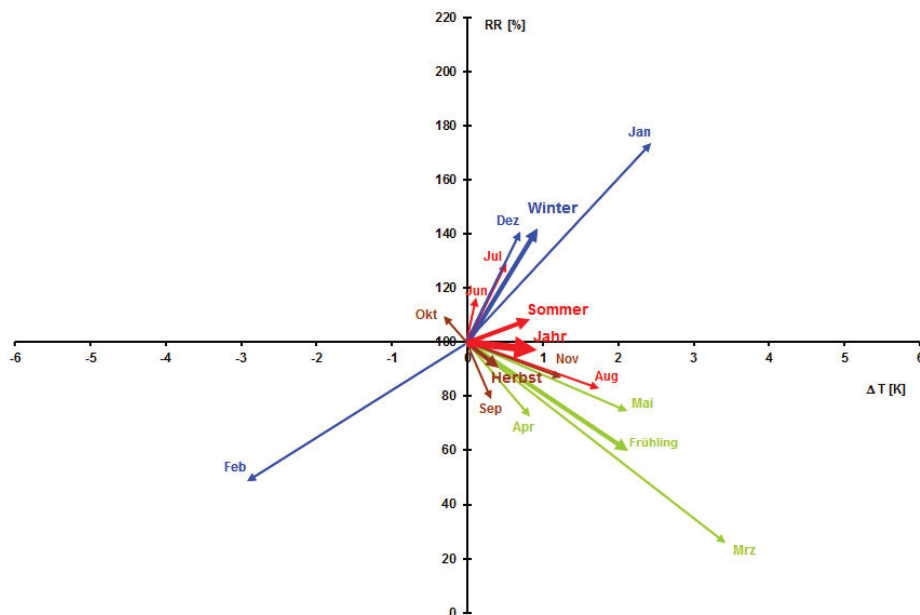
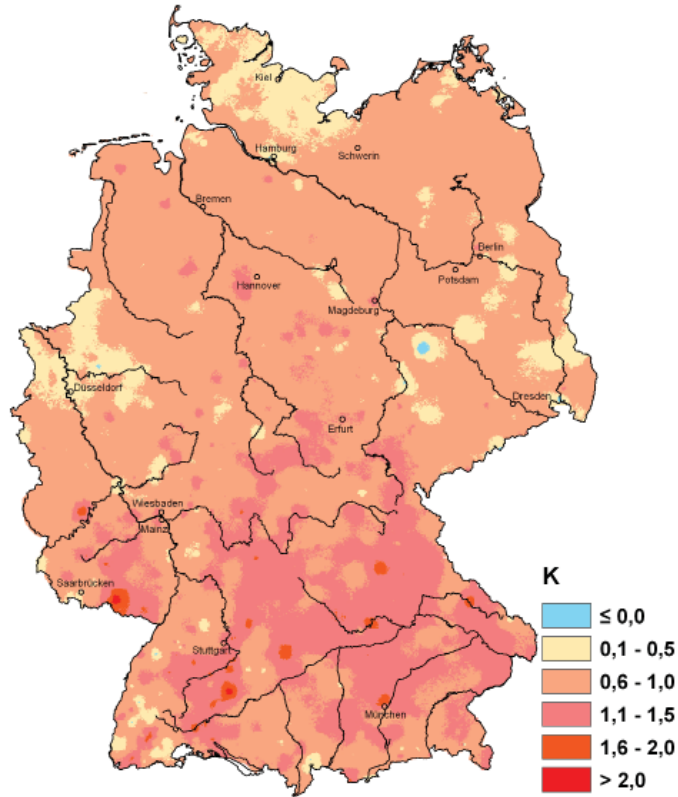


Abb. 1: Thermopluviogramm für Deutschland 2012 (Bezugszeitraum 1961-1990)

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

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

**Temperaturabweichung Jahr 2012
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Year 2012**



**Sonnenscheindauer Jahr 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Year 2012
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Jahr 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Year 2012
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

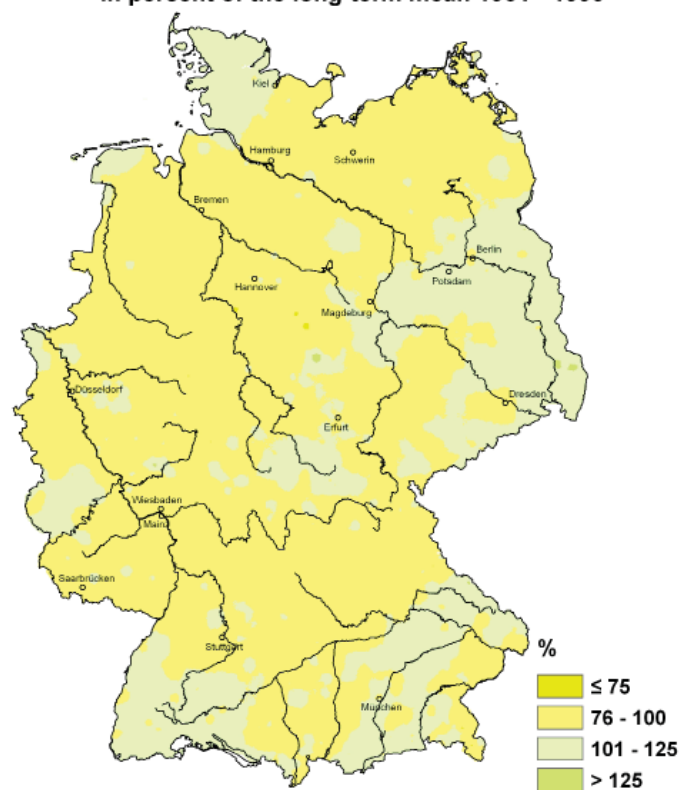


Abb. 2: Jahresabweichung 2012 vom vieljährigen Mittel 1961-1990

Der Verlauf der Witterung

Der Witterungsverlauf des Jahres lässt sich folgendermaßen beschreiben:

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

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

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

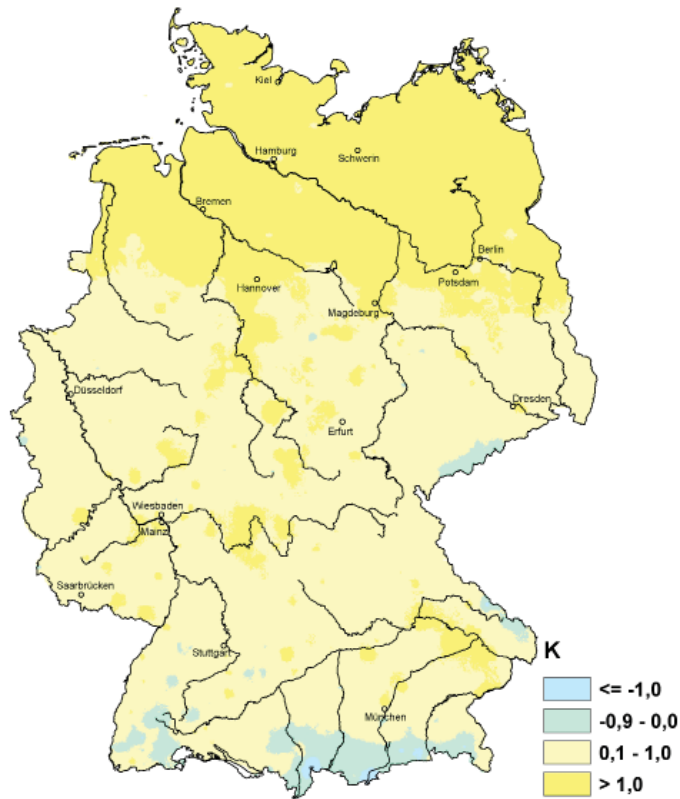
Der **März** begann sehr mild, die Temperaturen fielen aber zur Mitte der ersten Monatsdekade. In dieser Phase, zum Ende der zweiten Monatsdekade sowie zum Monatsende wurden Temperaturen unter dem vieljährigen Mittel gemessen, sonst immer darüber. Besonders in der zweiten Monatshälfte wurden viele Sonnenstunden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

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

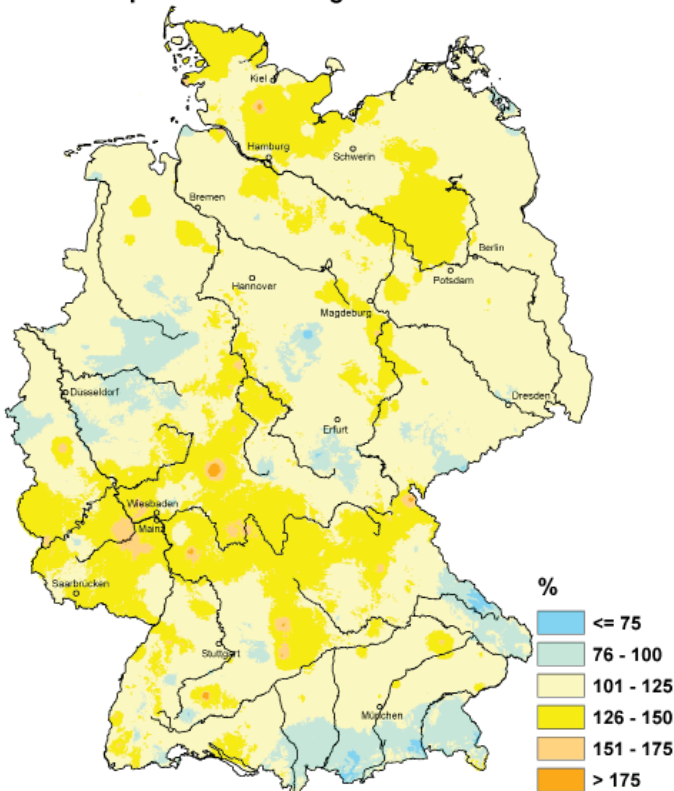
Auch der **Mai** zeigte sich recht wechselhaft. Bis zum Beginn der dritten Monatsdekade schwankte die Temperatur in großer Amplitude um den Mittelwert, bevor sich eine mehrtägige sehr warme Phase einstellte, die aber zum Monatsende im Norden ein jähes Ende fand. Im Durchschnitt war der Monat aber zu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

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

**Temperaturabweichung Winter 2011/2012
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Winter 2011/2012**



**Sonnenscheindauer Winter 2011/2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Winter 2011/2012
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Winter 2011/2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Winter 2011/2012
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

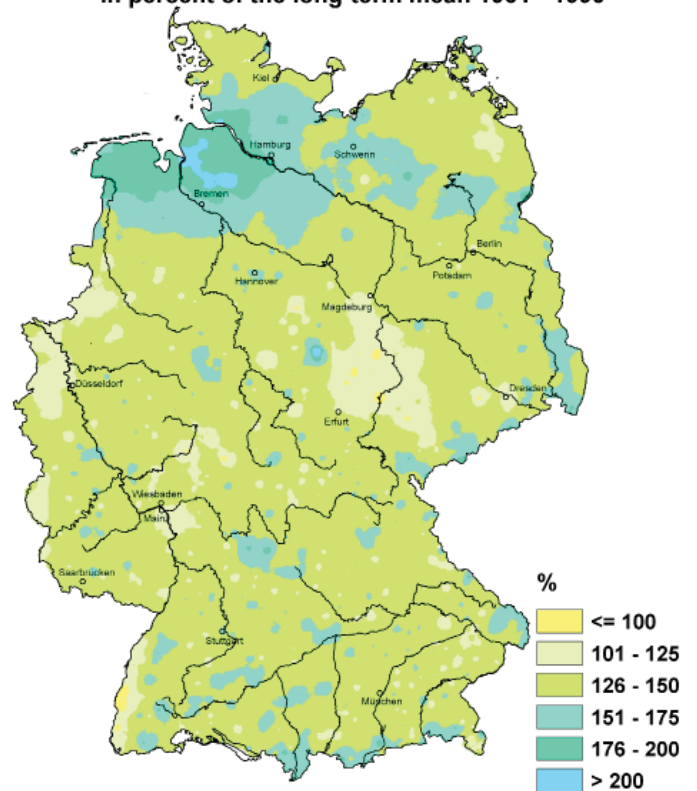
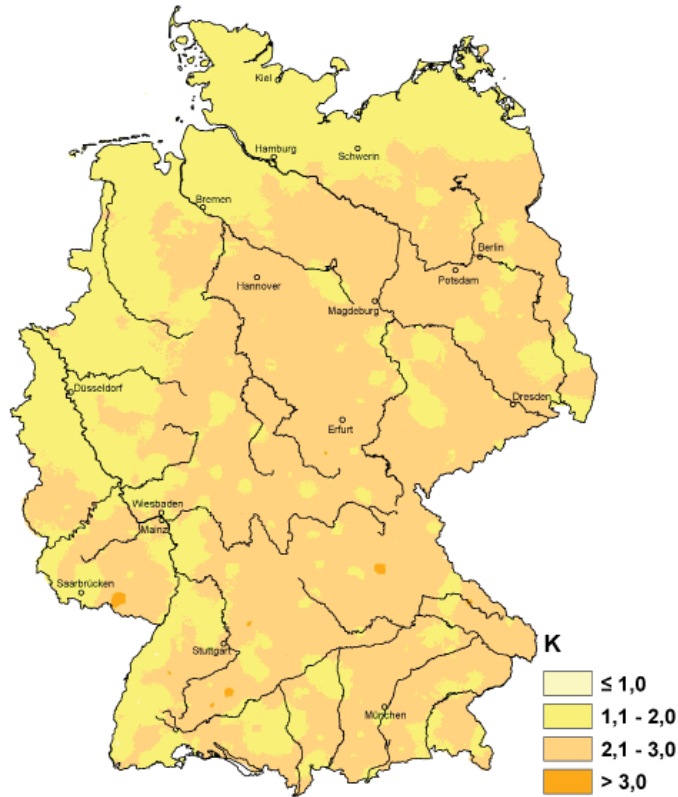
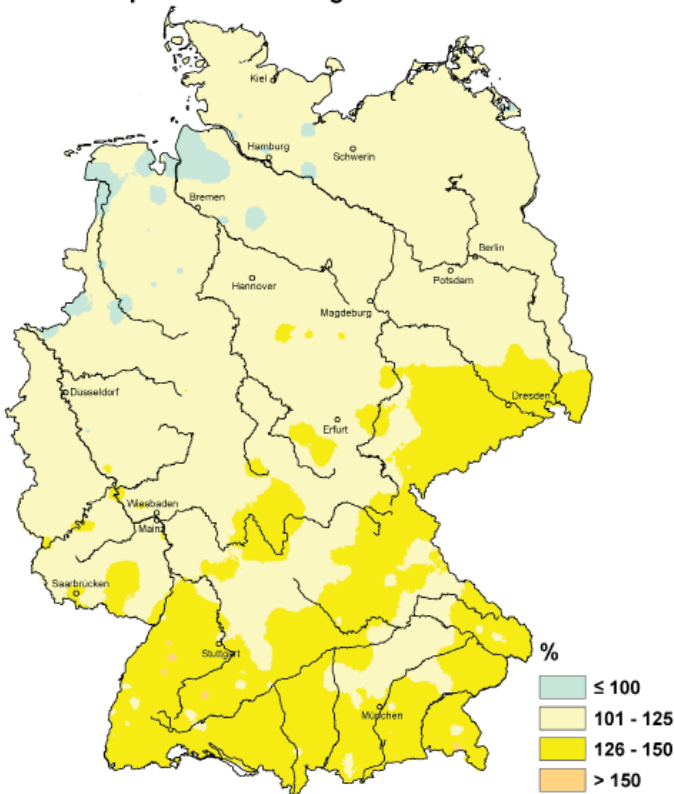


Abb. 3: Abweichung der Jahreszeit Winter des vieljährigen Mittel 1961-1990

**Temperaturabweichung Frühling 2012
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Spring 2012**



**Sonnenscheindauer Frühling 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Spring 2012
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Frühling 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Spring 2012
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

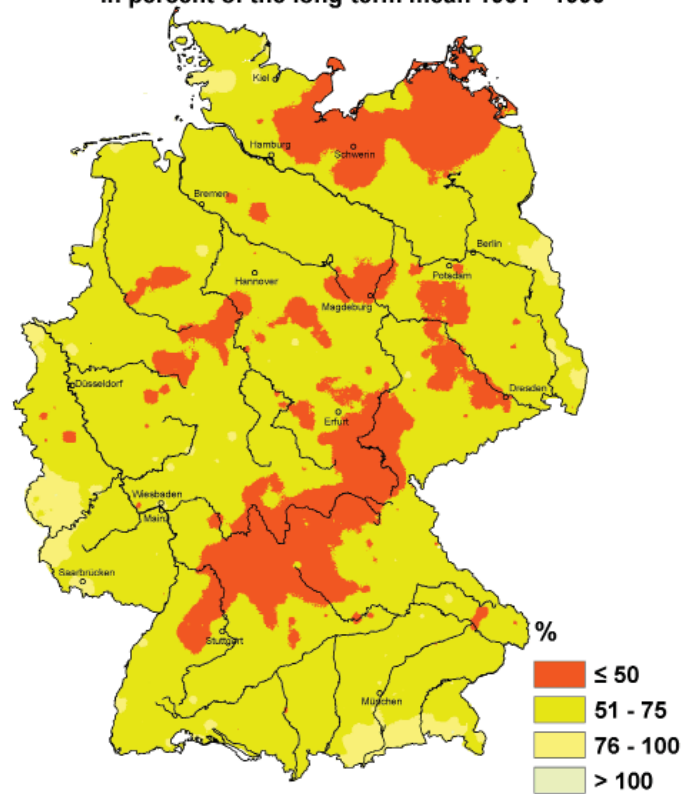


Abb. 4: Abweichung der Jahreszeit Frühling des vieljährigen Mittel 1961-1990

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

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

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

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

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

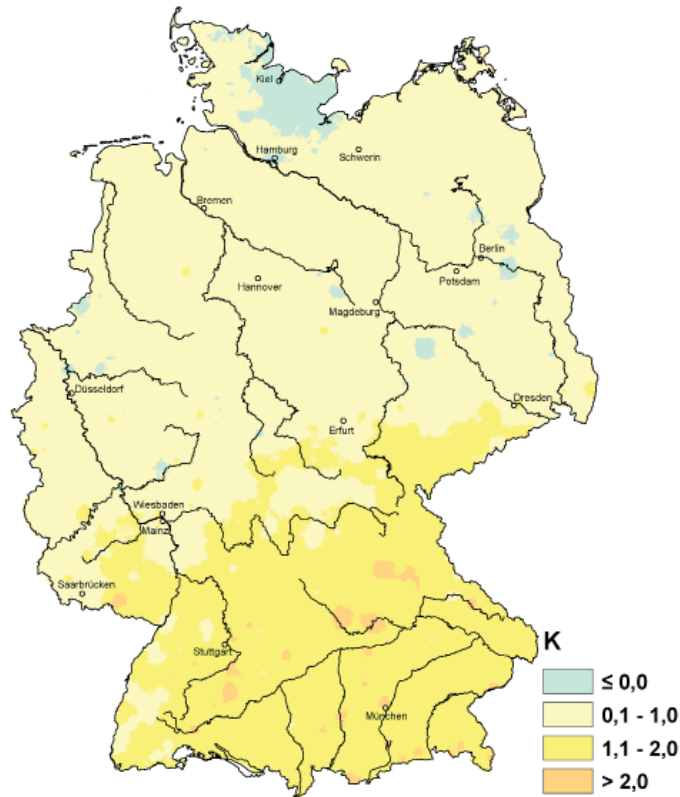
Im **Oktober** lagen die Temperaturen im Mittel unter dem Durchschnitt. Trotz einer sehr warmen Phase im Übergang von der zweiten zur dritten Monatsdekade, brachte der frühe Wintereinbruch zum Monatsende eine negative Bilanz. Insgesamt ergab sich ein leichter Niederschlagsüberschuss, wobei die Verteilung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

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

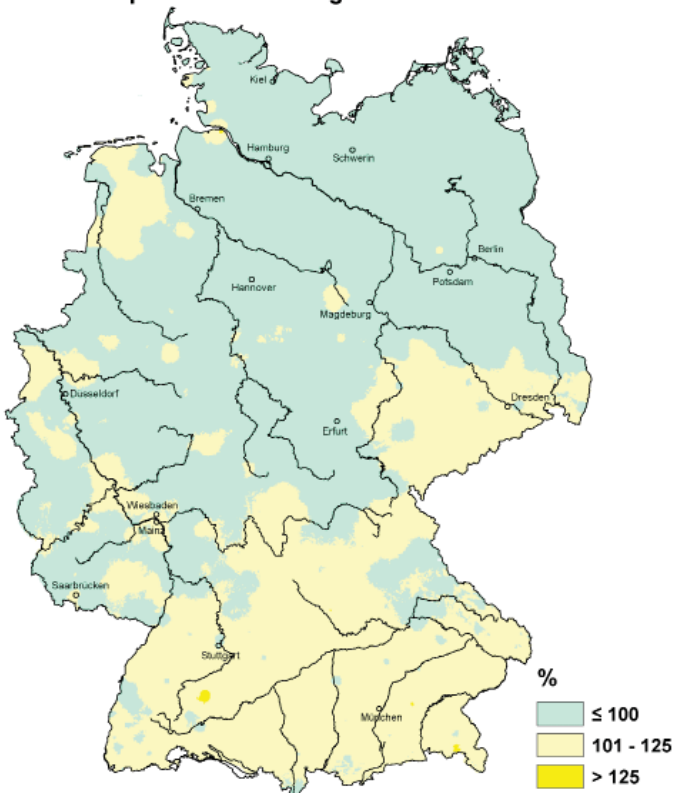
Auf Grund des milden Novembers lag die mittlere Temperatur für den **Herbst** etwas über dem Durchschnitt. Auch in Punkto Niederschlag drückte der November der Herbstbilanz seinen Stempel auf, er war in Summe etwas zu trocken. Der trübe November hat den Sonnenstundenüberschuss von September und Oktober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

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

**Temperaturabweichung Sommer 2012
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Summer 2012**



**Sonnenscheindauer Sommer 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Summer 2012
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Sommer 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Summer 2012
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

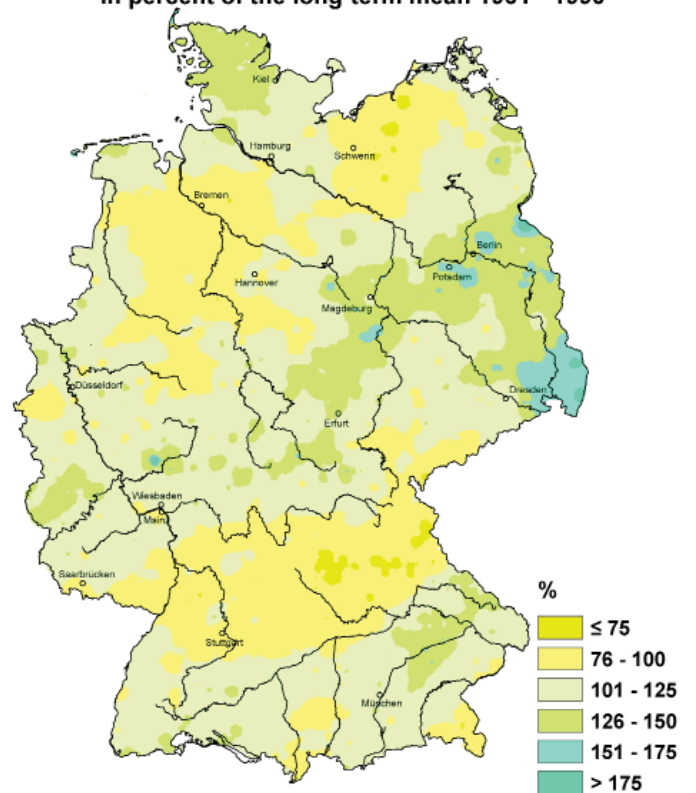
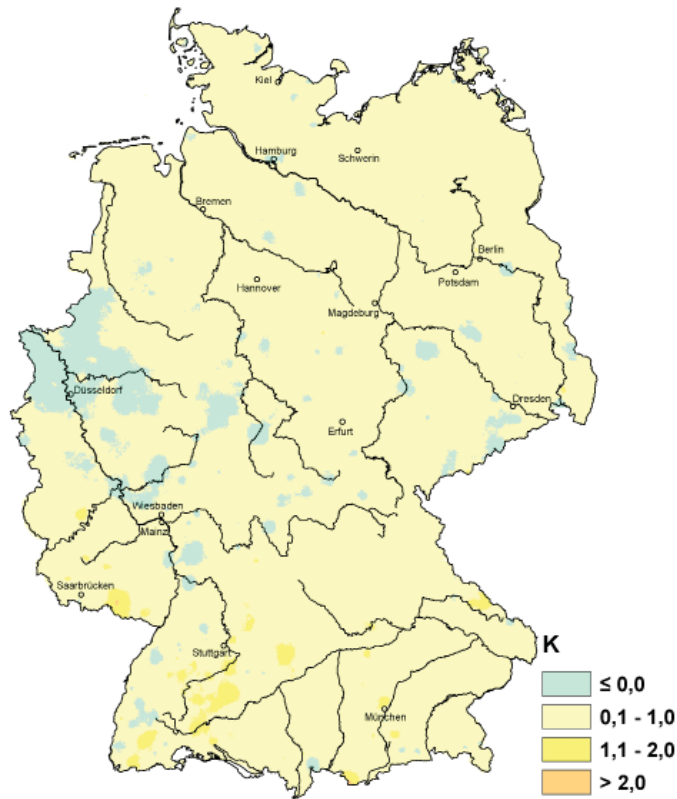
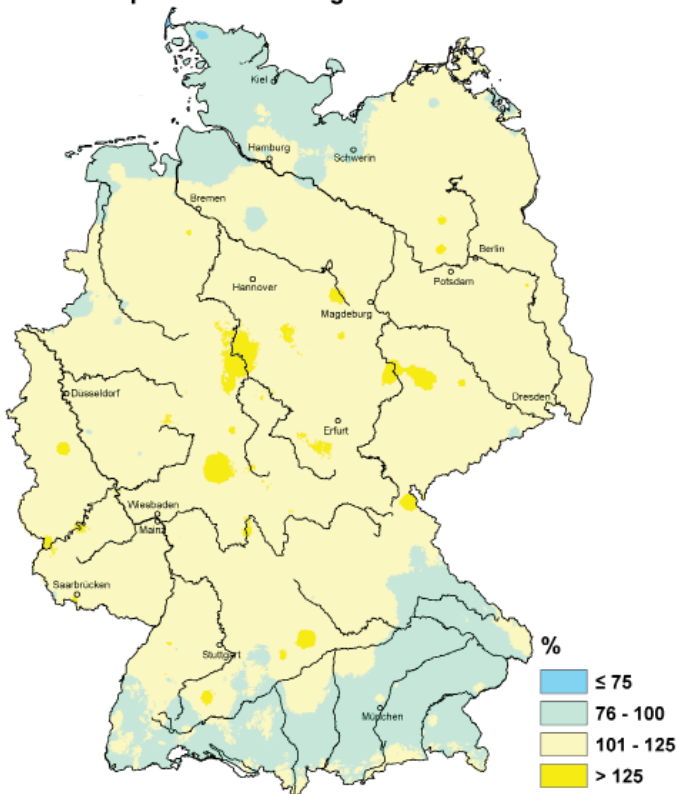


Abb. 5: Abweichung der Jahreszeit Sommer des vieljährigen Mittel 1961-1990

**Temperaturabweichung Herbst 2012
vom vieljährigen Mittel 1961 - 1990
Temperature Anomaly Autumn 2012**



**Sonnenscheindauer Herbst 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Sunshine Autumn 2012
in percent of the long-term mean 1961-1990**



**Niederschlagshöhe Herbst 2012
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961 - 1990
Precipitation Autumn 2012
in percent of the long-term mean 1961 - 1990**

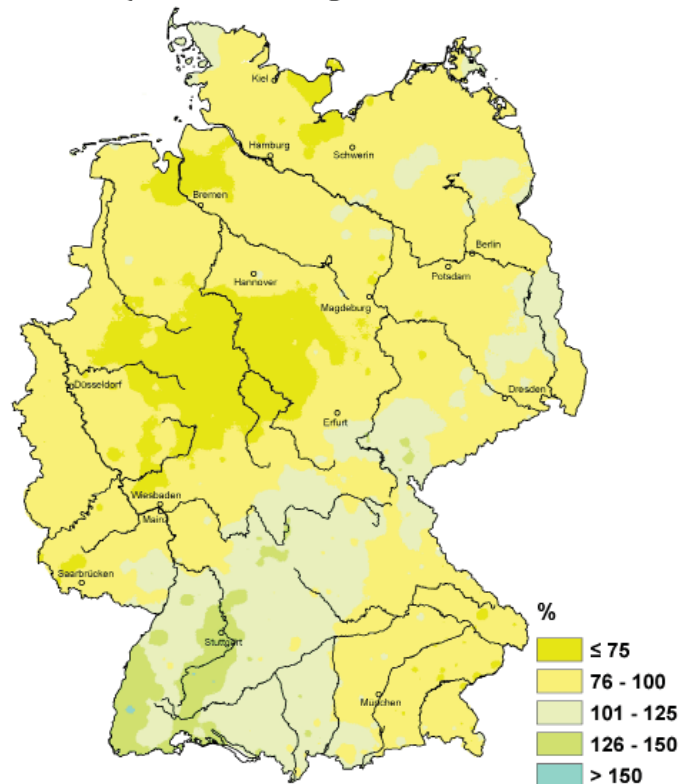


Abb. 6: Abweichung der Jahreszeit Herbst des vieljährigen Mittel 1961-1990

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 von Wert der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90 angegeben.

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

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

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

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

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

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

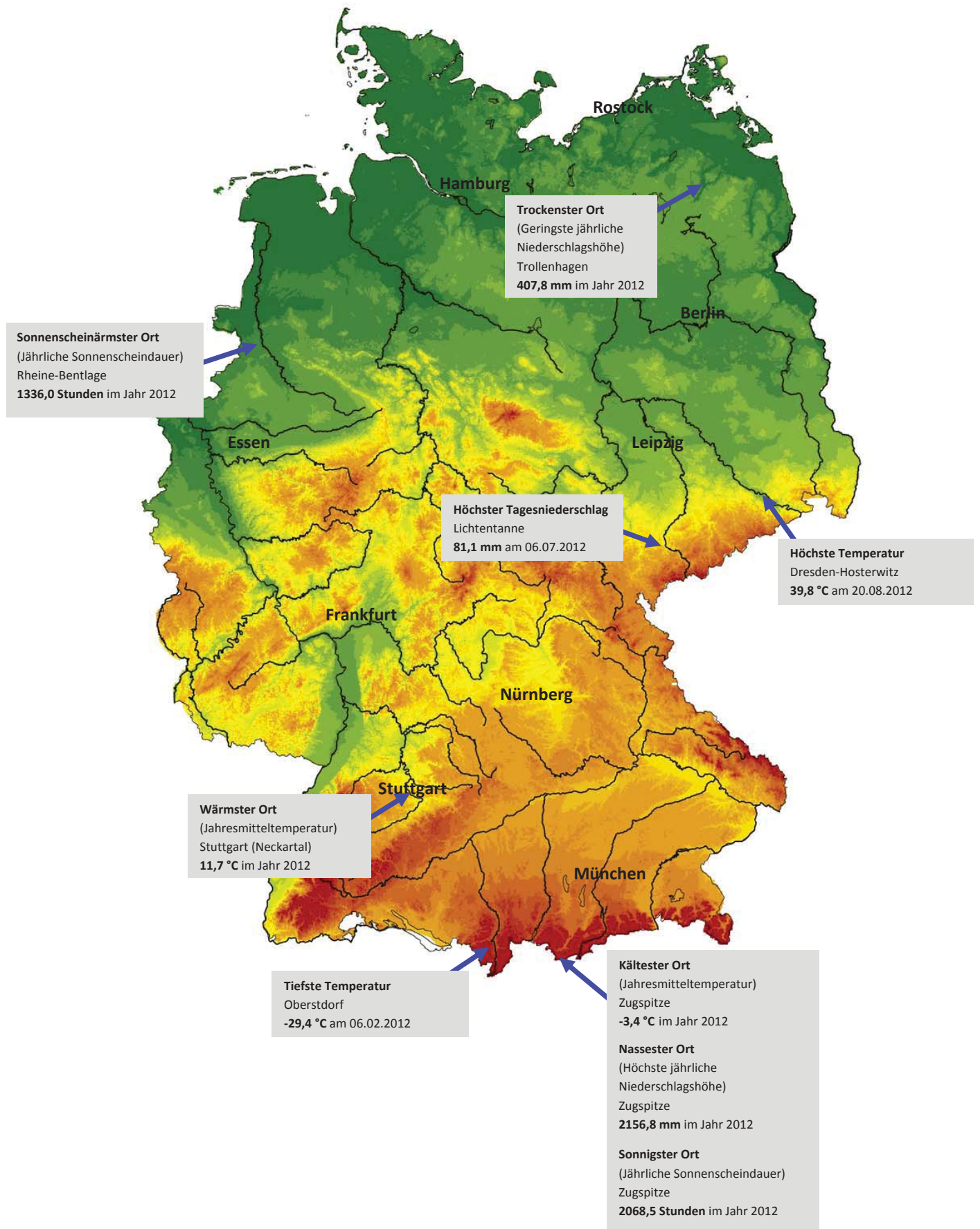
Land	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
	2012 von (mm)	1961-90	2012 von (mm)	1961-90	2012 von (mm)	1961-90	2012 von (mm)	1961-90	2012 von (mm)	1961-90	2012 von (mm)	1961-90	2012 von (mm)	1961-90	2012 von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

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

Land	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr																	
	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90	Proz. von 2012 (Std.) 1961-90																	
Hamburg	56,1	144,6	86,3	134,8	126,7	125,8	127,3	81,3	227,4	106,6	150,3	74,3	196,2	97,4	219,4	109,2	130,3	93,8	111,1	115,0	46,0	93,6	30,1	95,9	481,3	102,3	565,9	91,5	287,4	101,0	165,8	124,0	1506,9	100,0
Bremen	50,9	129,8	80,4	119,0	124,9	123,1	126,6	81,8	213,6	104,0	147,7	76,1	208,6	108,6	218,9	113,3	130,0	96,0	102,3	105,0	54,0	106,6	28,8	86,2	465,2	100,8	575,2	97,7	286,3	100,9	156,1	111,7	1486,8	100,8
Berlin	52,5	123,6	98,4	139,7	166,0	137,8	162,4	100,8	242,2	107,4	165,9	77,6	211,6	94,7	239,1	111,6	192,4	123,3	136,2	124,7	42,3	84,3	33,9	97,1	570,6	112,5	616,6	92,8	370,8	117,6	173,1	117,5	1742,8	106,6
Schleswig-Holstein	59,1	150,3	87,4	135,0	129,8	124,2	140,3	85,3	241,1	108,2	157,3	74,8	209,7	100,0	229,1	108,9	122,3	85,4	103,7	105,9	42,0	83,4	33,8	97,8	511,2	103,9	596,1	92,4	268,0	91,9	173,8	125,7	1555,6	99,3
Niedersachsen	50,9	132,8	82,7	125,5	136,8	133,9	127,5	84,2	219,4	108,9	142,1	74,5	198,2	103,6	217,7	113,6	140,4	104,1	112,1	113,7	51,7	106,0	29,0	92,3	483,7	106,3	558,1	95,7	304,2	107,8	157,2	116,2	1508,5	103,6
Nordrhein-Westfalen	51,4	123,4	85,5	118,1	150,1	145,4	120,1	81,2	206,4	108,7	129,8	72,2	186,7	99,7	223,2	122,2	144,6	107,1	120,9	113,2	54,3	103,3	27,2	73,6	476,5	108,1	539,7	97,5	319,8	108,6	159,3	105,6	1500,1	104,2
Rheinland-Pfalz	49,1	121,2	115,4	158,0	176,6	160,0	137,7	91,0	226,4	118,3	148,9	78,7	200,2	95,5	238,4	123,3	185,0	122,7	120,0	114,6	39,4	74,7	35,6	93,4	540,6	119,4	587,5	98,8	344,3	111,7	190,9	125,8	1672,5	111,0
Saarland	45,8	116,0	129,2	170,3	193,7	170,3	137,5	88,7	234,7	118,1	156,6	78,1	205,6	91,0	240,4	119,2	194,7	123,3	120,1	113,1	33,2	62,2	37,7	95,1	566,0	121,1	602,6	95,5	348,0	109,6	196,8	127,1	1729,3	110,1
Baden-Württemberg	56,3	115,4	112,8	148,0	208,2	177,9	137,6	91,3	247,5	130,8	199,0	100,9	209,1	91,4	254,8	123,7	187,2	112,7	115,8	99,2	56,9	92,6	47,1	105,8	993,3	129,8	662,9	104,2	360,0	104,5	200,0	118,0	1832,2	114,0
Hessen	50,8	142,1	102,6	148,6	169,8	159,1	137,6	90,8	228,6	118,0	144,7	77,4	189,8	93,0	234,2	123,3	176,3	124,0	117,8	118,4	35,0	81,0	24,8	78,2	536,1	118,6	568,6	97,1	329,1	115,5	171,2	125,5	1612,1	110,5
Bayern	58,1	117,1	105,2	135,2	182,5	153,4	156,2	101,7	252,6	130,5	197,6	102,4	199,0	90,0	249,7	123,5	178,5	111,3	113,2	96,0	52,6	92,4	45,6	104,3	591,3	126,9	646,3	103,7	344,3	102,7	191,0	111,7	1790,8	112,2
Mecklenburg-Vorpommern	61,0	149,2	85,9	127,6	152,7	134,5	156,4	93,5	253,6	107,7	166,4	76,2	202,4	90,9	222,2	102,3	158,9	103,0	127,7	121,8	42,7	81,5	28,8	78,9	562,7	109,0	591,0	87,4	329,3	105,7	170,8	118,6	1658,6	100,6
Brandenburg	51,9	118,7	99,0	140,8	164,8	137,4	166,7	102,5	251,1	111,9	169,1	79,9	209,0	93,6	234,7	110,1	188,9	121,3	133,1	121,5	47,5	94,1	34,8	96,0	582,7	115,0	612,7	92,6	369,4	117,0	178,6	119,3	1750,4	107,1
Sachsen-Anhalt	50,4	118,8	98,4	145,4	157,6	144,1	143,7	94,5	244,3	118,5	153,6	78,2	201,5	97,4	227,6	114,8	179,4	124,8	128,1	122,9	49,3	97,6	34,0	95,7	545,6	116,7	582,6	95,5	356,9	119,5	179,7	123,6	1668,0	109,6
Sachsen	46,9	94,7	96,4	137,2	170,7	155,6	160,7	107,5	256,2	127,5	171,3	90,0	205,5	98,0	236,5	119,0	190,4	128,8	125,1	106,1	52,9	98,8	46,9	114,5	587,7	127,7	613,3	100,7	368,4	115,4	178,3	111,0	1759,6	113,6
Thüringen	49,9	116,9	90,9	131,8	167,8	159,0	137,0	92,9	237,5	121,6	153,9	84,2	186,0	90,6	228,5	118,8	182,9	127,7	123,4	115,3	44,3	91,2	31,7	87,9	542,3	121,0	568,4	96,1	350,6	117,3	164,1	111,0	1633,8	109,9
Deutschland	53,6	123,0	97,6	134,5	166,3	150,4	143,6	94,3	238,7	122,0	165,6	86,4	199,8	95,7	234,9	119,3	169,4	113,4	118,9	109,6	49,0	91,7	36,2	94,0	548,6	119,6	600,2	99,4	337,3	108,3	177,6	115,0	1673,5	109,5

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

Extremwertkarte



Das Strahlungsjahr 2012

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

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

Jahressummen 2012

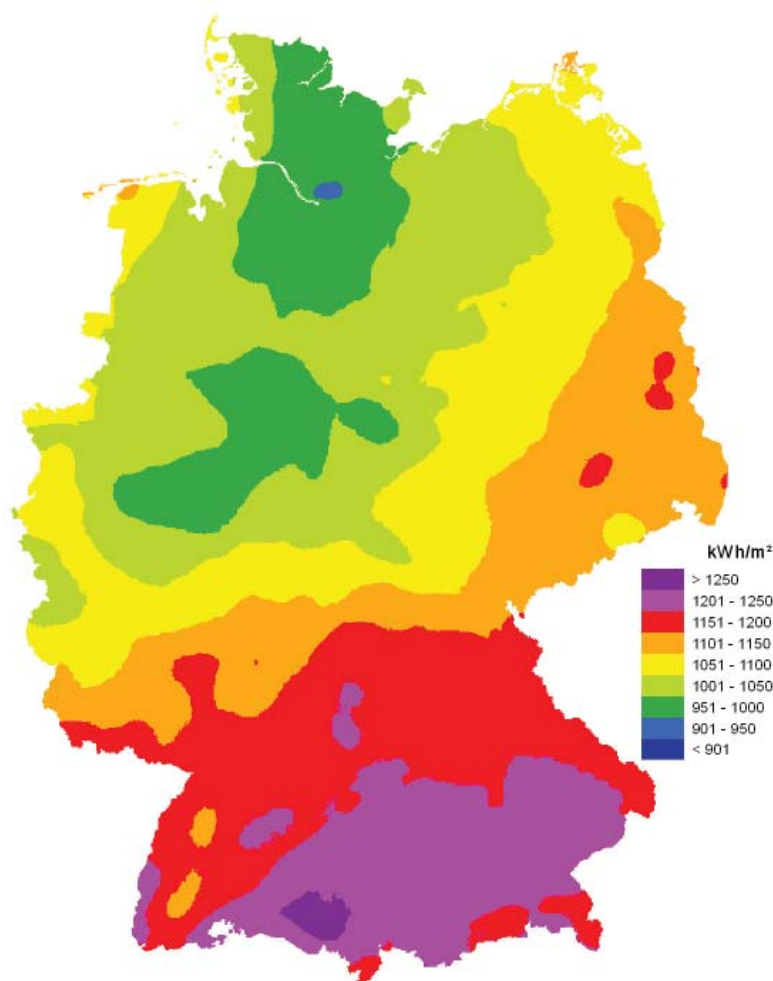


Abb. 1: Globalstrahlungskarte 2012

Die Witterung im Jahr 2012 in den deutschen Küstengebieten

C. Lefebvre

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

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

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

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

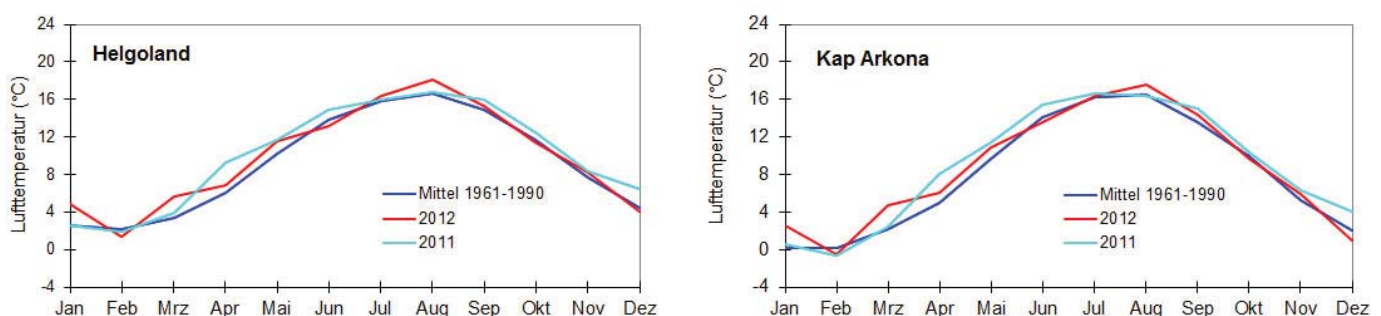


Abb. 1: Jahresgang der Monatsmitteltemperatur

Die ohnehin schon deutlichen Niederschlagsunterschiede zwischen Nord- und Ostsee waren 2012 noch verstärkt (Abb. 2). Denn im ohnehin niederschlagsreicheren Nordseeraum fiel verbreitet bis zu rund 20 % mehr Niederschlag als im Mittel der Jahre 1961-1990, während im trockeneren Ostseeraum bis zu 15 % weniger fiel. Den meisten Niederschlag verzeichnete der Raum Halbinsel Eiderstedt / Nordfriesland (St. Peter Ording 989 mm). Im übrigen Nordseeraum und an der nördlichen Ostseeküste Schleswig-Holsteins fielen meist zwischen 730 und 850 mm, während an der übrigen deutschen Ostsee verbreitet 530 bis 580 mm verzeichnet wurden, zwischen Boltenhagen und Rügen und auf Fehmarn jedoch nur rund 470 bis 490 mm. Dabei lag die Anzahl der Niederschlagstage mit mehr als 1 mm an der Nordsee mit meist 130 bis 145 um bis zu 10 Tage (in St. Peter Ording mit 156 Tagen sogar um 21 Tage) über dem Durchschnitt. An der Ostsee gab es rund 100 bis 120 solcher Niederschlagstage, was im Bereich der vieljährigen Mittel lag. Passend dazu lag die Anzahl der Tage mit Starkniederschlägen (über 10 mm) an der Nordsee um 1 bis 6 Tage über und an der Ostsee um 2 bis 7 Tage unter dem Durchschnitt.

Auf einen niederschlagsreichen Januar, an dem an der niedersächsischen Nordsee bis um das Doppelte des gewöhnlichen Niederschlags fiel, folgte mit 10 bis 30 mm ein vielfach zu trockener Februar. Noch trockener war der März mit Niederschlagshöhen zwischen 5 und 20 mm. An der Ostsee war er der trockenste März seit Aufzeichnungsbeginn 1947, an der Nordsee war der März 1996 mit nicht einmal 10 mm noch trockener. Im April gab es regionale Unterschiede mit Defiziten als auch Überschüssen bis zu 30 %, bevor der Mai vor allem an der Ostsee deutlich zu trocken ausfiel. Juni und Juli waren verbreitet zu nass. Teilweise fiel bis zum Doppelten der Mittelwerte. Aber es gab auch Gebiete, in denen es zu trocken war. Ein hohes Aufkommen an Gewittern, aber auch das Tief KATARZYNA am 24. Juni lösten Tagesniederschläge bis um 30 mm, vereinzelt auch bis zu 50 mm aus, was zu lokalen Überschwemmungen führte. Im August wie auch im September lag das Niederschlagsaufkommen an der Nordsee fast durchweg über dem Durchschnitt, während es an der Ostsee meist Defizite gab, im September sogar bis zu 60 %. Der Oktober brachte vielfach leicht überdurchschnittliche Niederschläge. Nur im Bereich der Weser- und Elbemündung und an der westlichen Ostsee war es zu trocken. Der Herbst endete mit einem zu trockenen November, der Defizite von 20 bis 50 % brachte, während der Dezember wieder überwiegend zu nass ausfiel.

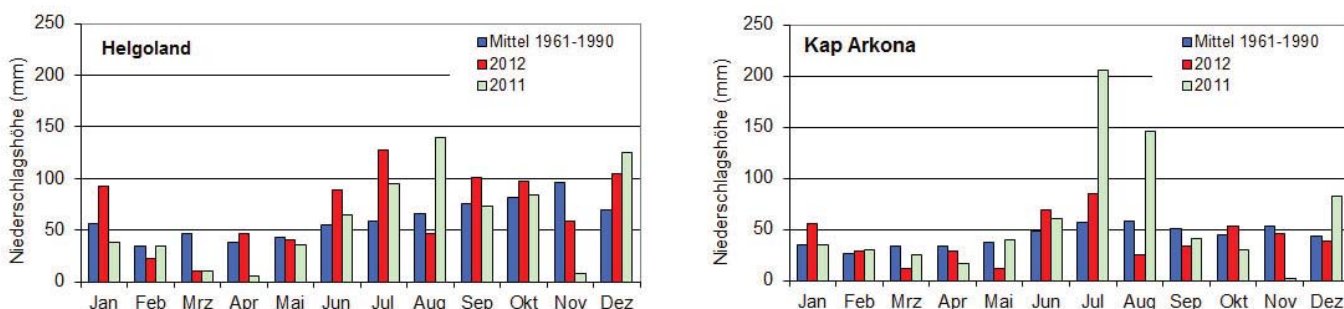


Abb. 2: Jahresgang des Niederschlags

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

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

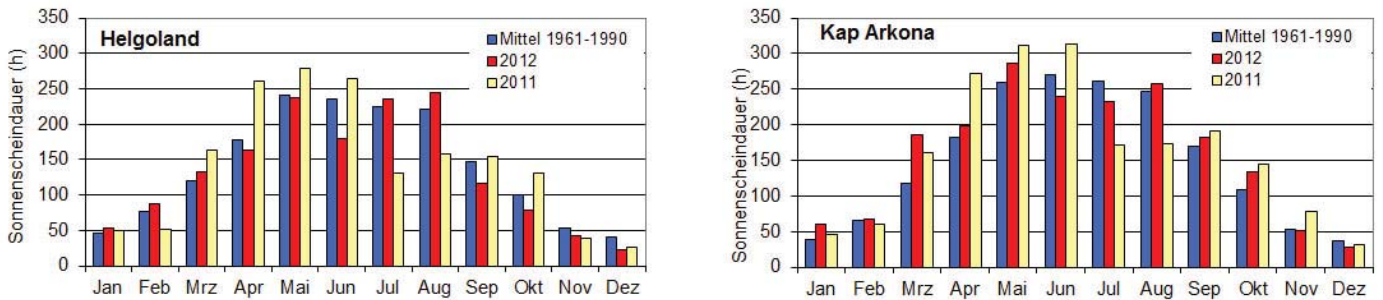


Abb. 3: Jahrgang der monatlichen Sonnenscheindauer

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

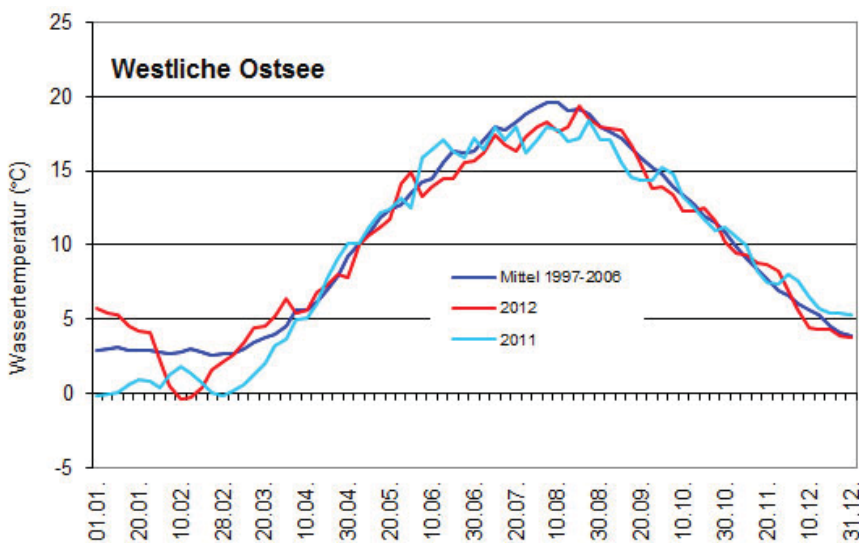


Abb. 4 : Jahrgang der Wasseroberflächentemperatur

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

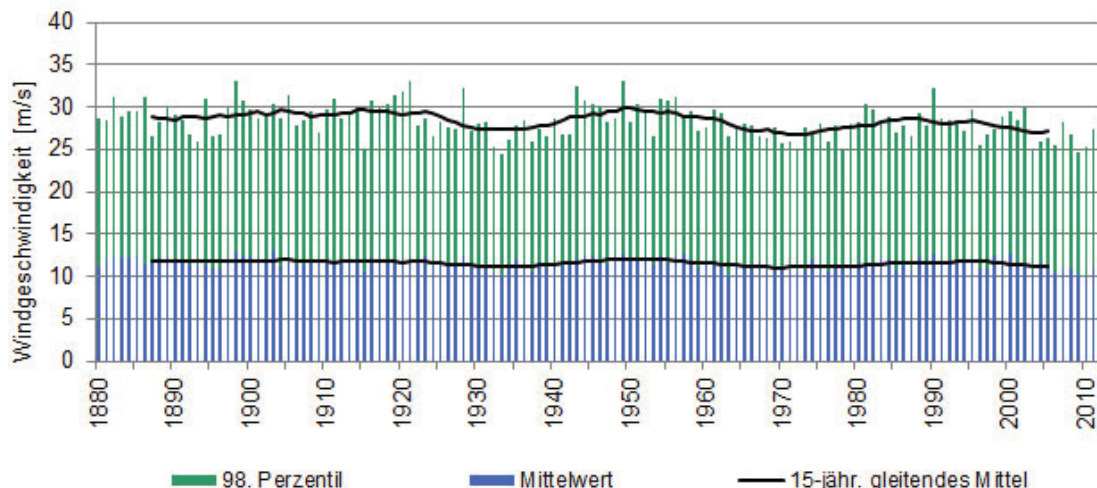
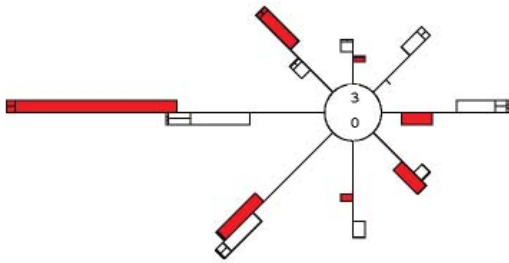


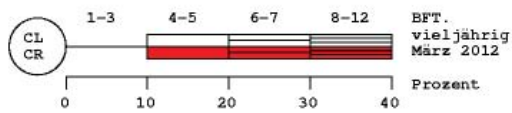
Abb. 5: Jahresmittel und 98 % Perzentile des geostrophischen Windes über der Deutschen Bucht

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

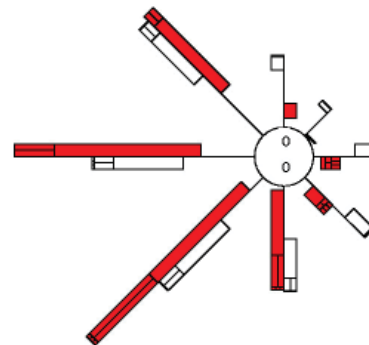
WINDROSE: BOLTENHAGEN



LEGENDE:



WINDROSE: HELGOLAND



LEGENDE:

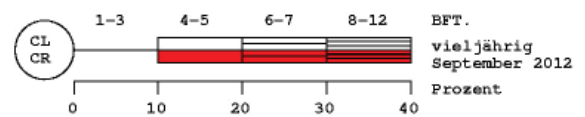


Abb. 6: Windverteilungen an der Station Boltenhagen im März und auf Helgoland im September 2012 (rot) wie auch im Monatsmittel (CL/CR: Prozentualer Anteil der Windstillen vieljährig und 2012)

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

Objektive Wetterlagenklassen 2012

K. Zimmermann

Beschreibung der objektiven Wetterlagenklassifikation

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

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

Die Klasseneinteilung erfolgt nach folgendem Schema:

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

aa 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 2012

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

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

Tab. 1: Wetterlagen 2012

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

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

Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2012 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010

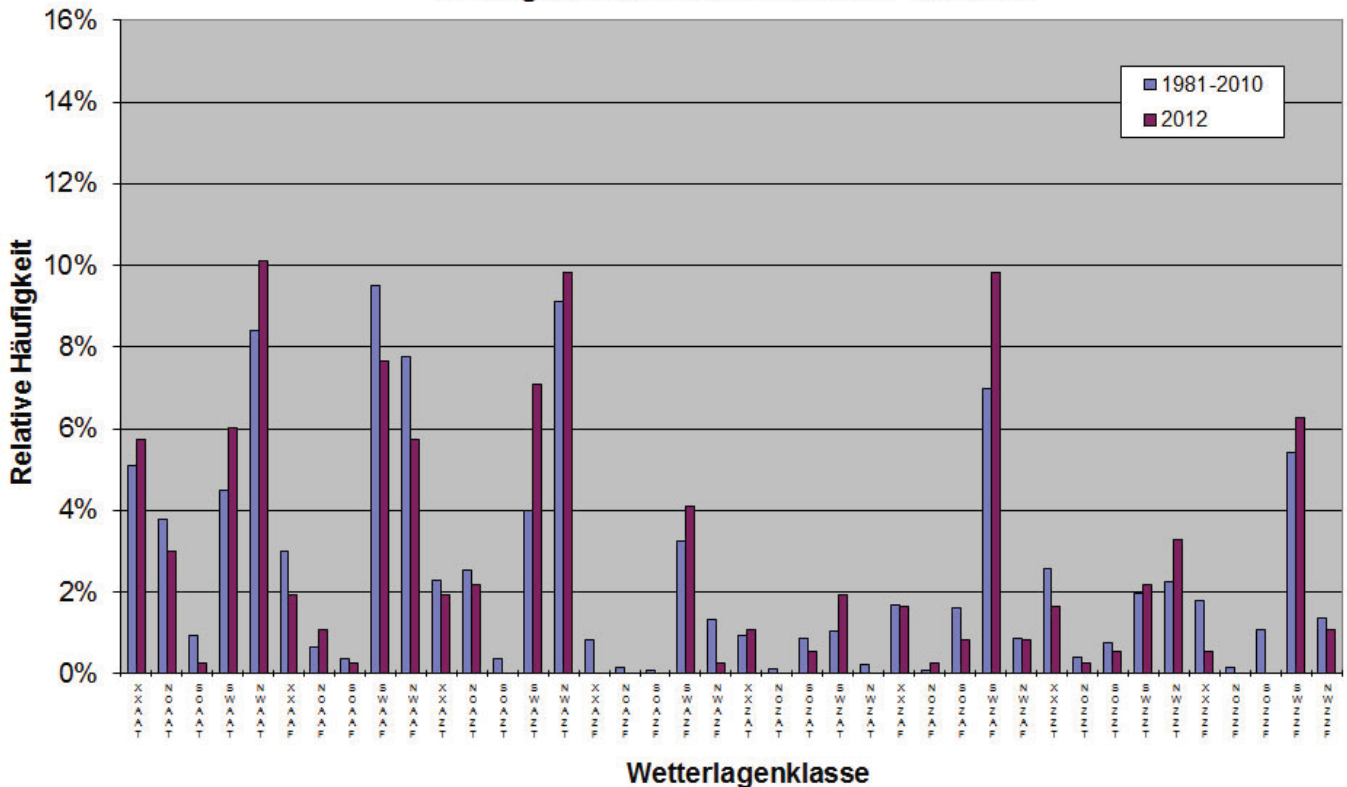


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen 2012 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Häufigkeit von Wetterlagengruppen 2012

Bei den Häufigkeiten der Wetterlagengruppen (Abb. 2) ist festzustellen, dass Südwestlagen stärker vertreten waren als im Referenzzeitraum 1981-2010, während die Anzahl der Südostlagen deutlich unter dem vieljährigen Mittel lag. Dies gilt auch für Lagen ohne eindeutig vorherrschende Windrichtung. Ansonsten entsprach die Windrichtungsverteilung weitgehend den Bedingungen in der Bezugsperiode. In Bodennähe sowie in der freien Atmosphäre entsprach die Verteilung der antizyklonalen und zyklonalen Lagen weitgehend dem Referenzwert (Abb. 3). Die feuchten Lagen traten wieder etwas seltener auf als in der Referenzperiode.

Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2012 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010

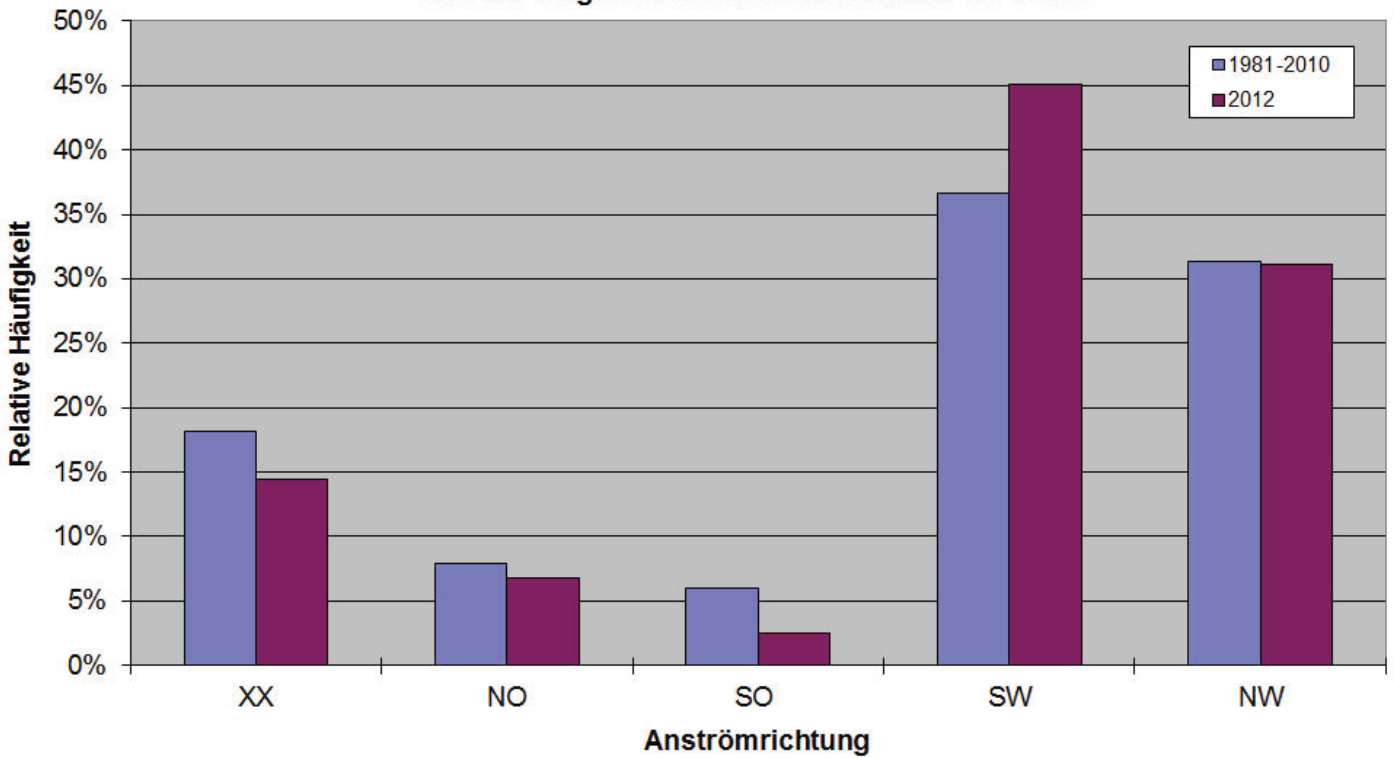


Abb. 2: Relative Häufigkeitsverteilung der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2012 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalität und Feuchte der objektiven Wetterlagenklassifikation 2012 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010

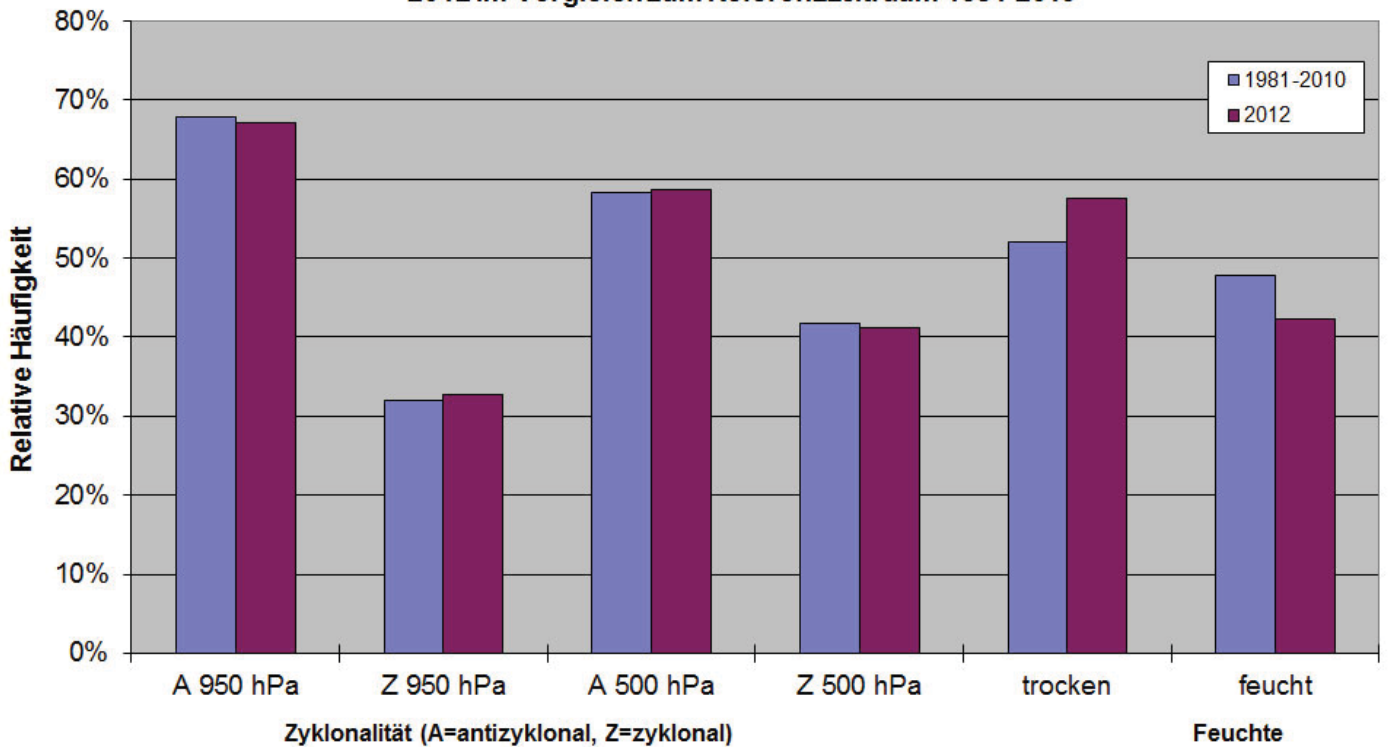


Abb. 3: Relative Häufigkeitsverteilung der Zyklonalitäts- und Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 2012 im Vergleich zum 30-jährigen Zeitraum 1981-2010

Jahresverlauf der Wetterlagen und Zusammenhang mit Temperatur/Niederschlag

WLK/Monat	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
XX	2	2	11	2	3	1	3	7	5	5	6	6	53
NO	2	10	5	1	6	0	1	0	0	0	0	0	25
SO	6	1	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	12
SW	1	0	4	21	11	21	20	19	15	19	21	12	164
NW	20	16	11	5	8	8	6	5	10	7	3	13	112
A 950 hPa	19	25	28	19	17	19	23	24	22	19	16	15	246
Z 950 hPa	12	4	3	11	14	11	8	7	8	12	14	16	120
A 500 hPa	19	15	27	17	23	15	10	19	21	21	18	10	215
Z 500 hPa	12	14	4	13	8	15	21	12	9	10	12	21	151
trocken	21	22	22	16	16	13	15	14	21	16	17	18	211
feucht	10	7	9	14	15	17	16	17	9	15	13	13	155
Temperatur	2.4	-2.9	3.4	0.8	2.1	0.1	0.5	1.9	0.3	-0.3	1.2	0.7	0.9
Niederschlag	145	49	26	73	74	115	128	84	80	109	88	140	93

Tab. 2: Monatliche Häufigkeiten (in Tagen) für die Anströmrichtungen (XX, NO, SO, SW, NW), die Zyklonalität (A=antizyklonal, Z=zyklonal) in 950 und 500 hPa und die Feuchteklassen (feucht und trocken) im Jahr 2012. Zum Vergleich die Deutschlandflächenmittel-Anomalien der Monatsmitteltemperatur (positive Zahlen: warm, negative: kalt) und die monatlichen Niederschlagssumme (in %) als Prozentsatz des Klimamittels 1961-1990.

- Anströmrichtung

Südwestlagen traten im April sowie von Juni bis November besonders häufig auf, während sie von Januar bis März sehr selten beobachtet wurden. Auch im Dezember kamen Südwestlagen nicht häufig vor. Nordwestlagen waren nur im Januar und Februar häufig zu beobachten, während sie in den anderen Monaten recht selten auftraten. Die Häufigkeit der Lagen mit Ostkomponente war insgesamt sehr gering, wobei von Juni bis Dezember nur an 2 Tagen Ostlagen registriert wurden. Lagen mit uneinheitlicher Anströmrichtung traten im Jahr 2012 auch eher selten auf.

- Zyklonalität

In 950 hPa wurden antizyklonale Lagen nur im Dezember nicht häufiger als zyklonale Lagen beobachtet. Besonders deutlich dominierten sie im Februar und März sowie von Juli bis September. In 500 hPa waren die antizyklonalen Lagen in 9 der 12 Monate vorherrschend. Zyklonale Lagen dominierten nur im Juli und im Dezember, im Juni traten genauso viele antizyklonale wie zyklonale Lagen auf.

- Feuchte

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

- Temperatur

Das Jahr 2012 war in Deutschland im Mittel 0,9°C wärmer als in der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-90. Februar und Oktober hatten unterdurchschnittliche Mitteltemperaturen.

- Niederschlag

Im Jahr 2012 waren 5 Monate niederschlagsreicher und 7 Monate trockener als in der Referenzperiode. So wurde das Jahr insgesamt trockener als im Zeitraum 1961-90.

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

Langzeittrends 1980-2012

Bei der Anströmrichtung (Abb. 4) wurden die Trends zu einer Zunahme der Südwestlagen und zu einer Abnahme der Nordwestlagen bestätigt.

Bei den Feuchteklassen (Abb. 5) ist die langfristige Zunahme der feuchten Lagen noch erkennbar, wurde aber erneut geschwächt.

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

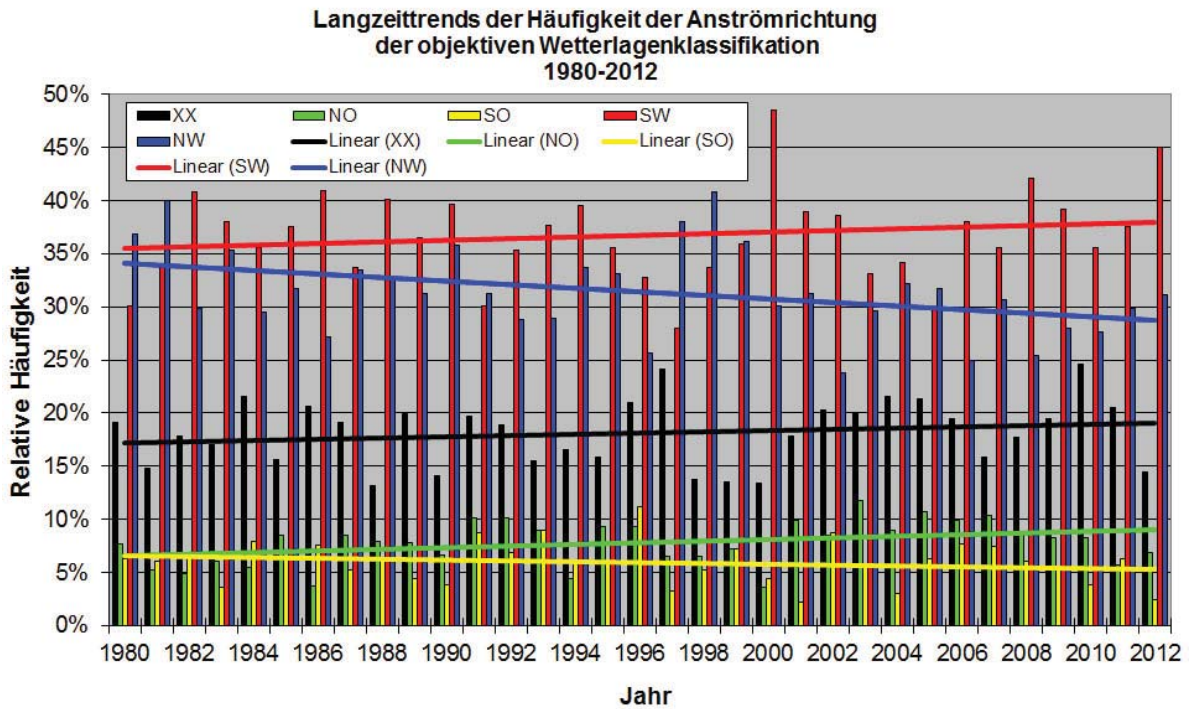


Abb. 4: Langzeittrends der Häufigkeit der Anströmrichtungen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

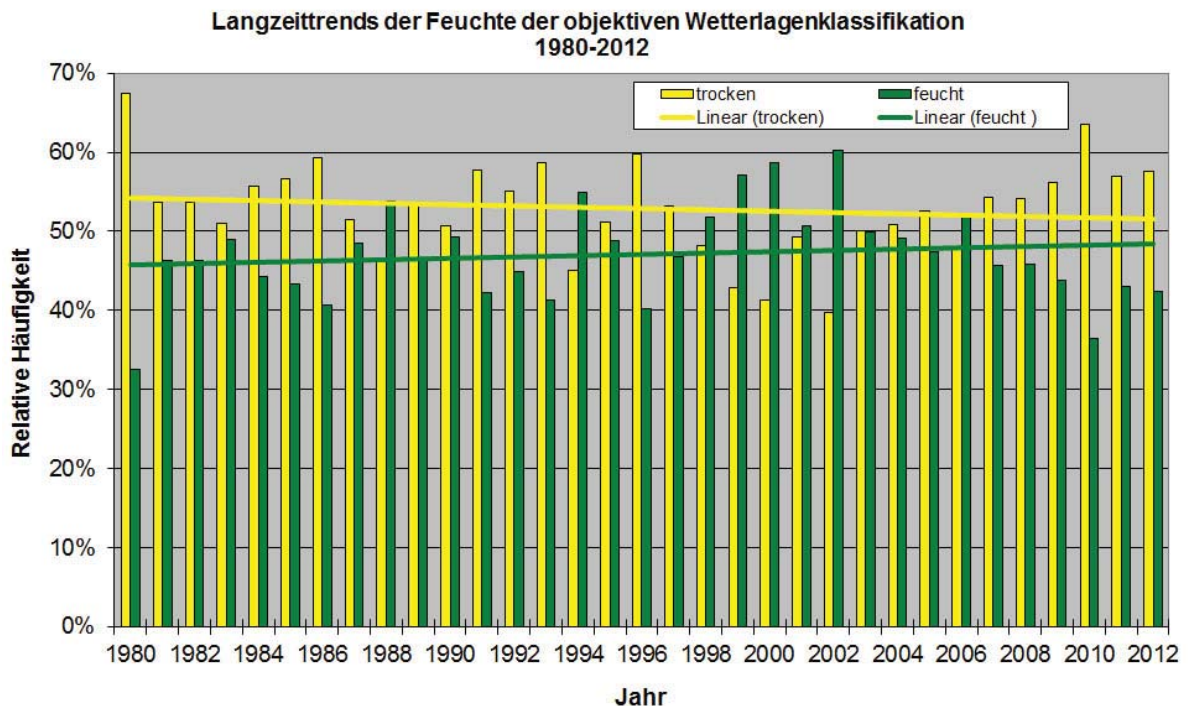


Abb. 5: Langzeittrends der Häufigkeit der Feuchteklassen der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

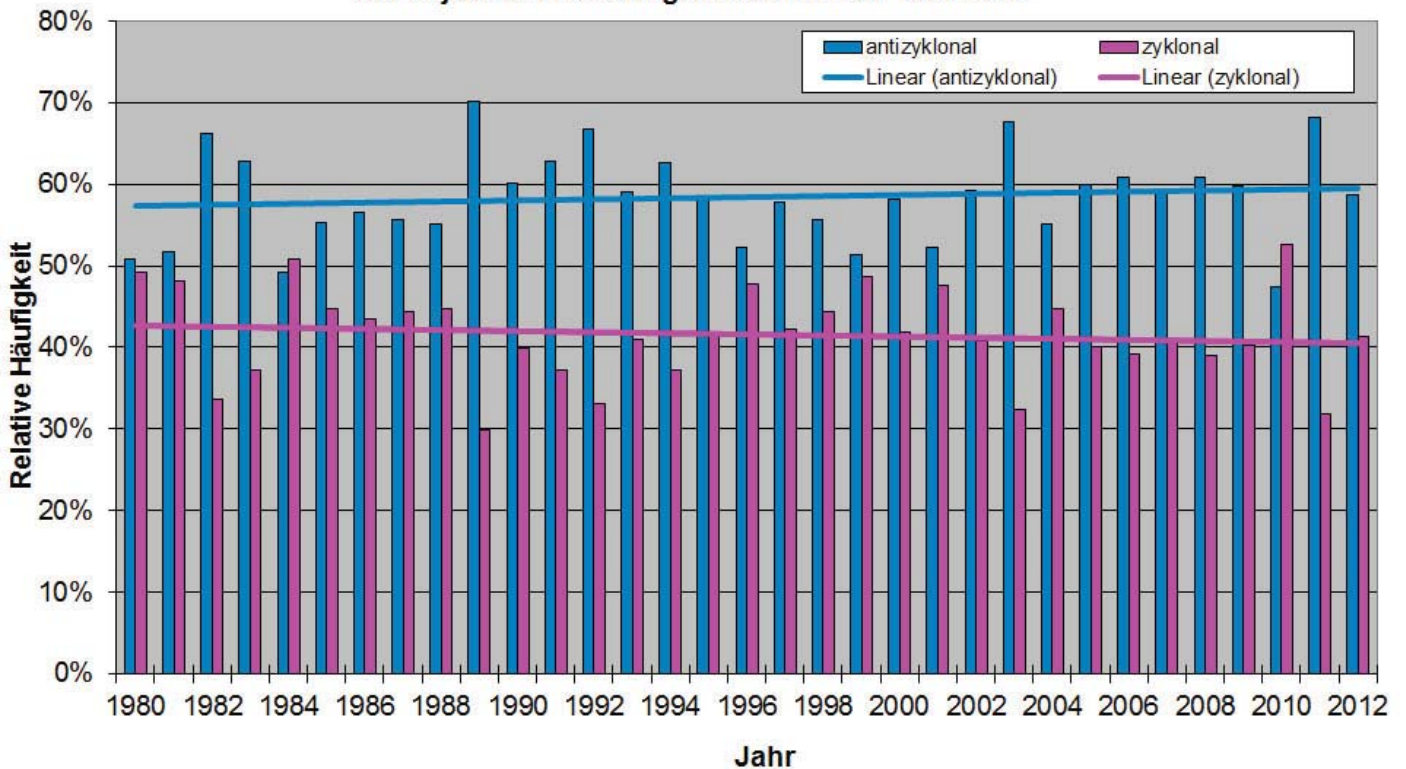


Abb. 6: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 500 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

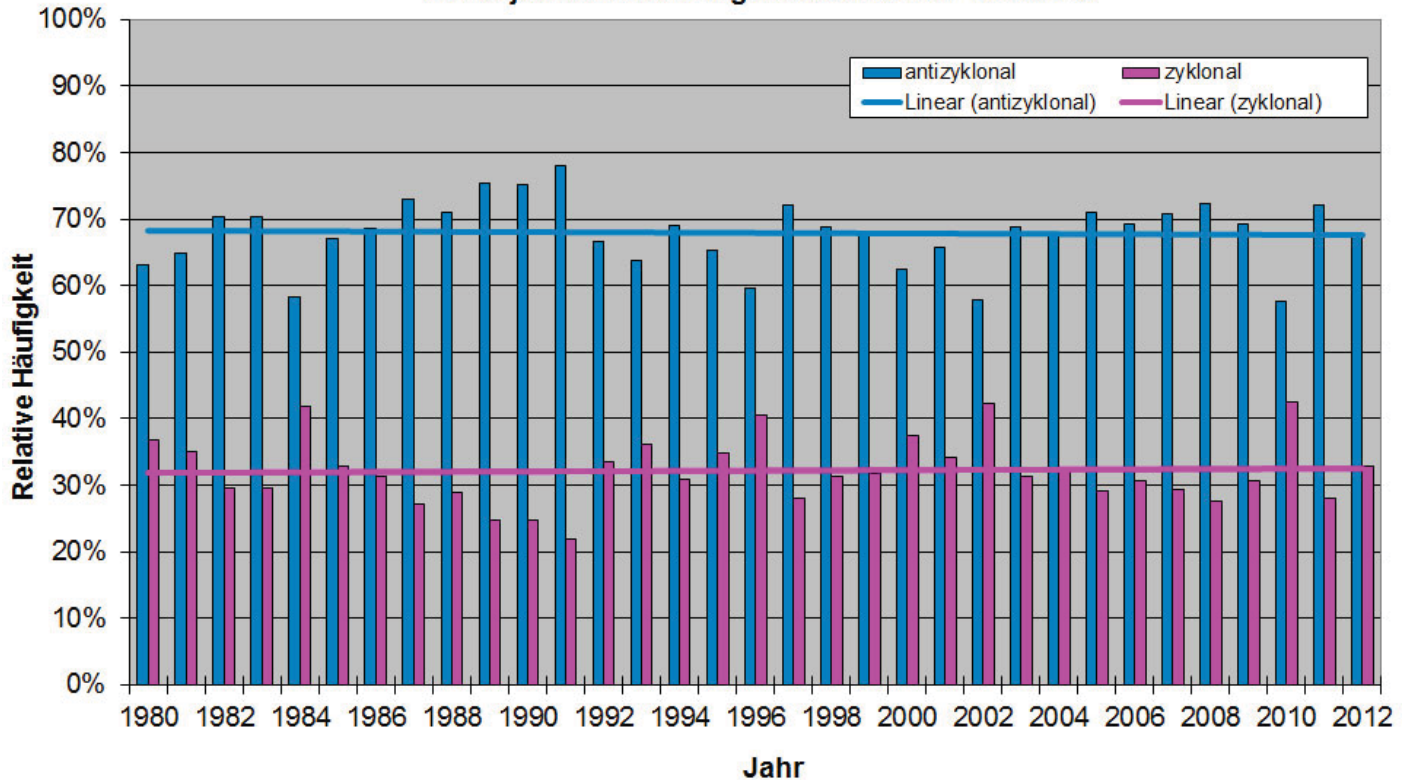


Abb. 7: Langzeittrends der Häufigkeit der Zyklonalität in 950 hPa der objektiven Wetterlagenklassifikation 1980-2012

Die agrarmeteorologische Situation im Jahr 2012

F.-J. Löpmeier, S. Pietzsch

Übersicht über den Verlauf des Jahres

Das Jahr startete mild und nass mit frühzeitigen Wachstumsregungen in der Natur. Erst Ende Januar folgten Dauerfrost und Vegetationsruhe, die bis Mitte Februar anhielten. Der insgesamt warme, sonnenscheinreiche und deutlich zu trockene Frühling endete mit niedrigen Bodenfeuchten und gebietsweise Trockenstress bei den Winterkulturen. Daraufhin folgte ein wechselhafter Sommer, der warm und trocken endete und letztendlich noch für gute Erntebedingungen sorgte. Begleitet von einem Wechsel spätsommerlicher Phasen und markanten Kaltlufteinbrüchen fiel der Herbst insgesamt recht durchschnittlich aus. Die notwendigen Ernte- und Feldarbeiten verliefen weitgehend problemlos und zum Ende der Jahreszeit gingen die Pflanzen in Winterruhe, die durch extrem mildes und feuchtes Weihnachtswetter wieder unterbrochen wurde (Abb. 1).

Wasserbilanz für Deutschland 01.01. bis 31.12.2012

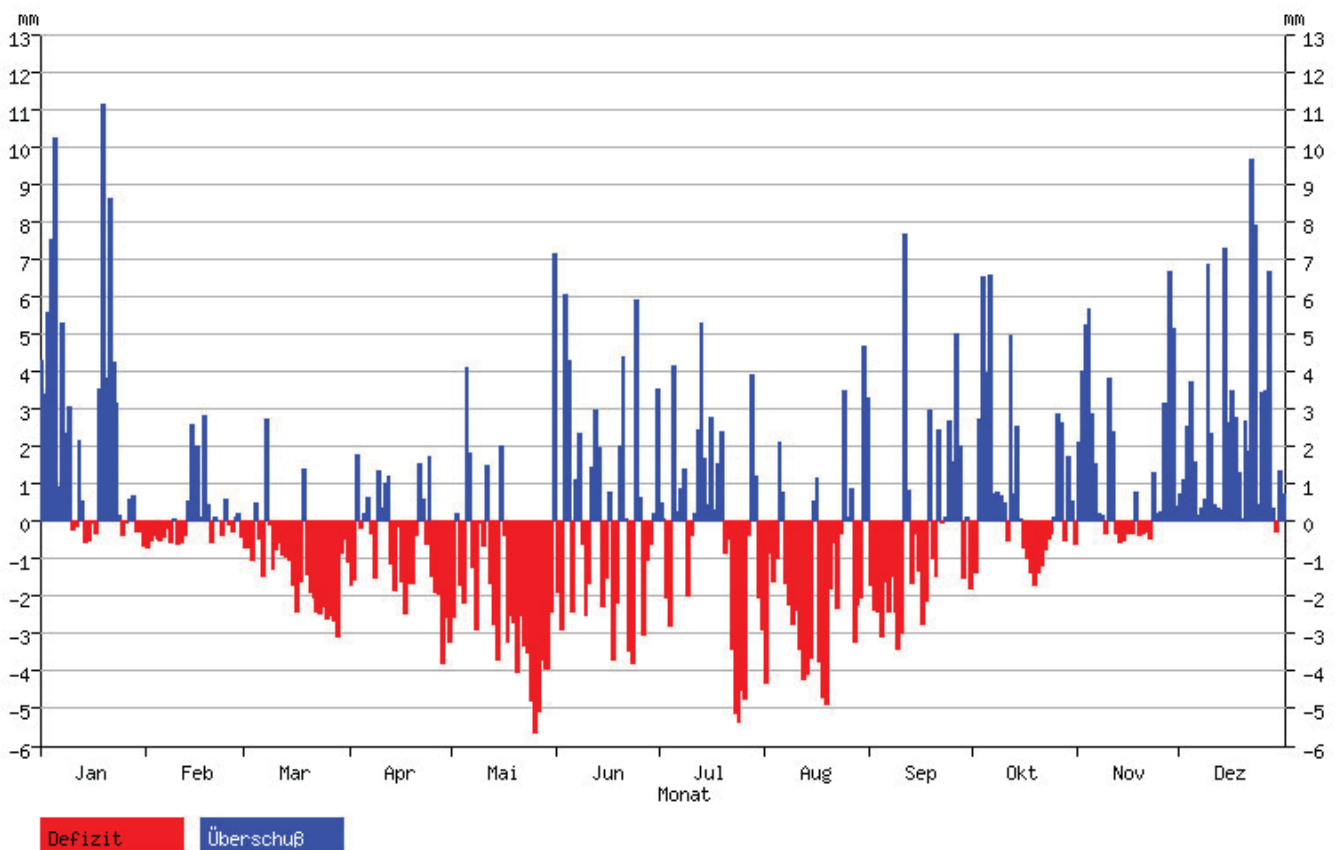


Abb. 1: Wasserbilanz in Deutschland im Jahresverlauf 2012

Der **Januar** begann mit einer milden und nassen Witterung, die bereits Ende des Vormonats eingesetzt hatte. Die Winterkulturen entwickelten sich langsam weiter und örtlich wurden Pilzinfektionen beobachtet. Vielerorts begannen Hasel und Schneeglöckchen zu blühen (Abb. 2, links oben). Erst Mitte des Monats wurde es kühler und der Januar endete mit starkem Frost, der unbewachsene Böden gebietsweise bis in eine Tiefe von 25 cm gefrieren ließ. Die Vegetationsruhe war wiederhergestellt.

Der Dauerfrost hielt noch bis Mitte **Februar** an. Dort wo kein Schnee lag herrschten strenge Kahlfröste mit Frosteintrittstiefen von bis zu 80 cm. In Abb. 3 sind die Tiefsttemperaturen am Boden und in 5 cm Tiefe dargestellt, die Anfang des Monats (07.02.) verbreitet unter -10°C lagen. Die Blätter des Wintergetreides sind vielerorts erfroren und in der Bodenkreme der vorab wassergesättigten Böden kam es teilweise zu starken Frosthebungen, die den Wurzelapparat schädigen können. In der deutlich milderen letzten Dekade des Monats blühten verbreitet die Schneeglöckchen (Abb. 2, links oben). Phänologisch betrachtet befand sich die Natur somit im Vorfrühling.

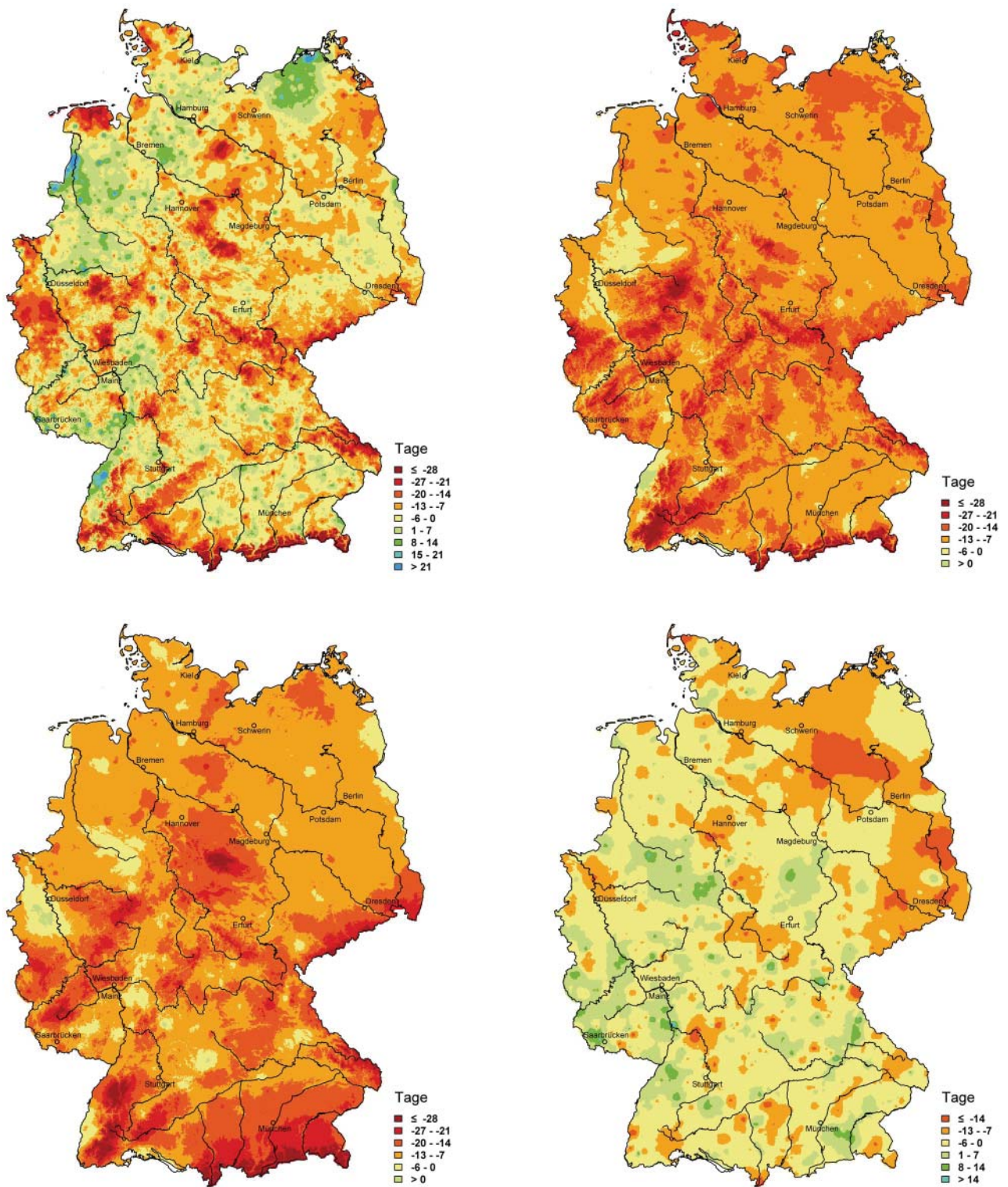


Abb. 2: Abweichung der Schneeglöckchen- (oben links) und Apfelblüte (oben rechts) vom vieljährigen Mittel
 Abweichung der Eintrittsdaten für das Ährenschieben vom Winterroggen (unten links) und der Fruchtreife
 der Rosskastanie (unten rechts) vom vieljährigen Mittel

Tiefsttemperatur am Boden 06. 18 UTC bis 07. 6 UTC Minimum der ber. Bodentemperatur 5cm am 07.

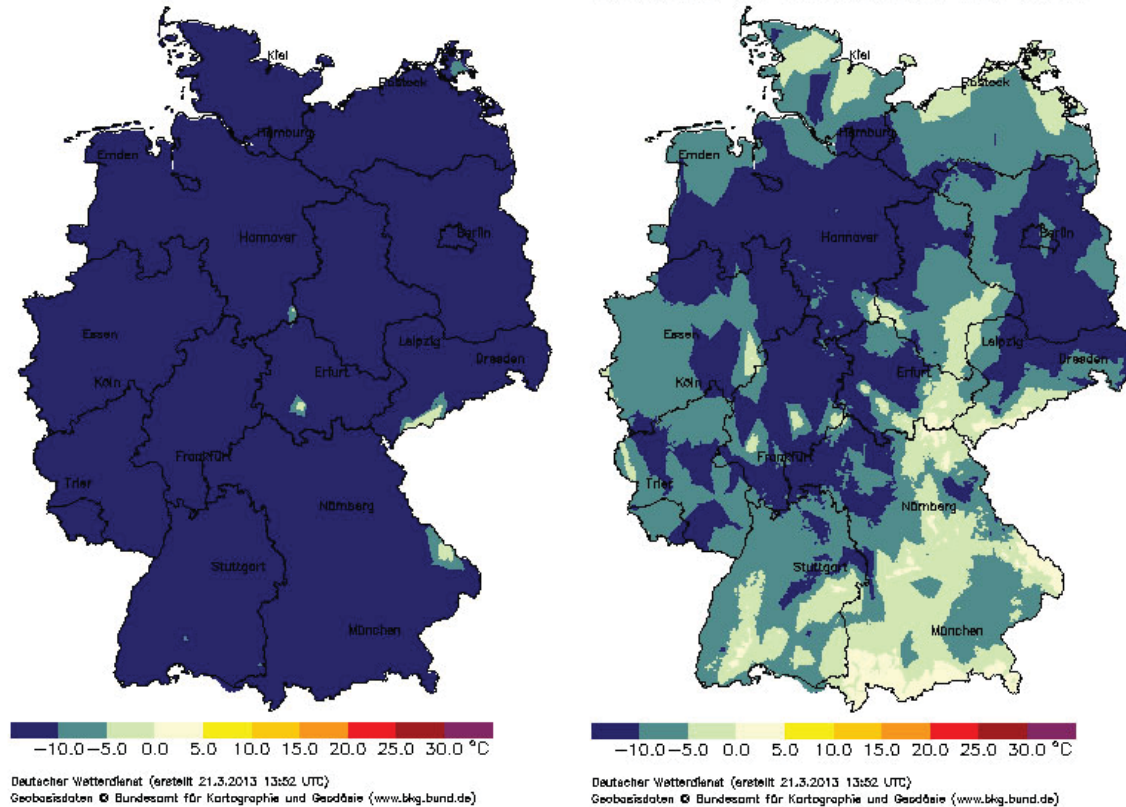


Abb. 3: Tiefsttemperatur am Boden (unter Gras) und in 5 cm Tiefe am 07.02.2012

Der **März** gestaltete sich, ähnlich wie im Vorjahr, warm, trocken und sonnenscheinreich. Die Böden auf den Feldern waren gut befahrbar und die Frühjahrsbestellung konnte problemlos vonstatten gehen. Die anhaltende trockene Witterung führte allerdings in den oberen Bodenschichten gebietsweise zu sinkenden Bodenfeuchten auf weniger als 50 %nFK. Auch stieg mit der Trockenheit die Waldbrandgefahr und vereinzelt traten Wald- und Grasflächenbrände auf. Eine weitere negative Auswirkung der milden Witterung war der Zuflug von Rapsschädlingen. Mit Beginn der Vegetationsperiode wurden, vor allem in Regionen, die während der Frostperiode Anfang Februar schneefrei waren und unter strengen Kahlfrösten litten, teils erhebliche Auswinterungsschäden bei Wintertraps und -weizen festgestellt.

Insgesamt recht durchschnittlich zeigte sich der **April**. Die anfangs eher kühle und wechselhafte Witterung wurde zum Monatsende von einem sommerlichen Warmluftvorstoß abgelöst. Vereinzelt mussten die ersten Beregnungsanlagen in Betrieb genommen werden, um den sinkenden Bodenfeuchten entgegenzuwirken. Besonders im Osten des Landes litten die Kulturen unter verstärktem Trockenstress und es kam zu Auflaufverzögerungen bei Kartoffeln und Zuckerrüben. Außerdem wurden dort die höchsten Waldbrandgefahrenstufen gemeldet. Auswinterungsschäden blieben weiterhin ein Thema - einige Betriebe mussten große Flächen umbrechen und neu mit Sommerkulturen bestellen.

Warm, sonnig und zu trocken war der **Mai**. Nach einer wechselhaften Witterung, durchsetzt mit teils heftigen Gewittern, sowie pünktlich auftretenden Eisheiligen, herrschte im letzten Monatsdrittel Hochdruckeinfluss. Dies bedeutete verbreitet ideales Heu- und Silagewetter. Allerdings trockneten die Böden immer weiter aus. Gebietsweise kam es auf leichten Böden, die nicht beregnet wurden, zu ersten Trockenschäden bei den Winterkulturen.

Regionale heftige Schauer und Gewitter konnten diesen Trend kaum bremsen, da bei solchen punktuellen Wolkenbrüchen ein Großteil des Wassers einfach oberirdisch abfließt und nicht vom Boden aufgenommen werden kann. Die Bodenfeuchten sanken besonders in der letzten Maidekade, bei trockener warmer Witterung, drastisch weiter und lagen zum Monatsende deutlich unter dem Mittelwert (Abb. 4).

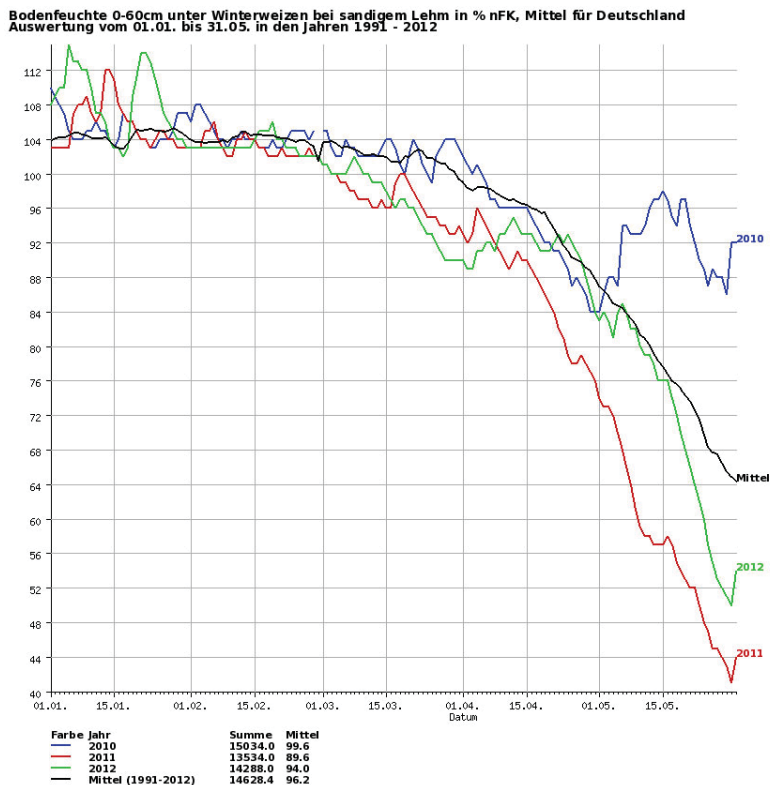
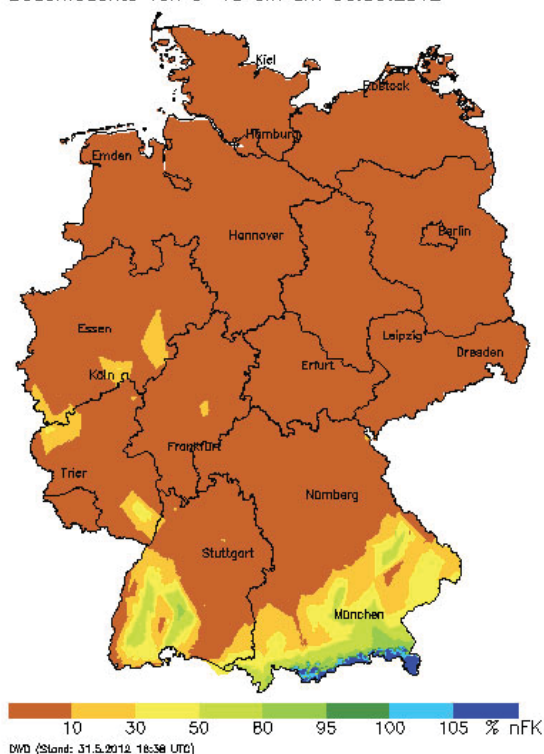


Abb. 4: Bodenfeuchte in Deutschland Januar bis Mai 2012

Während die Bodenschichten ab einer Tiefe von 30 cm noch ausreichend mit Wasser versorgt waren, traten in den darüber liegenden Schichten nahezu flächendeckend kritische Werte von weniger als 50 %nFK auf. In den obersten 10 cm waren es verbreitet nicht einmal 10 %nFK (Abb. 5).

Bodenfeuchte von 0–10 cm am 30.05.2012



Bodenfeuchte von 0–30 cm am 30.05.2012

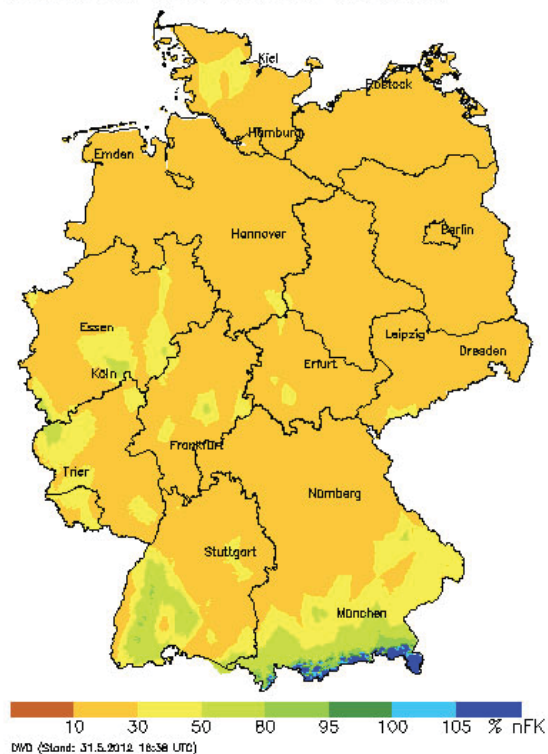


Abb. 5: Bodenfeuchte in Deutschland am 30.05.2012

Die Wald- und Graslandbrandgefahr erreichte vor allem in den östlichen Bundesländern die höchsten Stufen (Abb. 6).

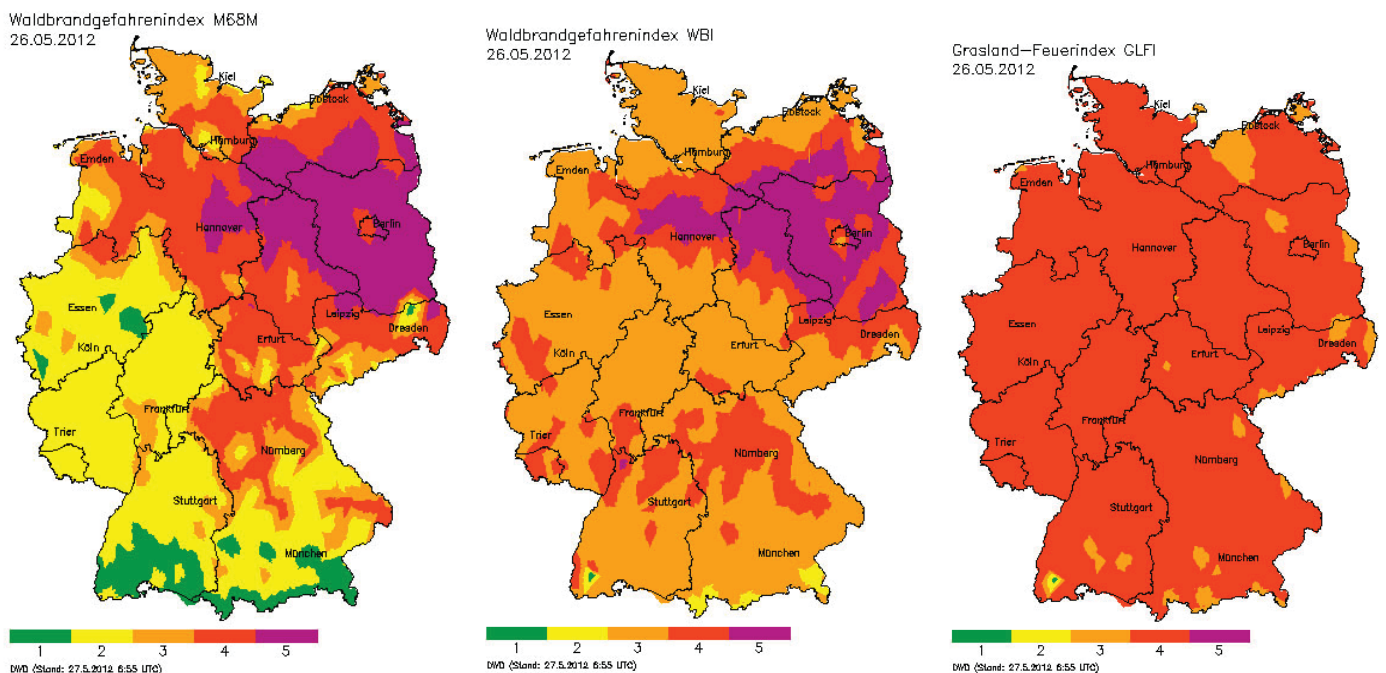


Abb. 6: Waldbrandgefahrenindizes M68 und WBI und Grasland-Feuerindex GLFI am 26.05.2012

Mit dem Beginn des meteorologischen Sommers, fand die vorangegangene Trockenheit ein Ende. Der **Juni** zeigte sich trüb, etwas zu feucht und unbeständig. Die damit verbesserte Bodenfeuchtesituation kam Wintergetreide, Winterrapsp, Mais und Hackfrüchten zugute. Allerdings führte die feuchte Witterung auch zu einer Erhöhung des pilzlichen Infektionsdrucks und trockene Zeitfenster mussten zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln genutzt werden. Für Silage- und Heuschnitte waren die sonnigen Abschnitte vielerorts zu kurz. Da der Niederschlag teilweise in Form heftiger Schauer und in Verbindung mit Gewittern fiel, kam es gebietsweise zu Lagererscheinungen beim Getreide und zu Bodenerosionen.

Die unbeständige und überdurchschnittlich feuchte Witterung setzte sich im **Juli** fort. Auch der zweite Sommermonat wurde von einer Vielzahl heftiger Gewitter begleitet. Der Niederschlagsreichtum begünstigte weiterhin das Wachstum von Hackfrüchten und Mais, bei gleichzeitig anhaltendem pilzlichen Infektionsdruck. Pflanzenschutzmaßnahmen blieben ein Thema. Erst die letzte Monatdekade zeigte sich trocken mit stark ansteigenden Temperaturen und wurde verstärkt zur Getreideernte und Heuwerbung genutzt.

Der **August** glänzte mit vorwiegend warmem, recht trockenem und sonnenscheinreichem Sommerwetter. Die Getreide- und Rapsernte konnte weitgehend problemlos vonstatten gehen. Ebenso wurde die trockene Witterung vielerorts erneut für die Heuwerbung genutzt. Während anfangs regional noch mit schlechter Bodenbefahrbarkeit gekämpft werden musste, trockneten die Böden zur Monatsmitte hin verstärkt aus und vereinzelte Kulturen gerieten unter Trockenstress. In den letzten Augusttagen entspannte sich die Situation allmählich wieder und vor allem im Süden endete der Sommer sehr nass (Abb. 7) mit anhaltendem Infektionsdruck durch Pilzkrankheiten. Den Zuckerrüben kam die Witterung zugute und sie konnten sich optimal entwickeln.

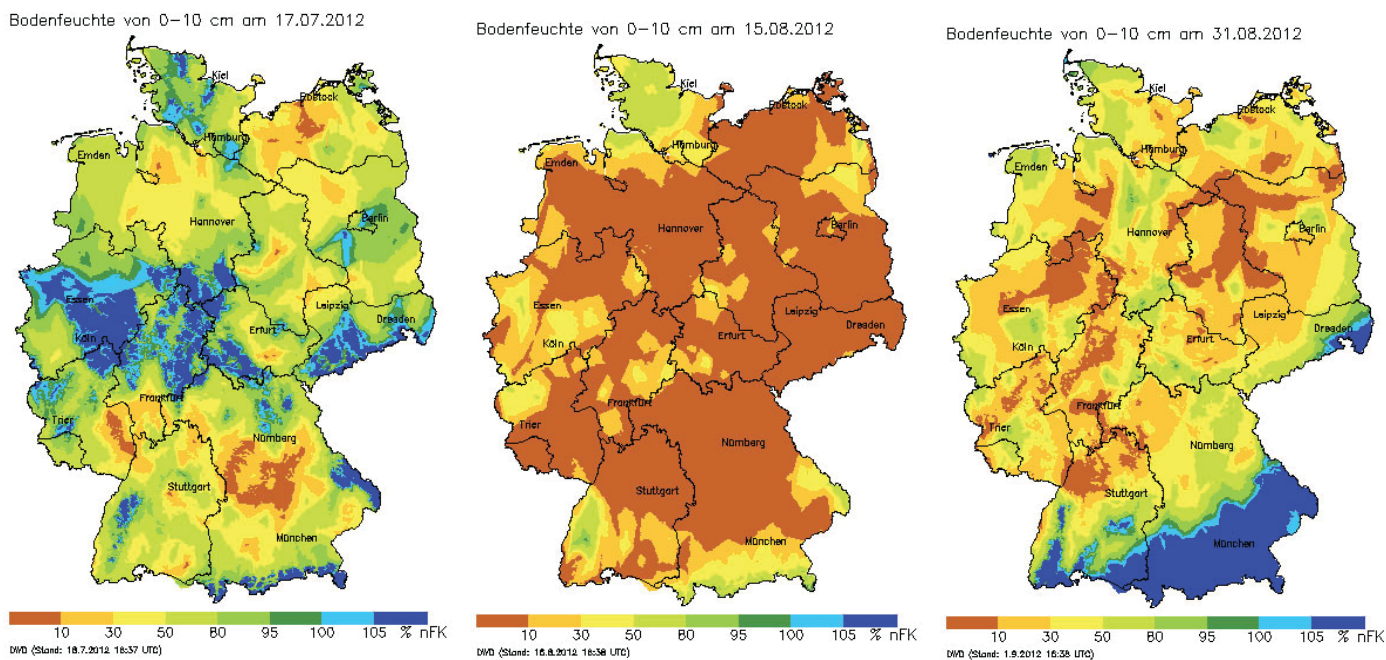


Abb. 7: Bodenfeuchte (%nFK) in 0-10 cm in Deutschland Mitte Juli, Mitte und Ende August 2012

Der **September** zeigte sich in seiner ersten Dekade mit schönstem Altweibersommerwetter, wonach es herbstlich abkühlte und eine wechselhafte Witterung den Rest des Monats bestimmte. Damit einhergehend wurde die Bodenbefahrbarkeit gebietsweise durch Niederschläge eingeschränkt. Insgesamt waren die Bedingungen für anstehende Feldarbeiten aber gut, so dass Zuckerrüben und Kartoffeln gerodet und Wintergetreide gesät werden konnten. Die Silomaiserte startete und bei frühen Trauben konnte mit der Weinlese begonnen werden.

Auch im **Oktober** zeigte sich ein ausgeprägter Wechsel von spätsommerlichen Temperaturen ab der Monatsmitte, die gegen Ende des Monats von einem markanten Kaltlufteinbruch abgelöst wurden. Die Zuckerrüben- und Maiserte konnte jedoch meist problemlos vonstatten gehen und die Weinlese wurde weitgehend abgeschlossen. Regional bedingten die warmen Phasen den Einsatz von Wachstumsregulatoren beim Winterraps.

Im **November** wurden Feldarbeiten, wie die Zuckerrübenerte fortgesetzt und letzte Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt. Vor Inkrafttreten der Sperrfrist brachte man noch Gülle aus. Der insgesamt etwas zu trockene und milde Monat endete mit einer Abkühlung, die dazu führte, dass die Pflanzen ihre Winterruhe antreten konnten.

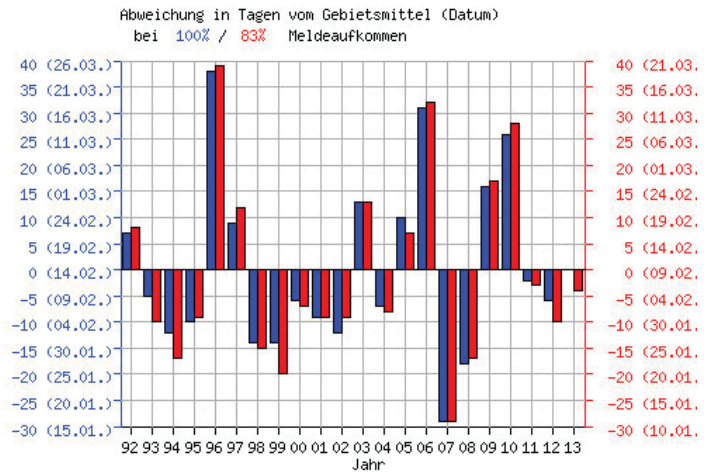
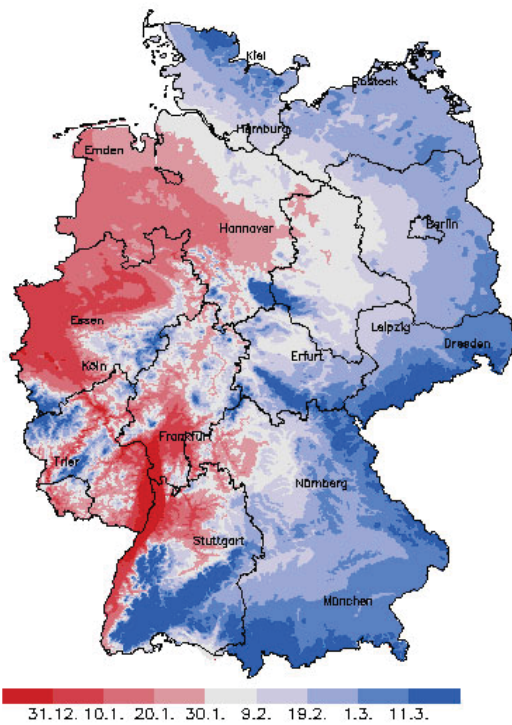
Der meteorologische Winter startete mit einem anfangs kalten **Dezember**. Reichliche Niederschläge führten zunächst zu einer verbreiteten Bildung von Schneedecken, die die Winterkulturen schützten. In Norddeutschland wurde die Zuckerrübenkampagne fortgesetzt und in einigen Weinanbaugebieten gelang es lokal den ersten Eiswein zu lesen. Zur Monatsmitte hin setzte eine extrem milde Witterung ein, die an Weihnachten frühlingshafte Temperaturen mit sich brachte. Das damit einhergehende Tauwetter und die anhaltenden Niederschläge sorgten dafür, dass sich verbreitet die Bodenwasservorräte auffüllten. Die milden Temperaturen unterbrachen die Vegetationsruhe der Winterkulturen und die ersten Haselblüten wurden gemeldet (Abb. 8).

Bodenfeuchte und Mikroklima

Schlagzeile:

Das Jahr 2012 war landwirtschaftlich geprägt durch extreme Fröste bei geringer Schneedecke im Februar und anschließenden Wechselfrösten sowie in den letzten Jahren häufig durch eine extreme Frühjahrstrockenheit (Abb. 9).

Hasel: Blühbeginn (2013)



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

Abb. 8: Blühbeginn der Hasel im Winter 2012/2013

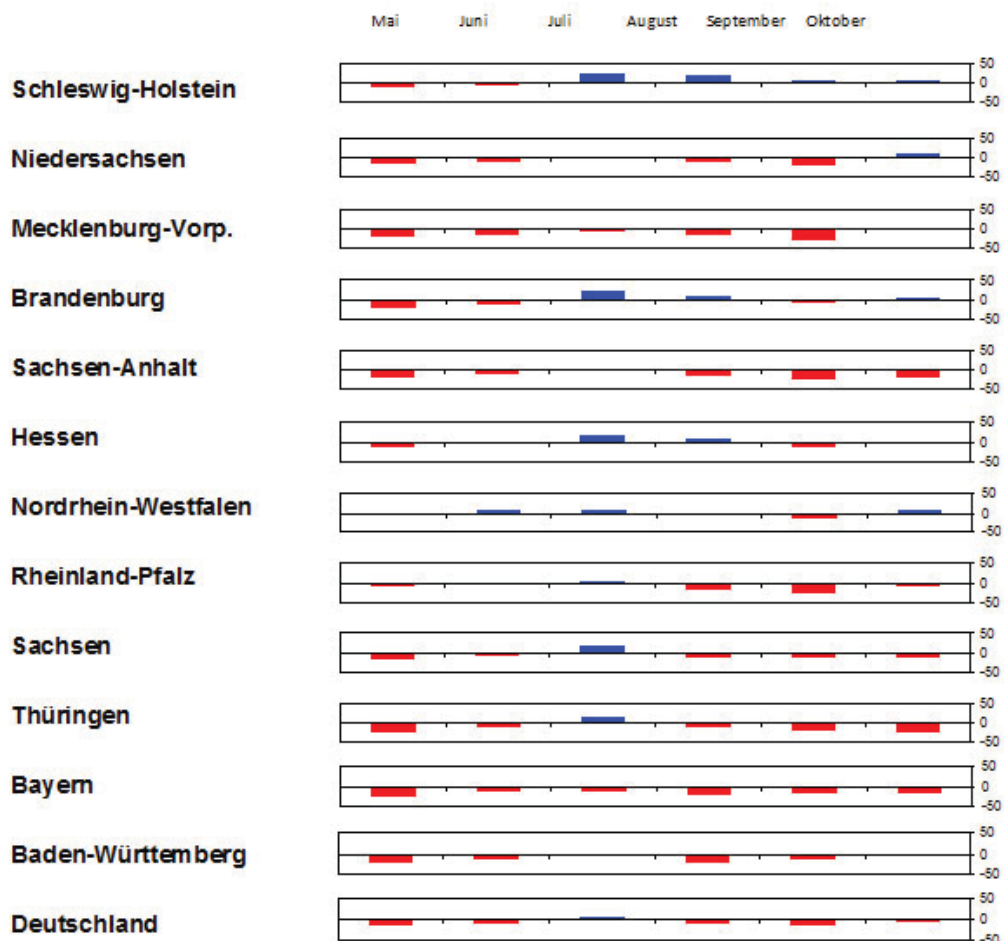


Abb. 9: Monatliche Abweichungen der Bodenfeuchte von Wintergetreide auf leichten Standorten (%FK) im Jahr 2012 vom langjährigen Mittelwert 1962- 006 (rot = zu trocken, blau = zu feucht)

Die Kombination aus starken Frösten und den anschließenden Wechselfrösten führte zu zahlreichen Umbrüchen, wobei aufgrund mangelnden Saatguts für Sommergerste häufig auf Maisanbau umgeplant wurde.

Die Bodenfeuchtesituation während der Vegetationszeit 2012

Insgesamt zeigt die Abb. 9 für das gesamte Jahr z.T. deutliche negative Abweichungen bei der Bodenfeuchte. Diese Situation wurde ausgelöst durch das extrem trockene Frühjahr. Als zu feucht im Vergleich zum langjährigen Mittelwert erwies sich in vielen Regionen nur der Juli.

Mikroklima 2012

Mikroklimatisch markant waren die Wintermonate Januar und Februar (Tab. 1). Während der Januar mit extrem milden Temperaturen in Bodennähe zu positiven Abweichungen von z.T. mehr als 4 K führte, drehten sich die Bedingungen im Februar mit negativen Abweichungen von -4 K exakt um. Verbunden mit häufig fehlender Schneebedeckung waren Erfrierungen des Wintergetreides.

Der März, April, Mai und August zeigten wieder deutlich positive Abweichungen.

Besondere Situation

Als agrarmeteorologische Besonderheit 2012 ist, wie allerdings schon in den Vorjahren, die extreme Frühjahrstrockenheit zu nennen. Die Abb. 10 zeigt die räumliche Verteilung der Bodenfeuchte für einen leichten Boden mit Wintergetreide. Man erkennt, dass in großen Teilen Deutschlands neue negative Extreme seit dem Zeitraum 1962 auftreten.

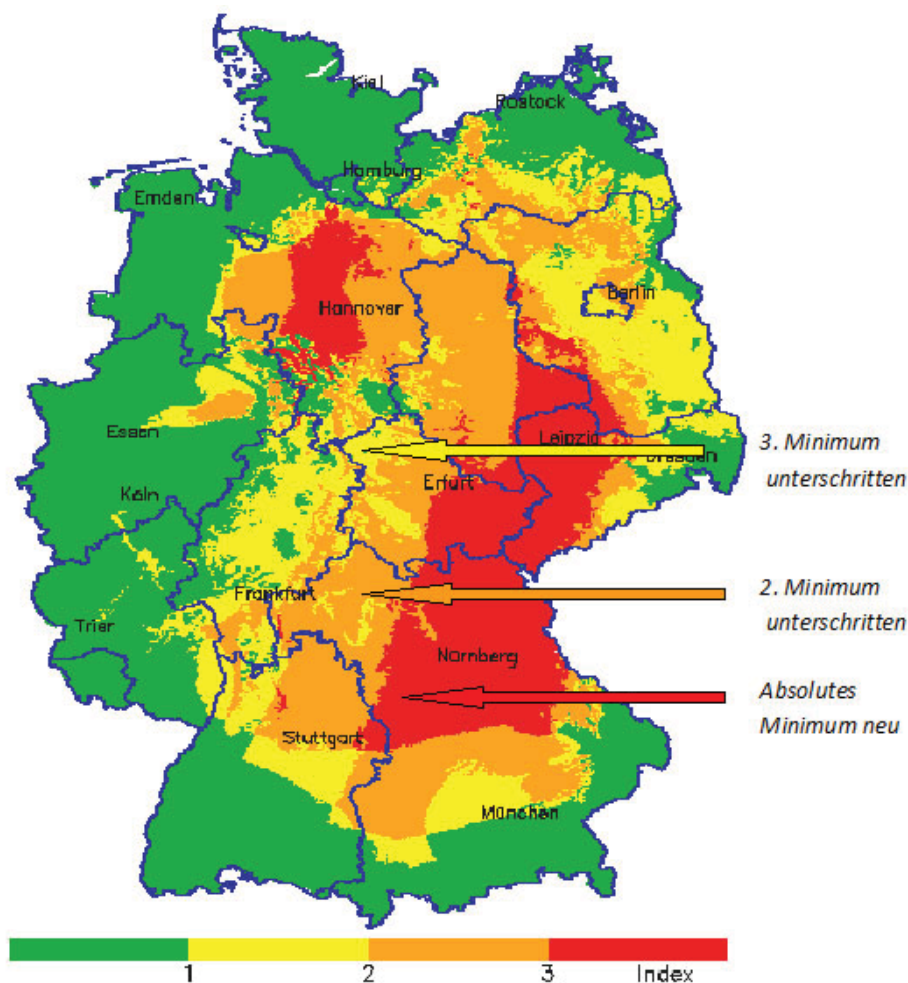


Abb. 10: Extreme Minimumwerte für die Bodenfeuchte eines Winterweizenbestandes auf leichten Böden seit 1962, Stand: 30.05.2012

Abweichungen vom langjährigen Mittel für das Jahr 2012

	Januar		Februar		März			April			Mai			Juni						
	A	B	A	B	A	B	C	E	A	B	C	D	A	B	C	D				
	Juli		August		September			Oktober			November			Dezember						
	A	B	C	F	A	B	C	F	A	B	C	E	A	B	C	E				
Schleswig-Holstein	-0,2	-0,2	93,5	2,5	0,8	0,5	101,8	-0,2	-0,1	0,2	92,4	2,3	0,0	0,2	89,3	2,7	1,0	1,2	-0,3	-2,0
Niedersachsen	0,1	-0,4	99,5	1,3	1,3	0,6	111,6	-1,6	0,1	-0,4	104,8	-4,6	-0,2	-0,2	97,0	4,3	0,8	0,7	0,3	0,5
Mecklenburg-Vorp.	0,0	-0,1	93,7	1,5	0,7	0,2	100,6	-0,1	0,3	0,0	107,8	-7,1	0,0	-0,3	101,0	7,6	0,9	1,1	-0,6	-2,0
Brandenburg	0,3	0,6	90,5	3,0	1,1	0,6	101,3	-0,8	1,1	0,2	112,4	-3,9	0,1	-0,6	98,5	4,2	1,0	1,1	-0,3	-1,1
Sachsen-Anhalt	0,5	0,6	96,3	2,5	1,5	0,8	109,9	-1,9	1,0	-0,1	120,1	-23,4	0,1	-0,6	102,5	-2,6	0,9	1,0	-0,2	-0,3
Hessen	-0,2	-0,3	95,8	2,4	1,7	0,6	117,1	-3,0	0,2	-1,3	114,4	-12,5	-0,5	-1,5	104,0	5,3	0,8	1,1	1,0	1,0
Nordrhein-Westfalen	-0,3	-0,5	95,7	2,0	1,7	0,9	121,2	-3,1	-0,3	-1,3	104,2	-12,8	-0,3	-0,7	98,3	5,2	0,7	0,6	1,0	1,3
Rheinland-Pfalz	-0,3	-0,1	96,8	0,4	2,0	1,0	118,5	-4,0	0,4	-0,7	115,3	-15,0	-0,1	-0,8	109,1	7,1	1,1	1,4	1,4	1,3
Sachsen	0,8	0,7	99,4	1,3	1,8	0,8	114,6	-3,1	1,1	-0,4	119,9	-1,8	-0,1	-1,2	102,9	-6,1	1,1	1,2	0,6	-0,3
Thüringen	0,2	0,4	98,1	2,4	1,6	1,1	118,4	-3,1	0,7	-0,4	121,3	-6,5	-0,3	-1,1	107,8	-1,1	0,9	1,2	0,6	0,8
Bayern	0,1	0,6	95,7	0,4	1,6	0,7	117,6	-2,8	0,6	-0,7	111,6	-1,1	-0,2	-0,7	98,5	4,1	1,2	1,9	0,9	1,0
Baden-Württemberg	-0,1	0,1	95,9	0,6	1,9	0,7	117,0	-2,8	0,5	-0,9	109,3	1,6	-0,1	-1,2	95,4	6,3	1,4	1,6	1,1	0,7
Gesamt BRD	0,0	0,1	95,7	1,4	1,5	0,7	112,7	-2,2	0,4	-0,5	109,6	-5,1	-0,1	-0,7	99,1	4,0	1,0	1,3	0,5	0,2

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

Tab. 1: Charakteristische agrarmeteorologische Kenngrößen für das Jahr 2012. Die Tabelle enthält die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (1962-2006) im Jahr 2012 für die Parameter Bodentemperatur, Minimumtemperatur in Bodennähe, Penman-Verdunstung und Benetzungszeit. Die rot dargestellten Werte stellen zu warme, bzw. Zeiten mit hoher Verdunstung und geringer Blattbenetzung, die blauen Werte zu niedrige Temperaturen, hohe Blattbenetzung und geringe Verdunstung dar.

Das Weinjahr 2012

H.-H. Schmitt

Kälteperioden und Hitzewellen - Wetter-Rückblick

Das Wetter im Jahr 2012 brachte einige überraschende Wetterwendungen – angefangen von einem späten Winter einbruch im Februar über einen feuchten Frühsommer bis hin zu einem trocken-warmen Spätsommer, dem letztlich die herausragende Qualität des Jahrgangs 2012 zu verdanken ist. Ein früher Wintereinbruch hätte beinahe für frühe Eisweine gesorgt. Wermutstropfen in dieser Entwicklung: Ungünstiges Blütewetter sorgte für eine schlechte Befruchtung und damit vergleichsweise geringe Erträge.

Den Verlauf des Jahres 2012 hinsichtlich der Mitteltemperaturen im Vergleich zu den letzten 30 Jahren, der Verteilung der Niederschläge und die Termine für Austrieb, Blüte, Reife und Lese zeigt Abb. 1.

Später Winter

Der Winter 2011/12 begann ungewöhnlich mild – Dezember und Januar waren eher frühlingshaft. Schon Anfang Januar regte sich die Natur, die Hasel als erster Frühlingsbote stäubte in Geisenheim schon am 4. Januar. Die Reben brauchen indessen höhere Temperaturen, um aus dem Winterschlaf zu erwachen. Als es dann im Februar doch noch knackig-kalt wurde, machte das den Reben demzufolge auch nichts aus, zumal die Abkühlung relativ langsam kam. Die Rheingauer Reben überstanden die Frostperiode unbeschadet. Trotz der kalten Phase im Februar war der meteorologische Winter (er umfasst die Monate Dezember, Januar und Februar) insgesamt deutlich zu mild und viel zu nass.

Verspäteter Austrieb

Der März wurde dann wieder zu mild, die Natur erwachte aus der Kältestarre. Der Müller-Thurgau blutete am 11. März, der Riesling am 17. März – beide Werte lagen im Bereich der vieljährigen Durchschnittswerte. Der unmittelbar bevorstehende Austrieb der Reben wurde dann aber durch einen neuerlichen Kälterückfall in der zweiten Aprilhälfte ausgebremst: Erst am 29. April wurde der Riesling-Austrieb im Referenzweiberg des Weinbauamts Eltville registriert. Das war der späteste Termin der letzten zehn Jahre!

Ein sehr warmes April-Ende und ein insgesamt zu warmer Mai (in beiden Monaten gab es schon Tage mit Temperaturen knapp über 30°C) lösten in der Folgezeit aber wieder einen Entwicklungsschub aus. Ergebnis war ein relativ früher Riesling-Blühbeginn am 6. Juni, was eine gute Woche früher als im Durchschnitt der letzten 30 Jahre war.

Meteorologisch bemerkenswert: Alle drei Frühjahrsmonate waren trockener, als es der Norm entspricht. Bis Ende Mai war für das Gesamtjahr schon ein Niederschlagsdefizit von gut 40 Liter aufgelaufen, und das trotz des nassen Jahresstarts! Schon machte sich in den noch flach wurzelnden Junganlagen Wassermangel bemerkbar.

Verrieselte Blüte

In die Euphorie über einen frühen Start der Reifeentwicklung kam dann die kalte Dusche in Form von wechselhaftem und kühlem Blütewetter. Die erste Junihälfte fiel wenig sommerlich aus – deutlich zu kühl und viel zu nass. Ergebnis war eine unzureichende Befruchtung, wovon der früher blühende Spätburgunder noch stärker betroffen war als der Riesling, weil er voll in die Schlechtwetterperiode kam. Die Rieslingblüte zog sich etwas länger hin, konnte im Endeffekt aber noch mit einem halbwegs zufrieden stellenden Blühergebnis aufwarten. Gleichwohl war durch die verrieselte Blüte schon die Hoffnung auf eine mengenmäßig große Ernte verflogen.

Das feuchte Wetter stellte die Winzer beim Pflanzenschutz vor Probleme, weil die Rebschutzmaßnahmen kaum einmal ungestört von Witterungseinflüssen durchgeführt werden konnten. Erst als es Ende Juli (Höchsttemperatur 35,1°C) und über weite Teile des Augusts (Höchstwert 37,4°C) hochsommerlich wurde, wendete sich das Blatt. In der entscheidenden Reifephase fanden die Trauben beste Bedingungen vor, die Rebenentwicklung nahm wieder Fahrt auf. Der Reifebeginn beim Riesling im Eltviller Sonnenberg lag mit dem 15. August fünf Tage früher als der Durchschnitt!

Günstiger Herbstverlauf

Die für die Winzer entscheidende Phase im Herbst entwickelte sich zunächst sehr günstig. Der September begann hochsommerlich mit Höchstwerten über 30°C und viel Sonnenschein, was die Oechslegrade rasch weiter steigen ließ. Dass es in der zweiten Monatshälfte wieder mehr Regen gab, konnte der Traubengesundheit kaum schaden. Denn gleichzeitig wurde es auch nachts frisch, so dass sich keine Fäulnis ausbreiten konnte. Gleichzeitig konservierten die niedrigen Nachttemperaturen die Säure in den Beeren, so dass sich die Trauben Anfang Oktober in nahezu perfektem Zustand präsentierten.

Die Lese beim Spätburgunder begann Ende September, beim Riesling Anfang Oktober, und damit weitgehend im Bereich der Norm. Das Besondere in diesem Jahr: Angesichts des guten Gesundheitszustands der Trauben konnte die Lese noch weiter hinausgezögert werden, mit dem Ergebnis, dass der physiologisch perfekte Lesetermin getroffen werden konnte. Fast hätte es zum guten Schluss noch eine extrem frühe Eisweinernte gegeben: In der Nacht zum 28. Oktober gab es Frost bis -5°C – das wäre dann aber auch des Guten zuviel gewesen. In jedem Fall darf man sich schon jetzt auf den 2012er freuen.

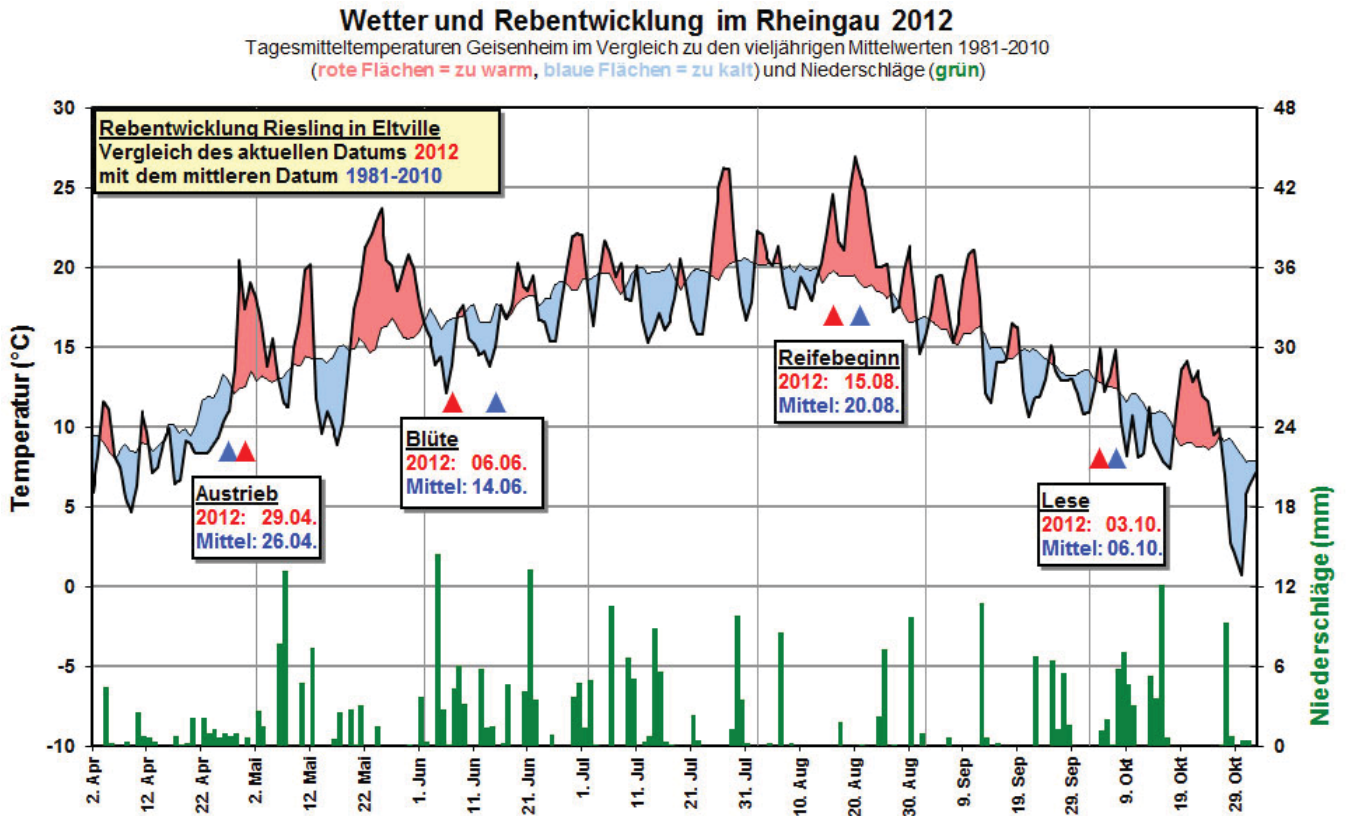


Abb. 1: Wetter und Rebenentwicklung im Rheingau 2012

Ergebnisse von Messungen in der freien Atmosphäre

K. Zimmermann, H. Nitsche

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

Jährlicher Gang des Höhenwindes

In Abb. 1 sind für Schleswig und Stuttgart (als repräsentative Stationen für Nord- und Süddeutschland) die Strömungsverhältnisse für das Jahr 2012 dargestellt.

Die Strömungsmuster von Schleswig und Stuttgart weisen wieder eine große Ähnlichkeit auf. Im Januar herrschte an beiden Stationen in der Troposphäre im Mittel die für diesen Monat typische Nordwestströmung vor. Im Februar drehte die Strömung mit der Höhe sowohl über Schleswig als auch über Stuttgart auf Nord. Damit prägte in dem Monat relativ trockene Kaltluft das Wettergeschehen in Deutschland. Während sich im März über Schleswig wieder eine Nordwestströmung ausbildete, blieb über Stuttgart die Nordströmung und damit die ausgeprägte Meridionalkomponente erhalten. Im April waren überwiegend Südwestlagen wetterbestimmend, was auch durch die mittlere Luftversetzung über Schleswig und Stuttgart verdeutlicht wird. Bei hochreichendem Hochdruckeinfluss im Mai schwächte sich die troposphärische Strömung ab und drehte in Schleswig bereits bodennah, über Stuttgart in den höheren Schichten auf West. Diese Westdrift blieb bis Oktober stabil. Im November sorgten viele Südwestlagen für eine entsprechende Ausrichtung der Anströmung. Im Dezember blieb für Schleswig und Stuttgart bodennah die Südkomponente in der Anströmrichtung erhalten. In den höheren Troposphärenschichten bildete sich dann die für die Wintermonate typische West- bis Nordwestströmung aus.

In der Stratosphäre dominierte von Januar bis März über beiden Stationen eine Nordwest- bis Nordströmung, die erst in den höheren Stratosphärenschichten auf West drehte. Im April bildete sich über Stuttgart, im Mai auch über Schleswig in der oberen Stratosphäre eine Ostströmung aus. Diese Ostwindzirkulation blieb bis Ende August stabil. Ab September herrschte über ganz Deutschland wieder eine stratosphärische Westströmung vor.

Station	Druckfläche (hPa)	Beginn (Tag)	Ende (Tag)	Dauer (Tage)
SCHLESWIG (WEWA)	20	118	246	129
	50	136*	228*	93*
GREIFSWALD (WEWA)	20	117	244	128
	50	137	228*	92*
BERGEN (BW)	20	117	246	130
	50	136	232*	97*
LINDENBERG (OBS)	20	116	249	134
	50	136	228*	93*
ESSEN-BREDENEY (AWST)	20	116	243	128
	50	136	223*	88*
MEININGEN (WEWA)	20	117	246	130
	50	137*	233*	97*
IDAR-OBERSTEIN (BW)	20	121	246	126
	50	136*	234*	99*
STUTTGART(SCHNAR.AWST)	20	118	246	129
	50	137*	233*	97*
KÜMMERSBRUCK (BW)	20	121	244	124
	50	134*	233*	100*
OBERSCHLEISSHEIM	20	120	244	125
	50	130*	235*	106*

Tab. 1: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre an 10 Radiosondenstationen für das Jahr 2012 (Datenbasis: Monatsmittelwerte und Tagesmittelwerte aus 2 bis 4 Windprofilen pro Tag, manuell korrigierte Werte sind mit * gekennzeichnet.)

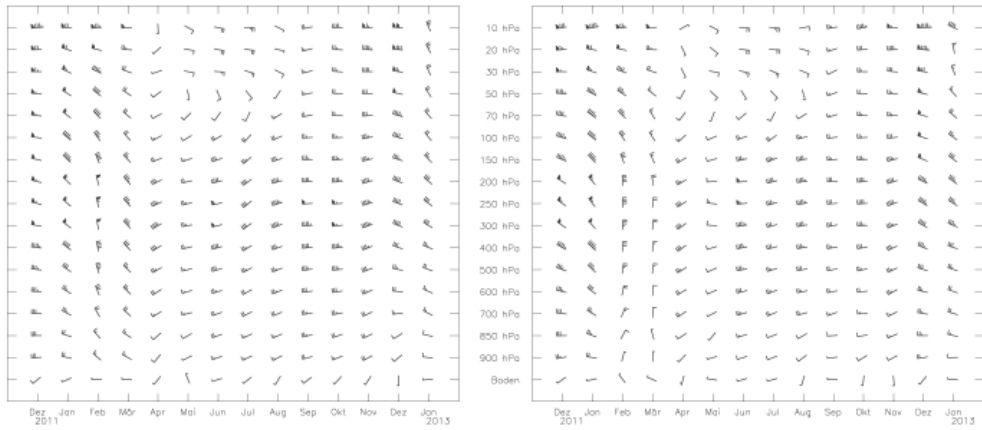
Jährlicher Gang des Höhenwindes nach monatlichen Mittelwerten

Schleswig

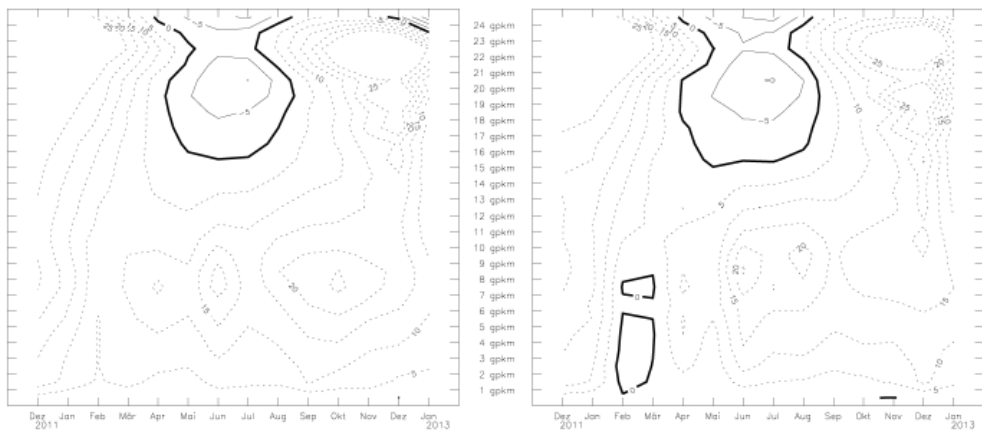
00 und 12 Uhr UTC

Stuttgart

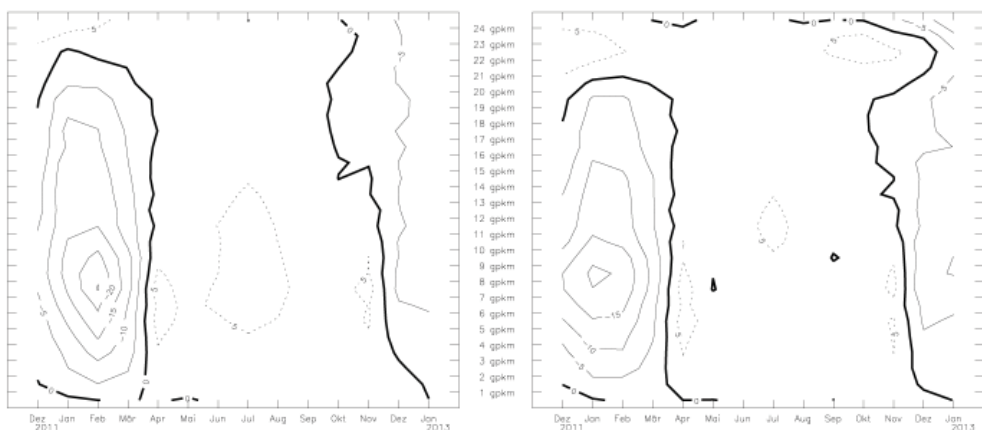
Mittlere Luftversetzung



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 2012

Sommerliche Ostwindperioden

In Tab. 1 sind Anfang und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre für die Druckflächen 20 hPa und 50 hPa für 10 Radiosondenstationen zusammengefasst. Ergänzend zeigt Abb. 2 die Folge der sommerlichen Ostwindperioden für drei Druckflächen über Stuttgart von 1988 bis 2012.

Die stratosphärische Ostwindzirkulation setzte in 20 hPa über allen Stationen in der letzten Aprildekade ein. Die Ostströmung blieb in der Höhe bis Ende August/Anfang September beständig.

In 30 hPa setzte die Ostzirkulation über Stuttgart, wie Abb. 2 zeigt, Ende April ein und blieb ebenso wie in 20 hPa bis Ende August stabil. Damit ist die Ostwindperiode 2012 etwas kürzer als im Vorjahr.

In 50 hPa begann die sommerliche Zirkulation an den 10 ausgewählten Radiosondenstationen zwischen dem 10. und 17. Mai und endete in der zweiten Augushälfte.

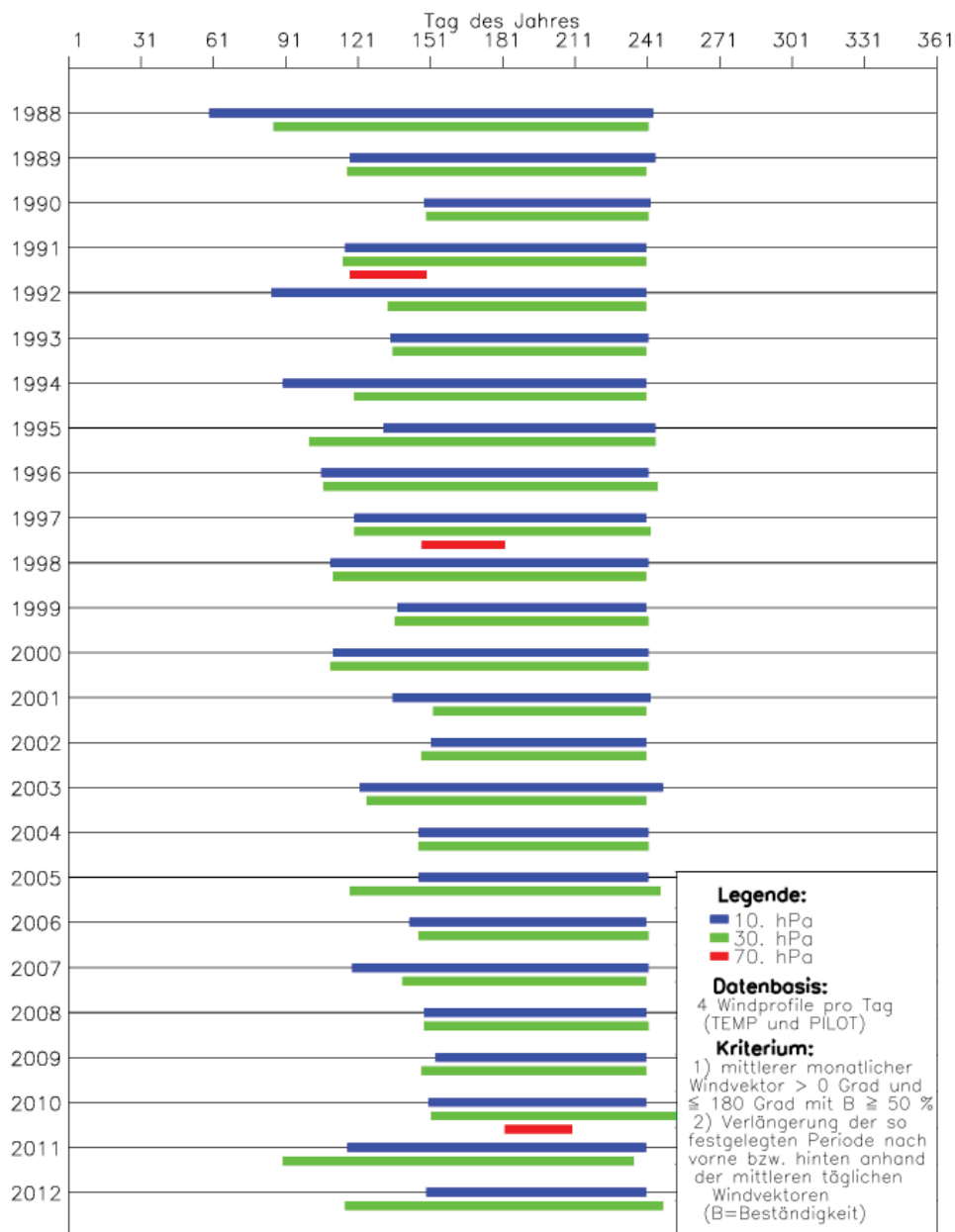


Abb. 2: Beginn und Ende der sommerlichen Ostwindzirkulation in der Stratosphäre, Stuttgart 1988-2012

Lufttemperatur

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur

Abb. 3 zeigt die Abweichungen der mittleren Lufttemperatur bis 2012 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 im Mittel über 7 Radiosondenstationen in 500 hPa und in 50 hPa seit 1972. Betrachtet werden die vier Jahreszeiten. Interessante Kurvenverläufe zeigen das Winter- und Frühjahrsdiagramm. Der Winter 2011/2012 war ab Mitte Januar geprägt von Kaltluftadvektion. Zunächst gelangte hochreichend Meereskaltluft nach Deutschland, die Ende Januar durch den Zustrom kontinentaler Kaltluft, bedingt durch ein sibirisches Kältehoch, abgelöst wurde. Da dieses Hochdruckgebiet, bis Mitte Februar stabil blieb, wurde der Winter in der mittleren Troposphäre deutlich zu kalt. Im März änderte sich die Großwetterlage und Warmluftadvektion sorgte für eine schnelle Erwärmung der unteren und mittleren Troposphäre. Die Stratosphäre war in allen Jahreszeiten zu kalt, wobei im Winter eine extreme negative Anomalie zu beobachten war.

Als Ergänzung zu diesen Betrachtungen zeigt Abb. 4 den Gang des vertikalen Temperaturgradienten 2012 für die Stationen Schleswig und Stuttgart. Sehr deutlich ist die Drängungszone der Linien mit gleichem Temperaturgradienten im Bereich der Tropopause zu erkennen. Unterhalb der Tropopause verhielt sich der Temperaturgradient an beiden Stationen jahreszeitengemäß.

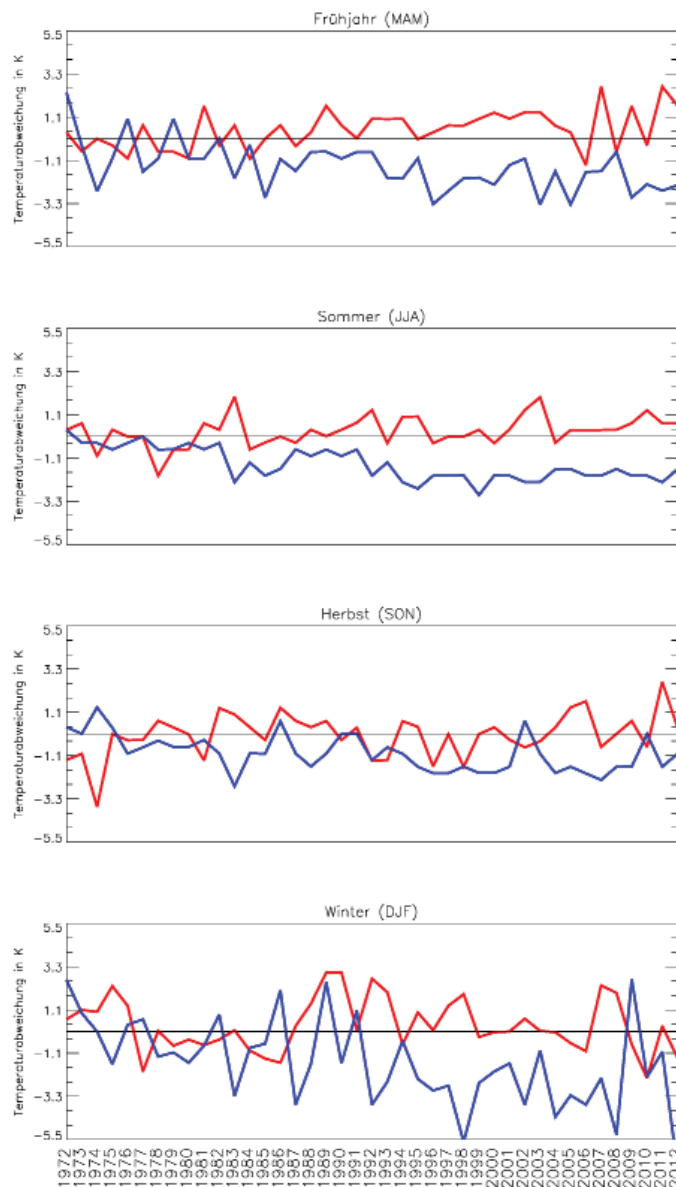
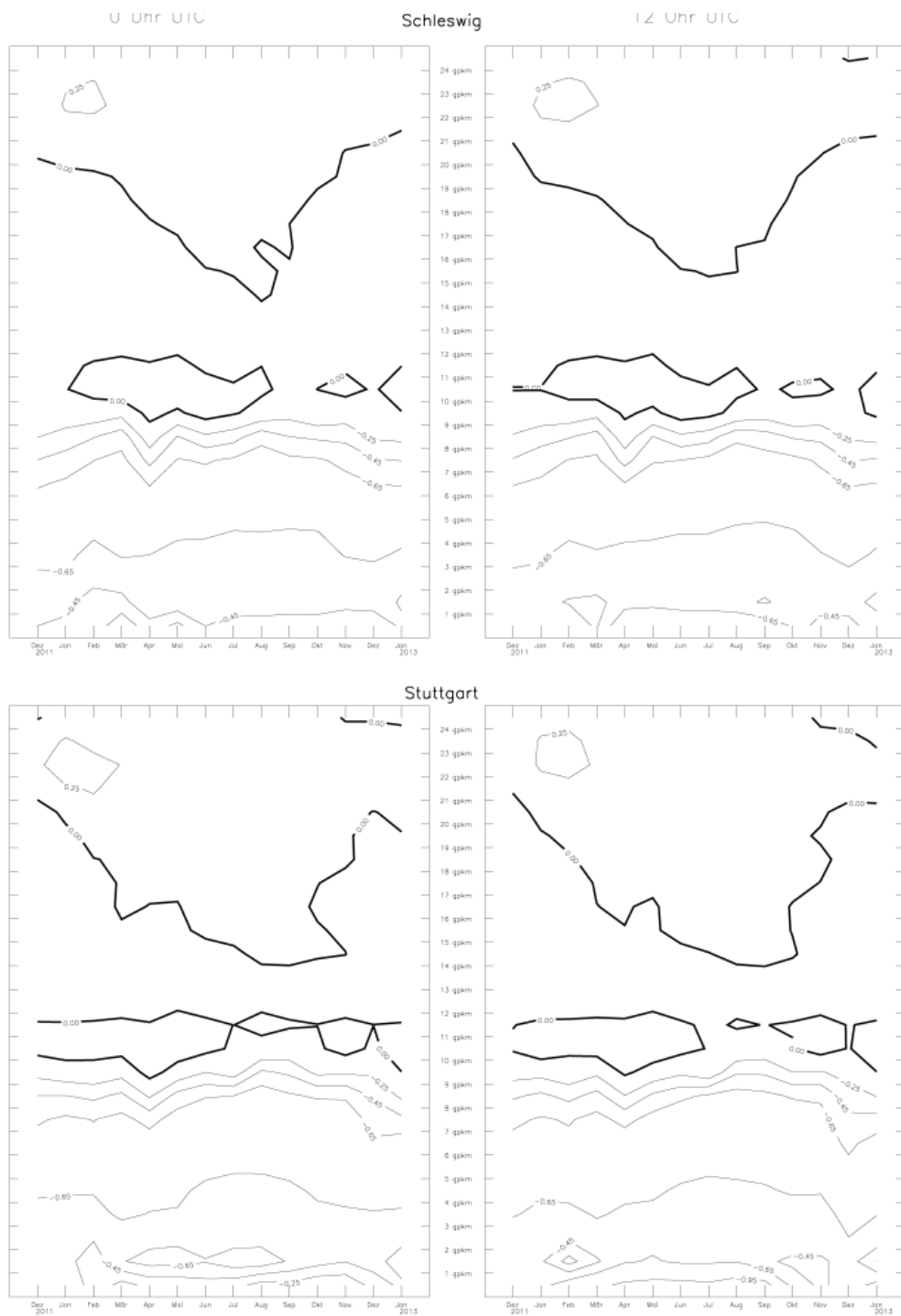


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Lufttemperatur 2012 vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die Jahreszeiten in 500 hPa (rot) und 50 hPa (blau) (Mittelwerte über 7 Stationen)

Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur

nach monatlichen Mittelwerten 2012



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

Abb. 4: Jährlicher Gang des vertikalen Gradienten der Lufttemperatur, Schleswig und Stuttgart 2012

Temperaturminima in der Stratosphäre

Temperaturminima in der Stratosphäre von -80°C und darunter wurden in Tab. 2 eingetragen. Anfang des Jahres war die Stratosphäre besonders kalt über der Nordhälfte Deutschlands. Im Januar wurden über Schleswig und Bergen stratosphärische Temperaturminima von -86°C und -85°C gemessen. Im Februar wurden nur in der unteren Stratosphäre über Greifswald -80°C gemessen. Diese niedrigen Temperaturen gingen einher mit einer Abnahme des stratosphärischen Ozons, die zwischen 4 % und 14 % lag (s. Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130 vom 18. Mai 2012).

Ende Dezember wurden dann wieder an allen Stationen in einer Höhe zwischen etwa 20 und 30 km Extremwerte bis -86°C (Greifswald) registriert.

Station	Monat	Tag	Termin	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Geopotential (gpm)
SCHLESWIG (WST)	Jan	1	0	-83	21986
	Jan	14	12	-86	22825
	Dez	28	0	-83	22582
	Dez	24	12	-85	24614
GREIFSWALD (WST)	Jan	14	0	-82	21004
	Jan	14	12	-84	22415
	Feb	21	12	-80	21482
	Dez	27	0	-84	24811
	Dez	26	12	-86	23525
	Jan	14	0	-83	22886
BERGEN (BW)	Jan	14	12	-85	21878
	Dez	28	0	-81	22565
	Dez	28	12	-84	24524
	Jan	15	0	-81	22348
LINDENBERG (OBS)	Jan	15	12	-83	20936
	Dez	26	0	-84	25188
	Dez	24	12	-84	23947
	Jan	4	0	-84	26887
ESSEN-BREDENEY (AWST)	Jan	15	12	-82	21363
	Dez	28	0	-80	23661
	Dez	24	12	-82	24007
	Jan	15	0	-81	20898
MEININGEN (WEWA)	Jan	15	12	-80	21132
	Dez	27	0	-83	24890
	Dez	27	12	-83	24394
	Jan	14	0	-82	22675
IDAR-OBERSTEIN (BW)	Jan	4	12	-82	27257
	Dez	26	0	-80	27000
	Dez	26	12	-84	23550
	Jan	1	0	-81	23658
STUTTGART (SCHNAR. AWST)	Dez	25	12	-82	24974
	Jan	15	0	-80	21982
KUEMMERSBRUCK (BW)	Jan	14	12	-80	22942
	Dez	11	0	-81	29035
	Dez	27	12	-83	25205
	Jan	7	0	-82	25147
OBERSCHLEISSHEIM (WEWA)	Jan	3	12	-81	26929
	Dez	24	0	-83	22306
	Dez	26	12	-82	24843

Tab. 2: Extreme Temperaturminima in der Stratosphäre nach Radiosondenmessungen 2012

Ozon in der Stratosphäre

U. Köhler, W. Steinbrecht, H. Claude

Auch 2012 setzten sich die niedrigen Gesamtozonsäulen aus dem Vorjahr fort. Mit nur 312 DU wurde das sechstniedrigste Jahresmittel seit Beginn der Messreihe im Jahr 1968 erzielt. Nur während der Pinatubo-beeinflussten Jahre 1992 und 1993 wurden in zwei aufeinanderfolgenden Jahren ähnlich niedrige Werte festgestellt. Das außergewöhnliche Jahr 2010 mit seiner dicken Ozonschicht von 339 DU ist damit bisher eine Singularität geblieben (Abb. 1).

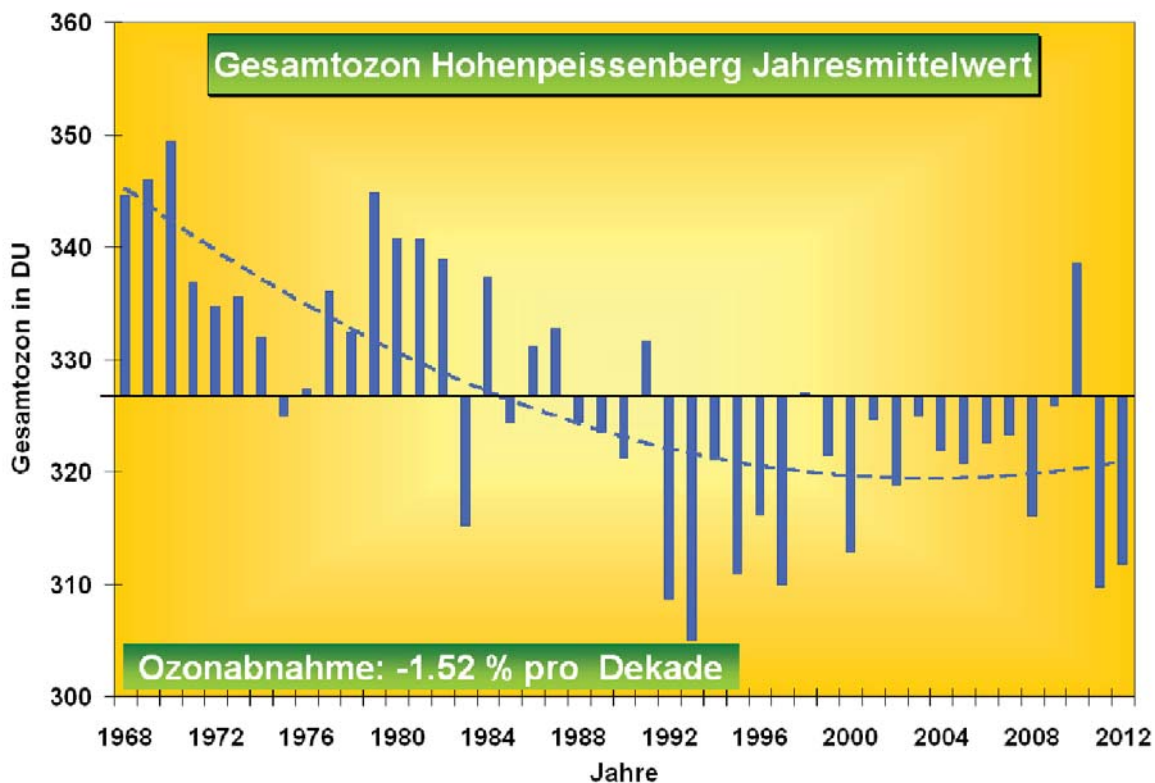


Abb. 1: Jahresmittel der Gesamtozonsäule aus den Spektromettermessungen am Hohenpeißenberg

Abb. 2 zeigt den Verlauf der Ozonsäule am Hohenpeißenberg über das Jahr 2012 im Vergleich zu den beiden Vorjahren. In beiden Jahren lagen die Monatsmittel fast durchweg unterhalb des 67 %-Perzentils. Nur der Januar 2011 und der November 2012 lagen oberhalb des Medianwertes. Auffällig ist, dass 2011 besonders im späten Frühjahr (April und Juni) und im Herbst/Frühwinter (September, November und Dezember) sehr niedrige Werte aufweist, während 2012 besonders im Januar extrem negativ ausfiel. Als eine der Ursachen des Ozondefizits im Frühjahr 2011 wurde im Klimastatusbericht 2011 die ozonarme Luft aus dem arktischen „Ozonloch“ nachgewiesen, wie es über dem Nordpol noch nie so intensiv beobachtet wurde (Abb. 3). Im 1. Quartal 2012 hingegen war kein arktisches Ozonminimum im Frühjahr zu erkennen. Damit konnten auch keine ozonarmen Luftmassen nach Auflösung des Polarwirbels aus den hohen in die mittleren Breiten gelangen.

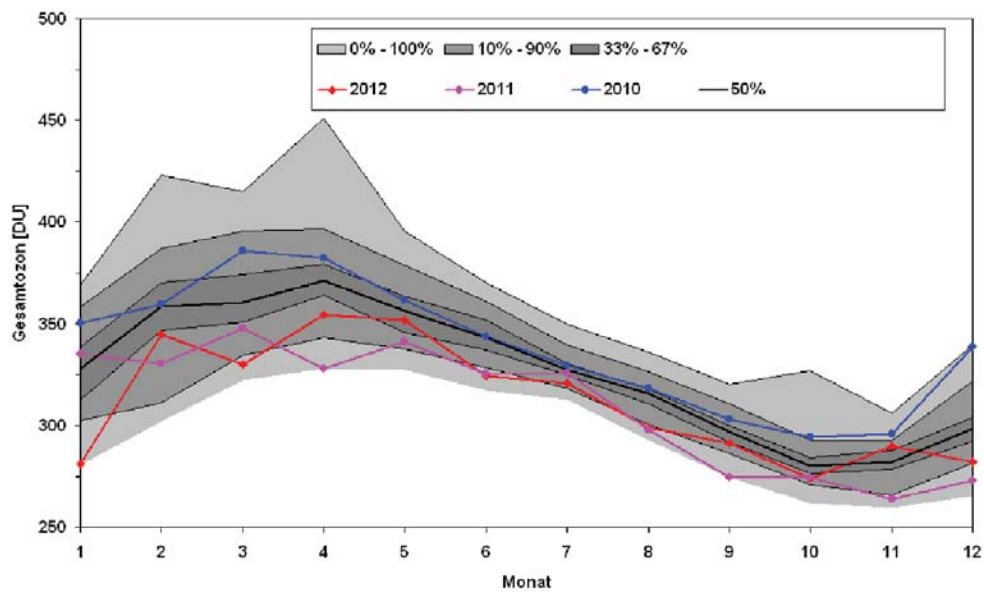


Abb. 2: Monatsmittel der Gesamtozonsäule am Hohenpeißenberg für die Jahre 2010, 2011 und 2012. Die schattierten Bereiche geben die Perzentile der langjährigen Verteilung der Monatsmittel seit 1968 an

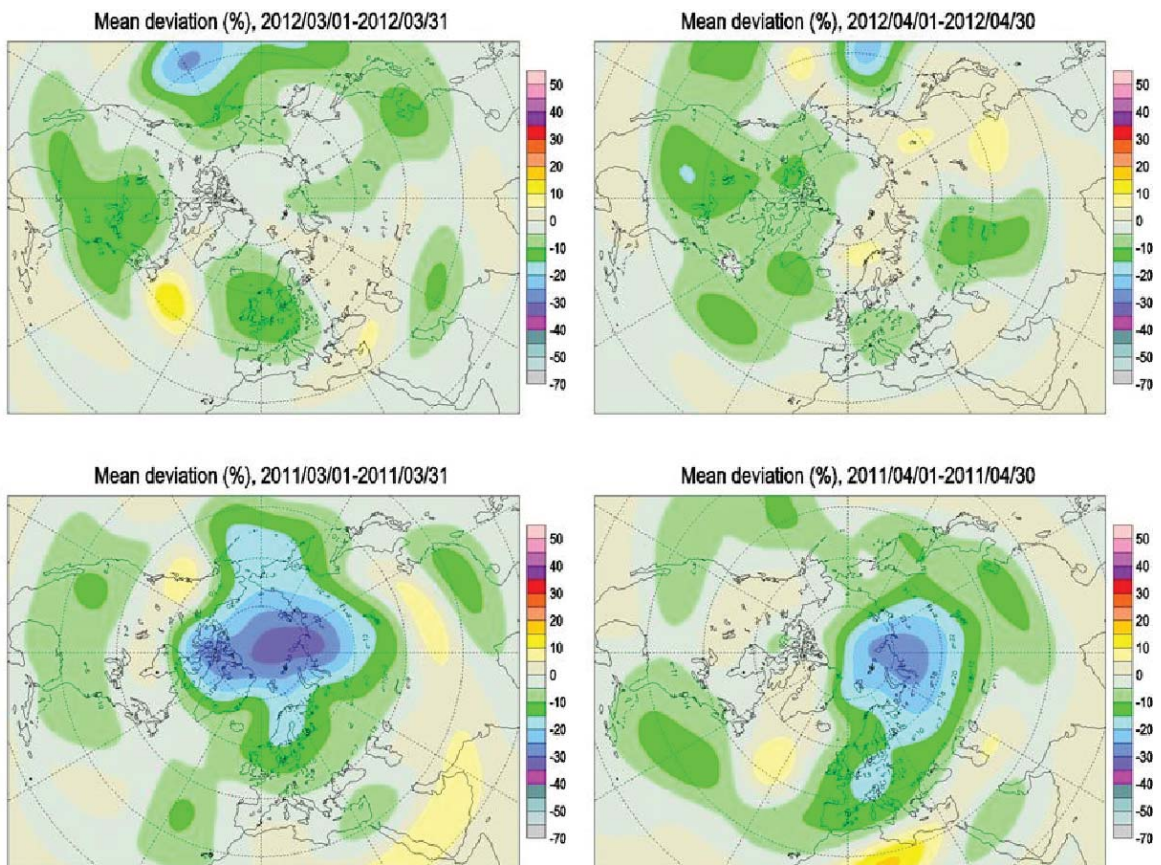


Abb. 3: Abweichung des nordhemisphärischen Gesamtozons in den Monaten März und April 2012 (oben) und 2011 (unten) vom vieljährigen Mittel 1978-1988 (Quelle: WO3UDC, Toronto, Kanadischer Wetterdienst)

In Abb. 3 sieht man deutlich diese Unterschiede zwischen den beiden Jahren. Im März 2011 (Abb. 3, unten links) erkennt man das ausgeprägte arktische Ozonloch und anschließend den Ausbruch der ozonarmen Luftmassen (Abb. 3, unten rechts), die zu dem Rekordminimum im April 2011 über Mitteleuropa führten. In 2012 (Abb. 3, obere Grafiken) ist nichts dergleichen zu erkennen.

Den schon oft beschriebenen Einfluss der atmosphärischen Zirkulation auf die Ozonschichtdicke sieht man in den zwei folgenden Grafiken sehr deutlich. Der Verlauf des Nordatlantischen Oszillation (NAO)-Indizes als Maßzahl für die Druckverteilung über dem Nordatlantik, hier speziell gemittelt über die Monate Januar bis April (Abb. 4), zeigt die negative NAO-Phase 2010, die normalerweise mit hohen Gesamtozonwerten einhergeht (Abb. 2). In 2011 und 2012 kippte dieser Index wieder in eine überwiegend positive Phase, was mit niedrigen Gesamtozonsäulen einhergeht. Ähnliches zeigt auch die übliche Antikorrelation zwischen der Anomalie der Tropopausenhöhe und des Gesamtozonwertes (Abb. 5). Häufigere ausgedehnte Hochdruckphasen über Mitteleuropa während einer positiven NAO-Phase führen im Mittel zu hohen Tropopausen mit einer entsprechenden dünneren Ozonschicht. Der Januar 2012 mit seinem hohen positiven NAO-Index lieferte daher im Gegensatz zu seinen Vorgängern in 2010 und 2011 einen sehr niedrigen Gesamtozonwert, der sogar ein Rekordminimum für den Hohenpeißenberg darstellte.

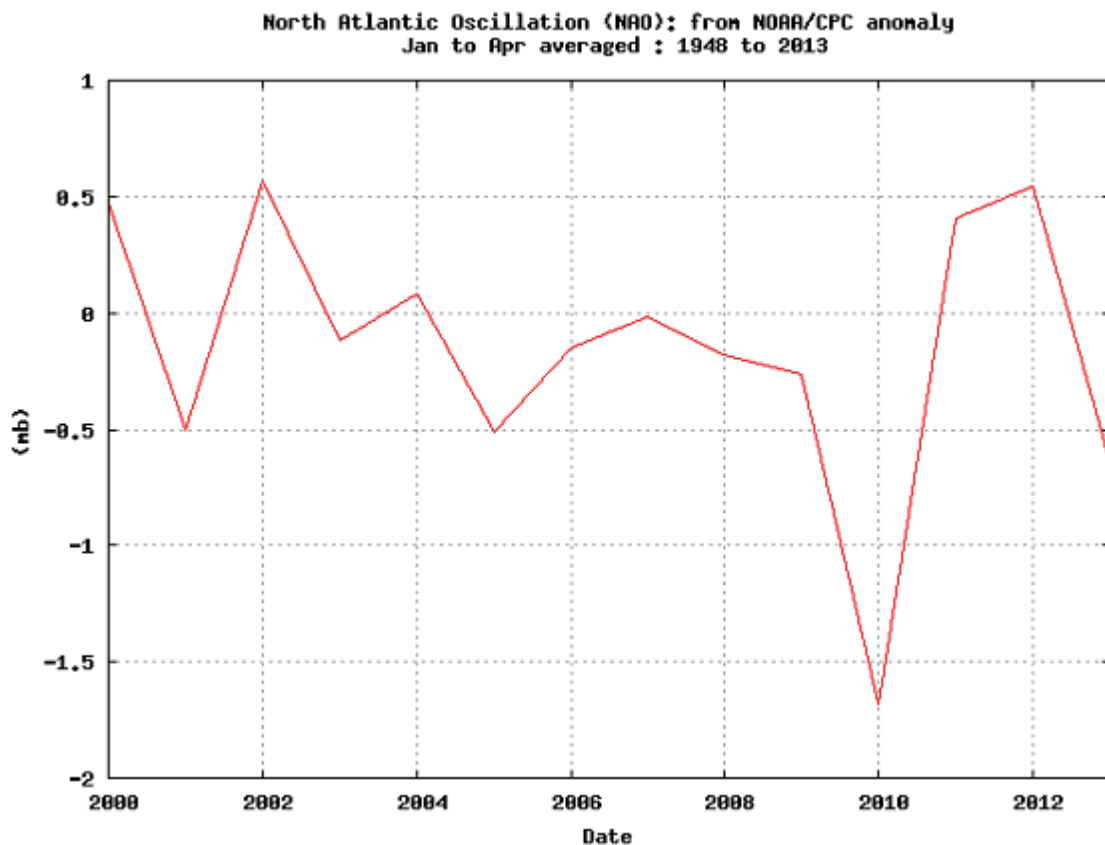


Abb. 4: Zeitreihe des NAO-Index, gemittelt über die Monate Januar bis April, ab 2000. Quelle: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/>

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

A. Meyer-Christoffer, H. Nitsche

Lufttemperatur

Im **Jahresmittel** (ohne Abb., siehe (<http://www.dwd.de/rcc-cm>) war **2012** praktisch in ganz Europa wärmer als normal (Referenz 1961-1990). Nach der Auswertung der E-OBS Daten lag 2012 auf Rang 11 der Zeitreihe seit 1950 mit einem Gebietsmittelwert von 10,6°C und einer Anomalie von +0,91°C. Besonders markant war die positive Anomalie in der Arktis mit einer Temperaturzunahme von mehr als 3 K um Spitzbergen und nordöstlich davon. Aber auch im südlichen Mitteleuropa, im Osten der Iberischen Halbinsel, auf dem Balkan, im zentralen und im östlichen Mittelmeer, im Nahen Osten sowie im Süden des europäischen Russlands und im Kaukasus lagen die positiven Anomalien im Bereich 1-2 K.

Winter 2011/2012:

Im **Winter 2011/2012** stand eine intensive positive Anomalie von mehr als 4 Kelvin in der Arktis einer negativen Anomalie im Süden und Südosten gegenüber (Abb. 1b, oben). Im **Dezember 2011** gab es positive Anomalien über dem europäischen Russland, dem Europäischen Kontinent, Skandinavien und in der Arktis, während es auf dem westlichen Nordatlantik sowie im Nahen Osten kälter als normal war. Im **Januar 2012** war es außer im Mittelmeerraum überall wärmer als normal mit den größten positiven Anomalien von mehr als 4 K in der Arktis einschließlich Nordostgrönlands. Der Mittelmeerraum war kälter als normal mit Anomalien bis zu -2 bis -3 K im östlichen Mittelmeer und der Westtürkei. Im **Februar 2012** war der gesamte Europäische Kontinent kälter als normal während die Arktis, Teile Südkanadens und der gesamte Atlantik wärmer als normal waren. Die größten negativen Anomalien traten über der Südhälfte Frankreichs und dem Alpenvorland sowie auf dem Balkan, dem östlichen Mitteleuropa und im südlichen Teil des europäischen Russlands auf. Die stärksten positiven Anomalien von mehr als +4 K gab es wieder um und nordöstlich von Spitzbergen. Die Kältewelle von der letzten Januarwoche bis Mitte Februar prägte diesen Winter (WMO RCC-RA II & RA VI, 2012). Eindrucksvoll ist die Anomalie des Kältewellen-Andauer-Index (CSDI) in Abb. 10.

Frühjahr 2012:

Das **Frühjahr 2012** war insgesamt im Gebiet der WMO Region VI wärmer als normal (Abb. 1b, Mitte oben). Die positiven Anomalien reichten von 0,3 K bis 4 K als Landesmittelwerte (auf der Basis der Analyse der Anomalien, Abb. 1b). In Norwegen war der Frühling 2012 der 15. wärmste seit 1900. Die positiven Anomalien warmer Tage (Abb. 10 und Abb. 11) sind bemerkenswert. In etlichen europäischen Ländern war der **März 2012** unter den fünfwärmsten März-Monaten in ihren Zeitreihen. In Norwegen war er der wärmste März seit 1900. In Österreich war er der drittwärmste März seit 1880, in Deutschland der viertwärmste März seit 1881. In Dänemark war schon der 12. März ein Sommertag. Im **April 2012** waren die Britischen Inseln, die Färöer und Westeuropa und die Iberische Halbinsel etwas kälter als normal mit negativen Anomalien unter -1 K. England meldete den kältesten April seit 1989. Alle anderen Länder waren wärmer als normal. Die warmen Anomalien übertrafen +4 K im Süden des europäischen Russlands und dem Kaukasus. Im **Mai 2012** war es über dem Nordatlantik und den angrenzenden Regionen sowie teilweise im zentralen und östlichen Mittelmeerraum kälter als normal, sonst aber überall wärmer als normal mit positiven Anomalien im Süden des europäischen Russlands und dem Kaukasus die wieder 4 K übertrafen. Mehrere Länder meldeten Rekordwerte der täglichen Maxima für den Mai. Am 29. Mai wurde in Narsarsuaq auf Grönland eine Maximumtemperatur von 24,8°C gemessen. Norwegen verzeichnete an einigen Stationen neue Rekorde und Dänemark hatte 3 aufeinanderfolgende Sommertage in der 3. Monatsdekade. In Irland wurde an der Station Shannon Airport am 25. Mai mit 27,8°C das höchste Maximum seit 1938 erreicht und De Bilt in den Niederlanden hatte am 22. Mai den ersten Sommertag des Jahres und am folgenden Tag den ersten heißen Tag in den östlichen Landesteilen.

Sommer 2012:

Der **Sommer 2012** war im südlichen Mitteleuropa, in Süd- und Südosteuropa, im Nahen Osten sowie auf Grönland und dem nordwestlichen Nordatlantik wärmer als normal (Abb. 1b, Mitte unten). Die größten positiven Anomalien traten in Italien, auf der Balkanhalbinsel und in der Ukraine auf. Die mittlere Anomalie der Teilregion „Mittelmeer und Italienische und Balkanhalbinsel“ betrug +3,8 K und diejenige für den Nahen Osten +2,25 K (auf der Basis der Analyse der Anomalien, Abb. 1b). In einigen Ländern war der **Sommer 2012** unter den wärmsten ihrer Zeitreihen, z.B.: in Österreich war der Sommer 2012 der drittwärmste seit 1767, in der Schweiz war der **Sommer 2012** regional sehr unterschiedlich auf Rang 2 bis 10 der warmen Sommer seit 1864, in Spanien war es der viertwärmste seit 1961.

Die positiven Anomalien waren hauptsächlich durch die Monate **Juni** und **August** geprägt. Dabei waren Sommertage und Tropennächte in den betreffenden Regionen deutlich übernormal häufig. Die Anomalien der Anzahl der Tropennächte sind in Abb. 10 zu sehen. In Montenegro wurde an etlichen Stationen die bisher höchste Anzahl der heißen Tage übertroffen. In Deutschland war der **Sommer 2012** dagegen nur durchschnittlich, in den skandinavischen Ländern sowie in Irland und Schottland sogar noch etwas kühler als im Mittel über die Referenzperiode 1961-1990. Dänemark verzeichnete 2012 den kältesten Sommer seit dem Jahre 2000 und den kältesten **Juni** seit 1991.

Herbst 2012:

Im **Herbst 2012** waren Grönland, die Arktis und der größte Teil des Europäischen Kontinents mit Ausnahme des äußersten Westens wärmer als normal (Abb. 1b, unten). Dagegen waren der Nordatlantik, die Britischen Inseln und Island kälter als normal. Hinsichtlich der Anomalien unterschieden sich die drei Monate **September, Oktober** und **November 2012** wenig. Im **September 2012** hatten die Balkanhalbinsel sowie die Arktis und Grönland positive Anomalien von +2 bis +3 K, z.T. auch darüber. Heiße Tage traten z.B. in Österreich, Polen und Moldawien auf. Im **Oktober 2012** war es in West- und Mitteleuropa sowie in Skandinavien ausgenommen dem äußersten Norden meist kälter als normal. Die größten negativen Anomalien bis -3 K traten in Irland, im Norden der Britischen Inseln und in großen Teilen Norwegens und Westschwedens auf. Das Vereinigte Königreich hatte den kältesten Oktober seit 2003. Wärmer als normal war es im Süden, Südosten, Osten, Norden und Nordwesten mit den größten positiven Anomalien über 4 K in der Schwarzmeerregion und über 3 K von der Ägais nordostwärts bis in den Süden des europäischen Russlands, der südlichen Ukraine und in der Kaukasusregion. Ähnlich große Anomalien gab es in Nordgrönland und in der Barentssee. Der **November 2012** war in der Arktis und größtenteils auf dem Europäischen Kontinent außer den atlantiknahen Gebieten der Britischen Inseln, Frankreichs und der Iberischen Halbinsel wärmer als normal. Der Nordatlantik war kälter als normal. Die positiven Anomalien überstiegen +4 K in der Arktis und z.B. +3 K an vielen Stationen in der Slowakei.

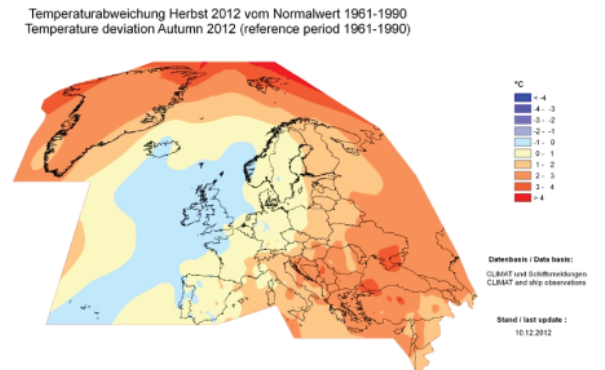
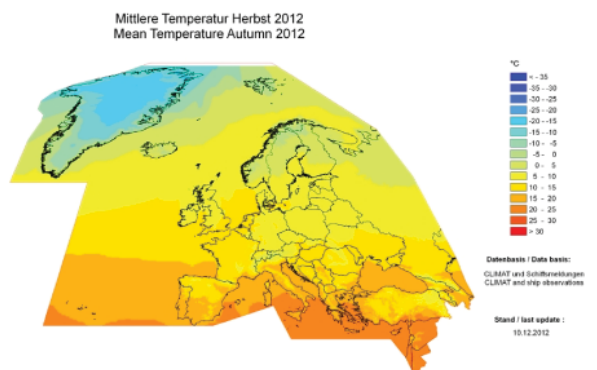
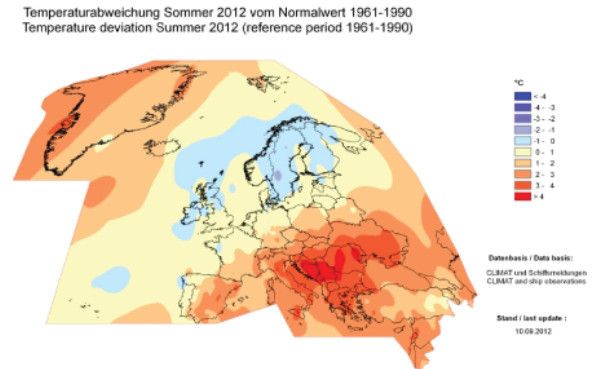
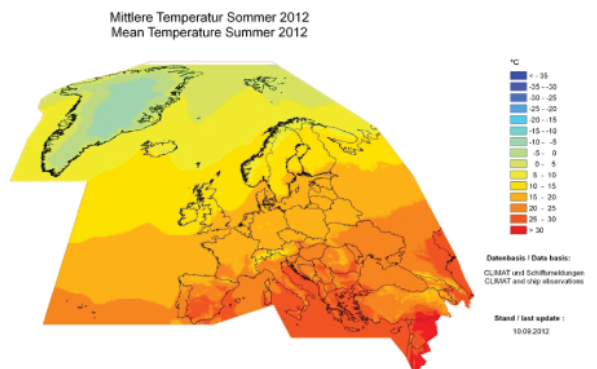
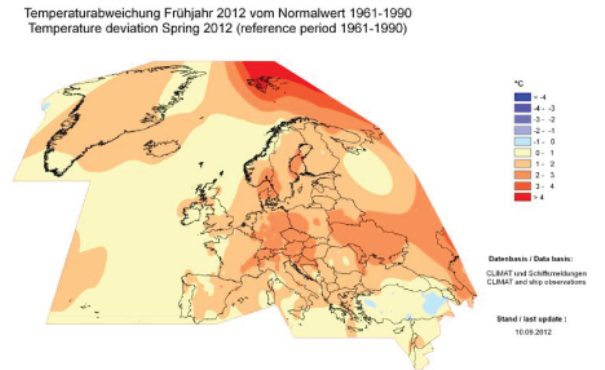
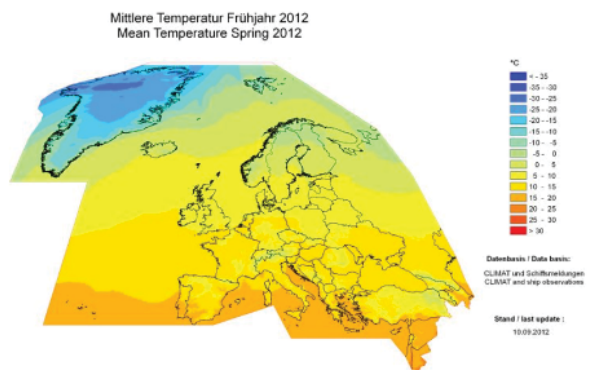
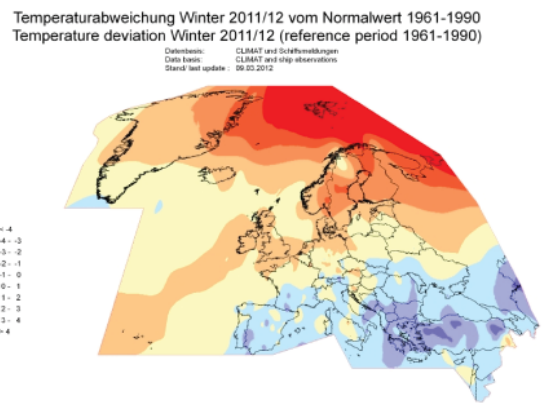
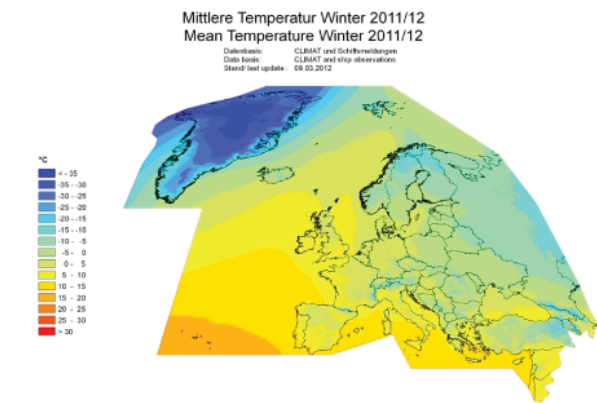


Abb.1a: Mittlere Lufttemperatur (2m) in °C im Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.1b: Mittlere Anomalie der Lufttemperatur (2m) in °C bzw. K im Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012, Herbst 2012

Niederschlag

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

Die Analysen des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN) zeigen für das Jahr 2012) für Europa überwiegend geringe Abweichungen des Niederschlags von den vieljährigen Mittelwerten des Zeitraums 1951–2000. Allerdings wird eine zonale Aufteilung in zu trockene und zu feuchte Gebiete deutlich.

In der Anomaliekarte (Abb. 2b) fällt insbesondere der leichte Niederschlagsüberschuss nördlich von 50° auf, vor allem in England und Wales sowie im Südosten Norwegens, in Teilen Schwedens, im Süden Finnlands, im Baltikum und in Weißrussland bis nach Russland hinein.

Ein geringes Niederschlagsdefizit findet man im Süden, vor allem auf der Iberischen Halbinsel, in Südfrankreich, in Italien und am östlichen Schwarzen Meer. Das größte Defizit über das ganze Jahr ergibt sich mit über 30 mm/Jahr in Nordportugal.

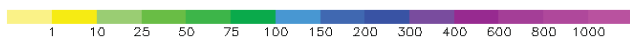
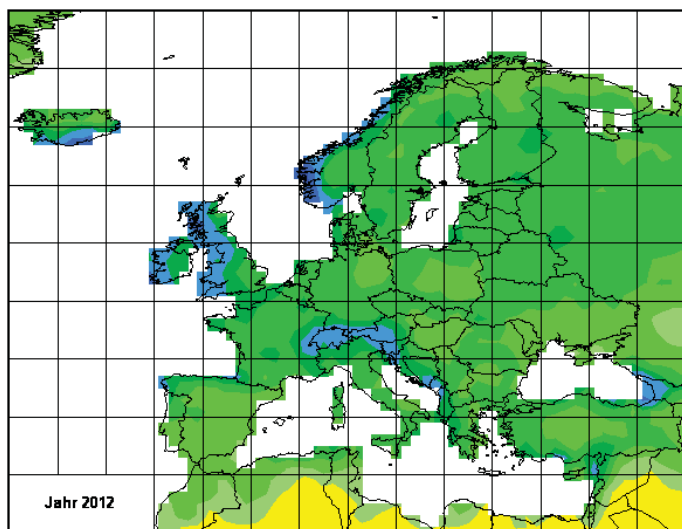


Abb.2a: Niederschlagshöhe in mm/Monat im Jahr 2012

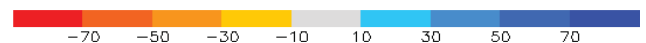
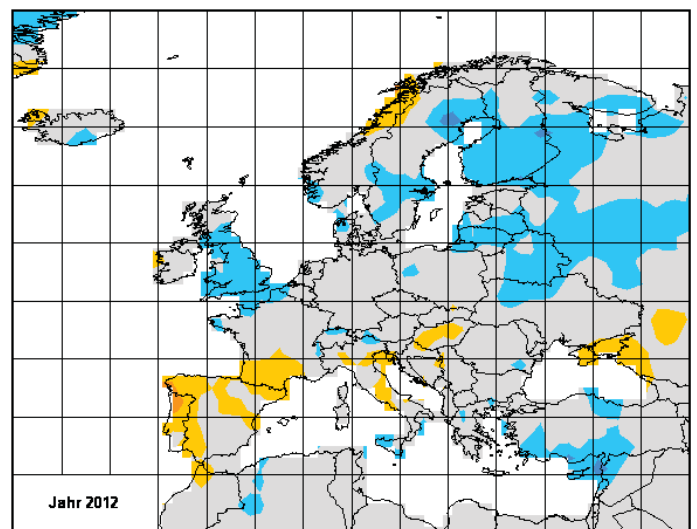


Abb.2b: Niederschlagsanomalie im Jahr 2012 als Abweichung in mm/Monat vom Mittelwert des Zeitraums 1951-2000

Ein differenzierteres Bild erhält man für die einzelnen Jahreszeiten (Abb. 3):

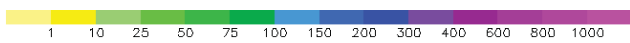
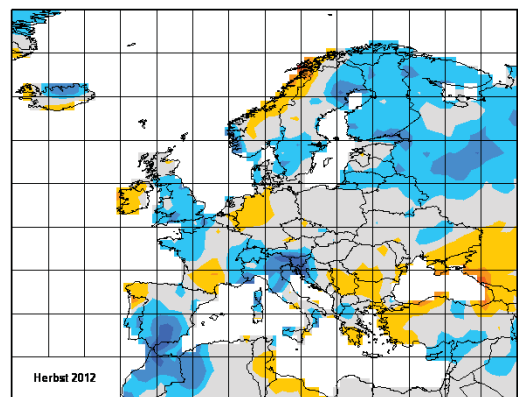
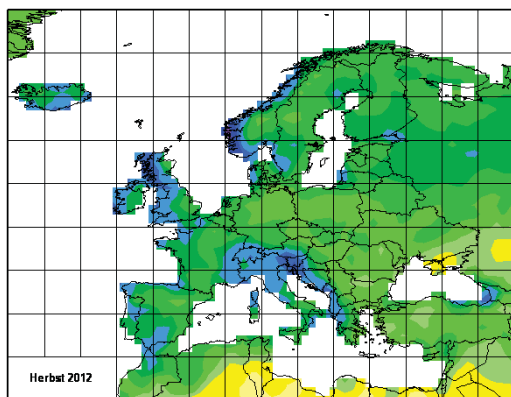
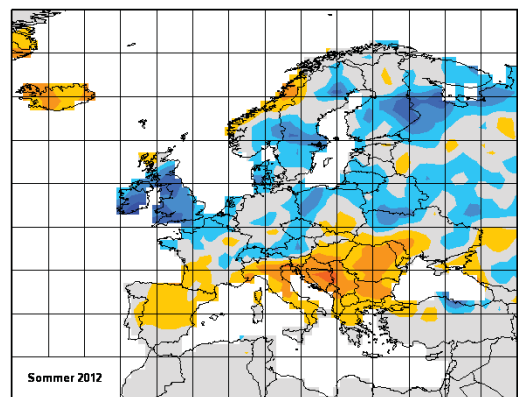
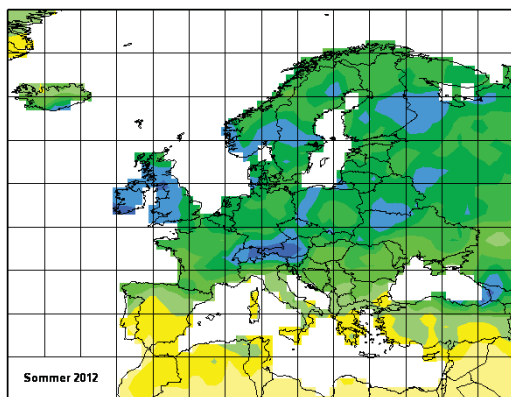
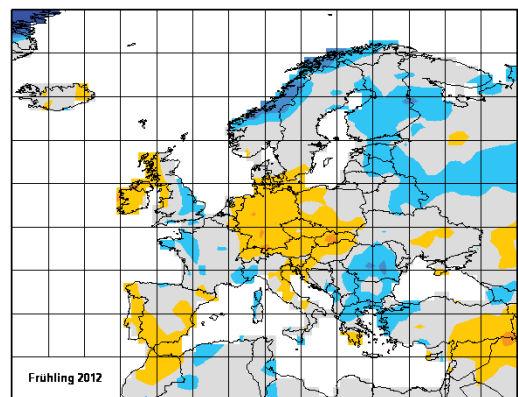
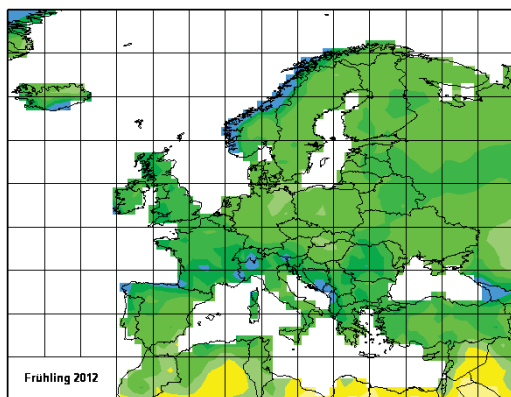
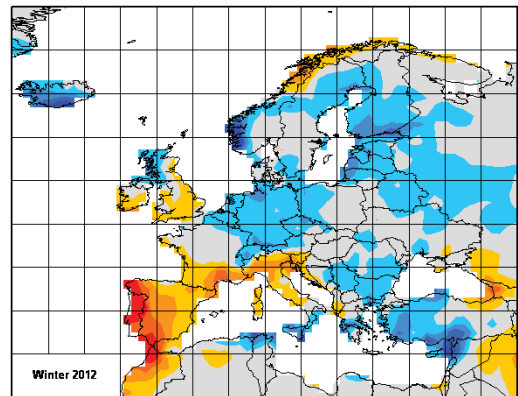
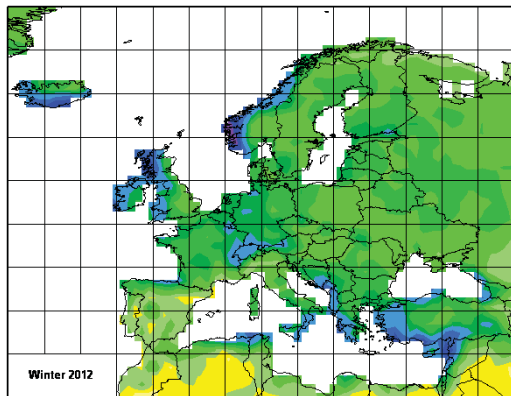


Abb.3a: Niederschlagshöhe für die Jahreszeiten in mm/Monat

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

Winter 2011/2012:

Im **Winter** fällt vor allem das starke Niederschlagsdefizit auf der Iberischen Halbinsel, in Südfrankreich bis nach Italien und entlang der gesamten Adriaküste auf (Abb. 3b, oben). Ein besonders trockenes Band mit mehr als 50 mm Niederschlag unter der Norm zieht sich von Galicien und Portugal über Andalusien bis nach Afrika. Auch in Südirland, England und der nördlichen Norwegischen Küste war es trockener als im Mittel. In Irland, Großbritannien, Frankreich und auf der Iberischen Halbinsel fiel im Februar besonders wenig Niederschlag, teilweise fielen weniger als 20 % des normalen Niederschlags.

Infolgedessen litten die Iberische Halbinsel und das westliche Mittelmeergebiet sowie Südengland unter Dürreverhältnissen, siehe auch Abb. 10 (3-monatiger SPI-Dürreindex rechte Spalte oben) und Abb. 11 (Ereigniskarten, Winter 2012).

Zuviel Niederschlag hingegen fiel in Nordirland und Schottland, im Südwesten Norwegens und in großen Bereichen Mitteleuropas bis nach Russland und in die Türkei hinein.

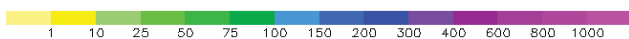
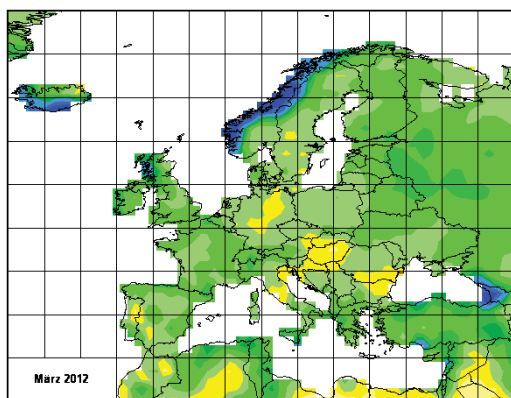
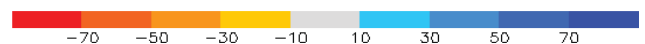
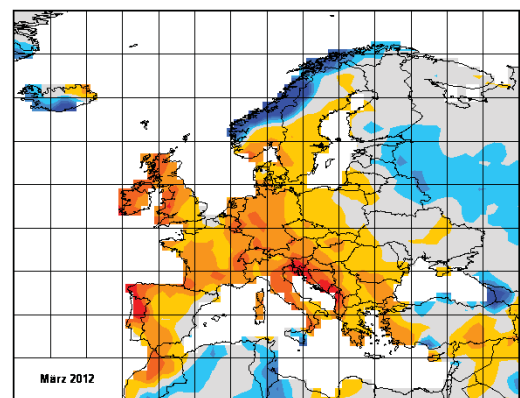
Frühjahr 2012:

Im **Frühjahr** wandelte sich das Bild und in einigen vorher zu trockenen Gebieten fiel mehr Regen, während es in anderen trockener wurde, z. B. in Deutschland, in der Schweiz, in Österreich und in Tschechien (Abb. 3b, Mitte oben). Am Bosphorus war es aber immer noch zu feucht. In Portugal und Südspanien sowie in Irland gab es jedoch weiterhin zu wenig Niederschlag.

Allerdings hat sich im **März** die Trockenheit in Europa noch weiter nach Osten ausgebreitet, teilweise fiel weniger als 20 % des üblichen Niederschlags (Abb. 4). Der März war in einigen Ländern einer der trockensten der letzten Jahrzehnte. Lediglich an der norwegischen Küste – teils bis nach Schweden hinein – und vom Baltikum nach Russland gab es einen Niederschlagsüberschuss.

Im **April** wurde es dann in fast ganz Europa zu nass. In England, Ostwales und Ostschottland fiel an einigen Orten bis zum 3-fachen des normalen Niederschlags. Die Zahl der Tage mit Niederschlag war vergleichbar mit der im April 1998, der höchsten in den letzten 50 Jahren (UK MetOffice). Im Mai 2012 waren wiederum Mitteleuropa aber auch Südwest-, West- und Osteuropa trockener als normal, während Südosteuropa, insbesondere die Balkanhalbinsel feuchter als normal war.

Die Niederschlagsüberschüsse waren vielfach auf Starkniederschlagsereignisse zurückzuführen, vergleiche dazu Abb. 10 (RR99pTOT, rechte Spalte Mitte oben).

**Abb.4a:** Monatliche Niederschlagshöhe in mm im März**Abb.4b:** Monatliche Niederschlagsanomalie in mm im März (Bezugszeitraum 1951-2000)

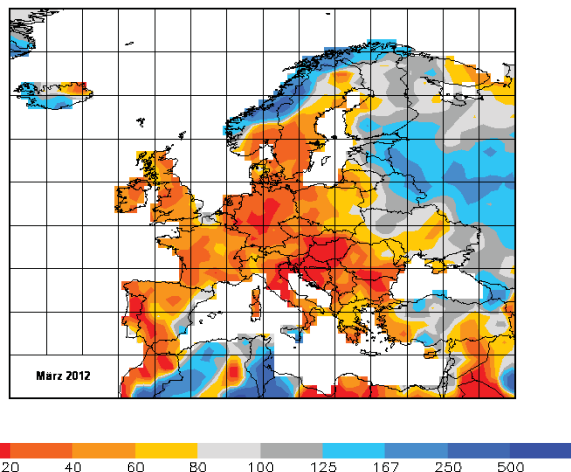


Abb.4c: Relative monatliche Niederschlagsanomalie in Prozent
(Bezugszeitraum 1951-2000)

Sommer 2012:

Im **Sommer** 2012 war es in den südlichen Teilen Europas zu trocken, in Bosnien-Herzegowina und Serbien regnete es sogar teilweise 50 mm weniger als im Mittel 1951-2000 (Abb. 3b, Mitte unten). Trocken war es auch auf Island und in Nordgrönland sowie an der norwegischen Küste.

Dagegen war es in West-, Mittel-, Nord- und Osteuropa vielfach feuchter als normal oder zumindest nicht trocken. Die Monate **Juni** und August prägten das Gesamtbild.

In Großbritannien ist der Juni 2012 extrem feucht (der nasseste Juni seit 1910), in England und Wales sogar der nasseste seit 1766 (zusammen mit 1860, UK MetOffice). Das führte zu zahlreichen Überschwemmungen.

Damit stiegen aber auch der Grundwasserspiegel und die Wassermenge in den Flüssen wieder so an, dass die immer noch bestehenden Beschränkungen für den Wasserverbrauch aufgehoben werden konnten.

In Spanien kam es im **August** nach dem trockensten Winter in 70 Jahren zu zahlreichen Bränden in Galizien sowie auf Teneriffa und La Gomera .

Herbst 2012:

Im **Herbst** 2012 waren weite Teile im Nordosten Europas von Schweden übers Baltikum bis nach Russland hinein zu feucht (Abb. 3b, unten). Auch in England und Wales sowie in Südwestfrankreich, in der Schweiz, in Österreich, in Norditalien und Slowenien bis nach Kroatien regnete es mehr als üblich. Sogar Südspanien und Teile Portugals hatten einen Niederschlagsüberschuss, größtenteils sogar in allen drei Monaten, besonders viel im November. Die Niederschlagsüberschüsse waren auf übernormal häufige nasse Tage, insbesondere auf extreme Starkniederschlagsereignisse zurückzuführen. Wiederum verdeutlicht dies sehr gut die Anomalie des Anteils sehr nasser Tage, die z.T. an mehreren Tagen in Folge auftraten, an der Gesamtniederschlagshöhe in Abb. 10 (RR99pTOT, rechte Spalte Mitte unten). Im Einklang damit zeigt die mittlere Luftdruckverteilung tiefen Luftdruck mit Zentrum über der Norwegischen See, der weit nach Süden reicht.

Im **September** starben in Südspanien 10 Menschen nach Sturzfluten, die von heftigen Niederschlägen ausgelöst wurden. Besonders betroffen waren die Provinzen Malaga und Almeria sowie die Region Murcia (Brugge 2012).

Für den Oktober 2012 meldete Schweden, dass in den nördlichen Teilen der Schwedischen Ostküste der nasseste Oktober seit Beginn der Aufzeichnungen registriert wurde. Lokal kam es dort zu Überschwemmungen.

Im **November** kam es in Nord- und Mittelitalien zu zahlreichen Überflutungen. In Venedig erreichte das Hochwasser das sechsthöchste Niveau seit 1872 (World weather news). In England und Wales war die Periode vom 20.-26.November eine der nassesten Wochen der letzten 50 Jahre. Eine Reihe von Starkniederschlagsereignissen führte zu Damnbrüchen und Überschwemmungen (UK MetOffice).

Interessant ist in dem Zusammenhang besonders im November die Verteilung der Anomalien des vertikal integrierten Wasserdampfgehaltes (TPW), der eng mit der Temperaturanomalie in Beziehung steht, da wärmere Luft mehr Wasserdampf tragen kann als kühlere Luft, der dann aber bei entsprechender Dynamik auch für vermehrten Niederschlag zur Verfügung steht (<http://www.dwd.de/rcc-cm>).

Luftdruck:

Abb. 5 zeigt den Verlauf der standardisierten Zirkulationsindizes im Jahre 2012. Die Zahlenwerte für die monatlichen Zirkulationsindizes stammen vom NOAA Climate Prediction Center (NCEP Reanalyse), wobei man berücksichtigen muss, dass deren Normierung auf der Basis des Zeitraums 1981-2010 durchgeführt wurde.

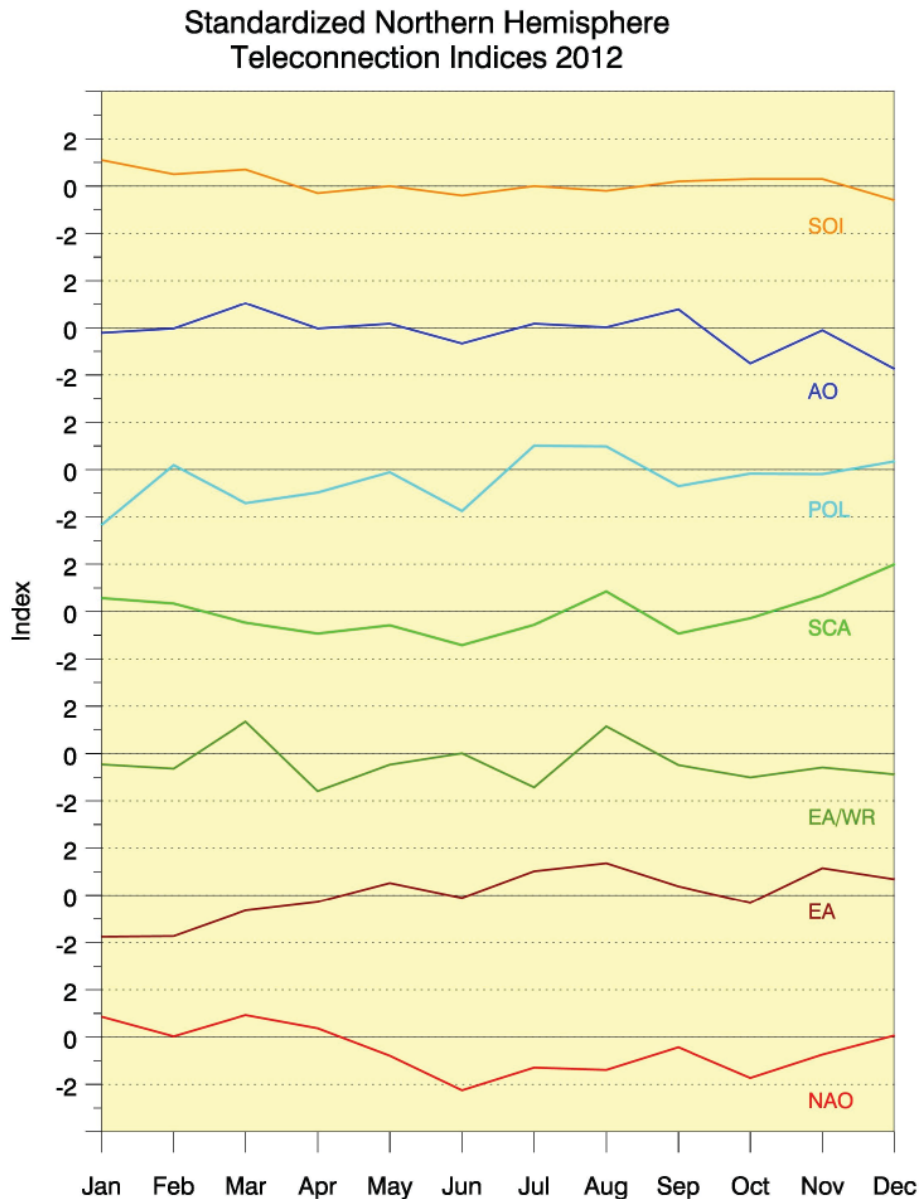


Abb.5: Jahresgänge der standardisierten Zirkulationsindizes des 'Southern Oscillation Index' (SOI) und der Nordhemisphäre (Arctic Oscillation AO, Polar/Eurasia Pattern POL, Scandinavia Pattern SCA, East Atlantic/West Russia Pattern EA/WR, East Atlantic Pattern EA, North Atlantic Oscillation NOA) für das Jahr 2012 nach Daten des NOAA Climate Prediction Center (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml> and <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>).

Abb. 6 zeigt den mittleren Luftdruck und seine Anomalien (Referenz 1961-1990) in den Jahreszeiten.

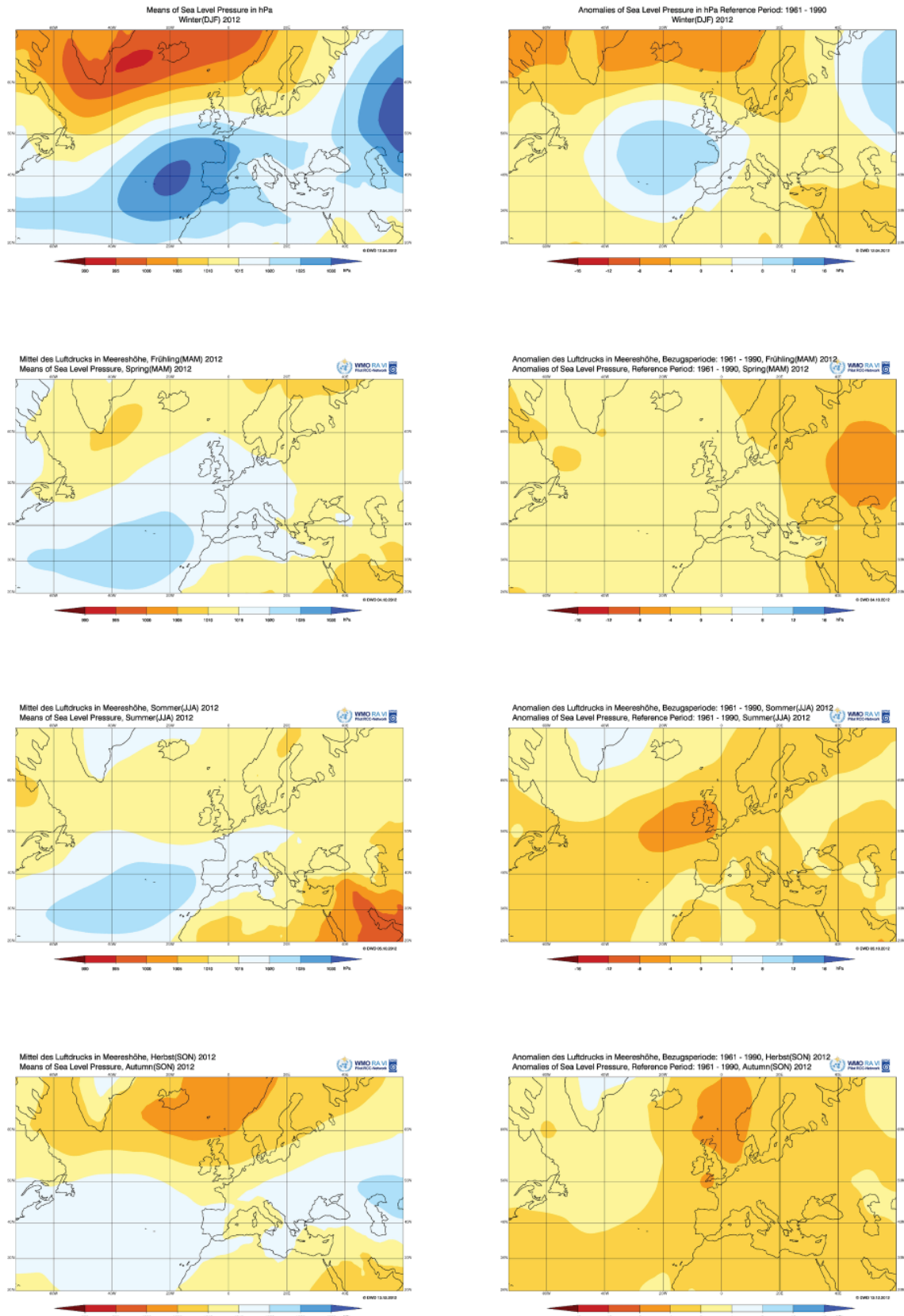


Abb. 6a: Jahreszeitenmittelwerte des Luftdrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb. 6b: Anomalien der Jahreszeitenmittelwerte des Luftdrucks in hPa im Meeresniveau für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Winter 2011/2012:

Vom **Dezember 2011 bis Februar 2012** entwickelte sich die mittlere Luftdruckverteilung von einer nahezu zonalen Verteilung mit tiefem Druck im Norden und hohem Druck im Süden zu einer intensiven blockierenden Lage mit sehr hohem Druck über West und Südwesteuropa, ebenfalls sehr hohem Druck über dem europäischen Russland und einer Hochdruckbrücke dazwischen (Abb. 6a, oben). Während im **Dezember 2011** der NAO-Index klar positiv war (+2,25), war er im **Februar 2012** nahezu neutral (+0,03). Diese starke Blockierung kam durchaus überraschend. Sie könnte von der warmen Anomalie der Arktis, die schon über Monate bestand und dem starken Rückgang des Arktischen Meereises beeinflusst gewesen sein, da der relativ geringe Temperaturgegensatz den Zonalwind abschwächt und damit die Amplitude der Rossby-Wellen verstärken könnte (Francis and Vavrus). Die Kältewelle im **Januar/Februar 2012** stünde damit im Einklang.

Frühjahr 2012:

Im Mittel war das Azorenhoch über den **Frühling 2012** gut ausgeprägt und räumlich ausgedehnt, während das Islandtief nur schwach ausgeprägt war (Abb. 6a, Mitte oben). Nordwest-, West-, Mittel- und Südeuropa hatten im Mittel um bis zu 4 hPa höheren Luftdruck. Skandinavien, Osteuropa und der Nahe Osten hatten leichte negative Anomalien bis -4 hPa (Abb. 6b, Mitte oben). Der Südosten des europäischen Russlands hatte negative Anomalien im Bereich -4 bis -8 hPa. Im **März 2012** waren die Zirkulationsindizes AO und EA/WR positiv.

Sommer 2012:

Der größte Teil der WMO Region VI hatte niedrigeren Luftdruck als normal mit maximalen Abweichungen von -4 bis -8 hPa über den Britischen Inseln und westlich davon (Abb. 6b, Mitte unten). Ein höherer Luftdruck als normal mit positiven Abweichungen von +4 bis +8 hPa herrschte über Grönland. Im **Sommer 2012** war der NAO-Index negativ. In den Monaten **Juli und August 2012** waren die Indizes POL und EA positiv, im August auch EA/WR.

Herbst 2012:

Sowohl der NAO-Index als auch der AO-Index waren im **Herbst 2012** negativ (Tab. 1). Das Islandtief war im Mittel kräftig ausgeprägt und ostwärts ausgedehnt (Abb. 6a, unten). Das Azorenhoch war im Mittel schwächer ausgeprägt. Ein kräftig ausgeprägtes Hoch über dem Süden des europäischen Russlands war weit nach Westen ausgedehnt und eine Hochdruckbrücke zwischen beiden war lediglich durch tieferen Druck über Nordwesteuropa und über dem westlichen Mittelmeer und Italien unterbrochen. Die Nordatlantische Zirkulation NAO beeinflusste die Witterung am stärksten im **Oktober 2012** zusammen mit dem Ostatlantik/Westrussland Muster, während im **November 2012** beide Muster geringeren Einfluss hatten und stattdessen ein Skandinavien/Ostatlantik Muster stärker ausgeprägt war.

Jahreszeit	Mittlerer NAO-Index
Winter 2011/2012	1,07
Frühjahr 2012	0,16
Sommer 2012	-1,64
Herbst 2012	-0,98

Tab. 1: Jahreszeitenmittelwerte des NAO-Index

Sonnenscheindauer und Bewölkung

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

Winter 2011/2012:

Der **Winter 2011/2012** war in Europa überwiegend sonnenscheinreich (Abb. 7b, oben). Ausnahmen waren Finnland, der Süden des europäischen Russlands und der Kaukasus, Weißrussland, Teile Deutschlands und Österreichs, Irland und der Westen des Vereinigten Königreichs. Zumeist stimmten die Anomalien der Sonnenscheindauer sehr gut mit den Anomalien der Anzahl der Heiteren und Trüben Tage überein (trotz des unterschiedlichen Bezugszeitraums). Allerdings gab es auch kleinere regionale Abweichungen, die u.a. mit der geringen Stationsdichte für die Beobachtungen zusammenhängen können. Die markanten positiven Abweichungen der Sonnenscheindauer z.B. über Polen entsprechen dort einer Jahreszeitensumme der Sonnenscheinstunden von mehr als 180, in den Höhenlagen von mehr als 200.

In Schweden summierte sich die Sonnenscheindauer über den Winter 2011/2012 zu 107 bis 209 Stunden, dabei schien die Sonne am längsten im **Februar 2012** (76-107 Stunden).

Frühjahr 2012:

Auch das **Frühjahr 2012** war in weiten Teilen Europas sonnenscheinreich (Abb. 7b, Mitte oben). Ausnahmen sind das östliche Mittelmeer, der Nahe Osten, der Kaukasus und der Süden des europäischen Russlands sowie Teile Skandinaviens und Westrusslands. Auch hier korrespondiert die Anomalie der Sonnenscheindauer wieder sehr schön mit der Anomalie der Heiteren bzw. Trüben Tage. Der Überschuss an Sonnenscheinstunden war hauptsächlich durch die Monate **März und Mai 2012** bestimmt. Der **März 2012** war in einigen Ländern unter den 10 sonnenscheinreichsten Märzmonaten langer Beobachtungsreihen. So erreichte er Rang 1 im Vereinigten Königreich (seit 1880), Rang 4 in Deutschland (seit 1951), Rang 3 in Frankreich (seit 1950, zusammen mit 1961 und 1953) und Rang 9 in Dänemark (seit 1920). Die Station Shannon Airport in Irland verzeichnete den sonnigsten Frühling seit 1938 und erreichte am 25. Mai eine Sonnenscheindauer von 15,6 Stunden.

Sommer 2012:

Der Sommer 2012 war sonniger als normal auf der Iberischen Halbinsel, in Italien, auf dem Balkan und im östlichen Mitteleuropa und dem südwestlichen Osteuropa (Abb. 7b, Mitte unten). Auch hier spiegelt sich dies in der großen Anzahl heiterer Tage und geringen Anzahl trüber Tage wider. Nord- und Nordwesteuropa sowie der Nahe Osten hatten dagegen weniger Sonnenschein als normal. Am trübsten war es im Vereinigten Königreich mit Ausnahme des äußersten Nordens und Südostens. In allen 3 Monaten gab es in Südeuropa mehr Sonnenschein als normal. Auf der Balkanhalbinsel dagegen resultiert der Überschuss hauptsächlich aus den Beiträgen der Monate **Juni und Juli 2012**. Dagegen war der **Juni 2012** auf den Britischen Inseln und in Mitteleuropa ein sehr sonnenscheinarmer Monat. Im vereinigten Königreich war es der trübste Juni seit 1929 und in Deutschland lag der **Juni 2012** auf Rang 12 der trüben Junimonate seit 1951.

Herbst 2012:

Der **Herbst 2012** war auf den Britischen Inseln, teils auf der Iberischen Halbinsel, in Mittel-, und Südosteuropa und in der östlichen Ukraine und Südwestrußsland sonniger als normal, sonst zumeist trüber (Abb. 7b, unten). Warschau verzeichnete eine Jahreszeitensumme von 424,2 Stunden, zu der hauptsächlich der **September 2012** beitrug. Der **Oktober 2012** brachte vor allem den Britischen Inseln viel Sonne und der **November 2012** trug hauptsächlich zum Sonnenscheinüberschuss auf dem nördlichen Balkan, der Ukraine und in den Alpen, aber auch im Westen des Kontinents, der Nordsee und in Irland bei.

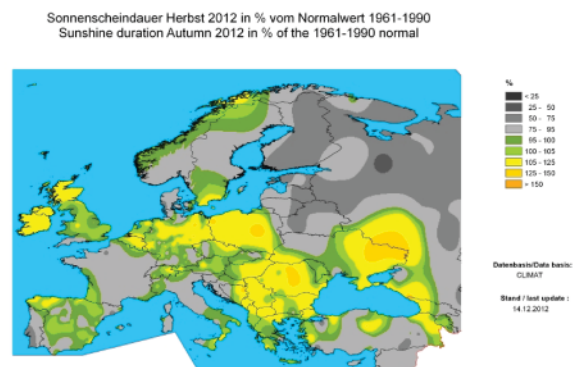
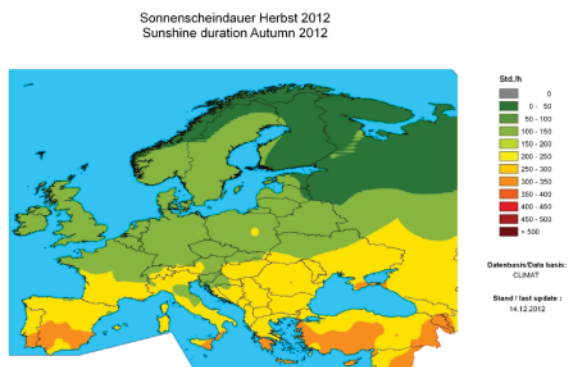
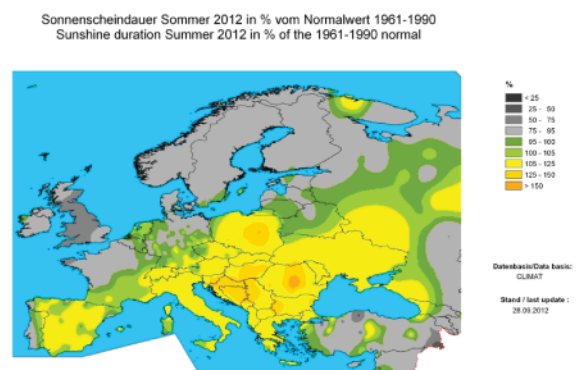
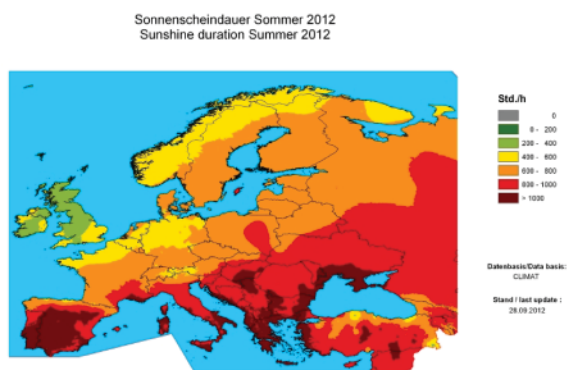
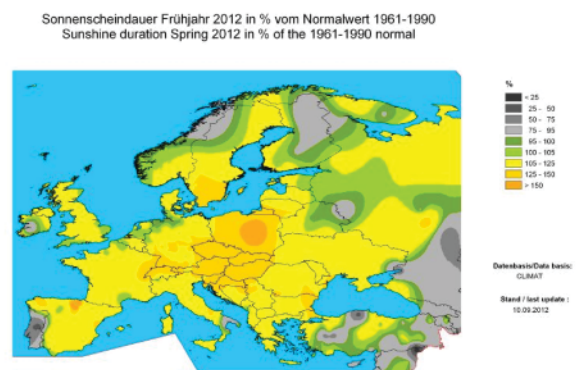
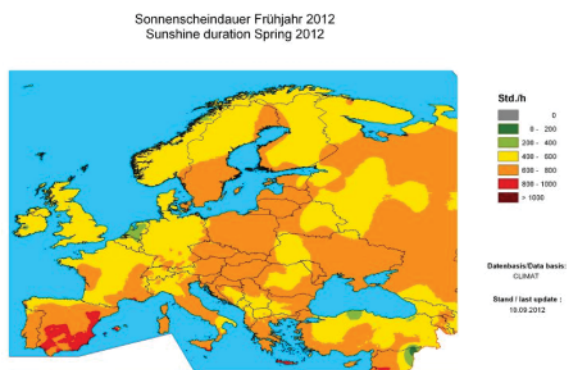
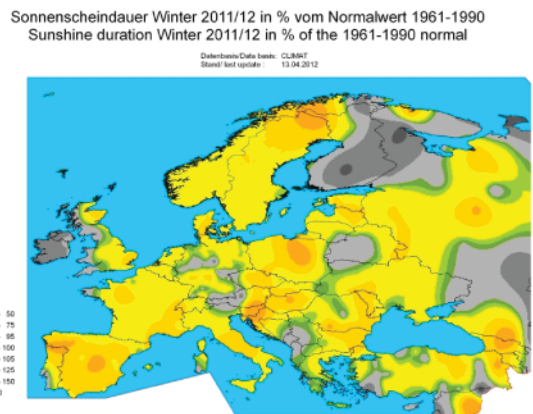
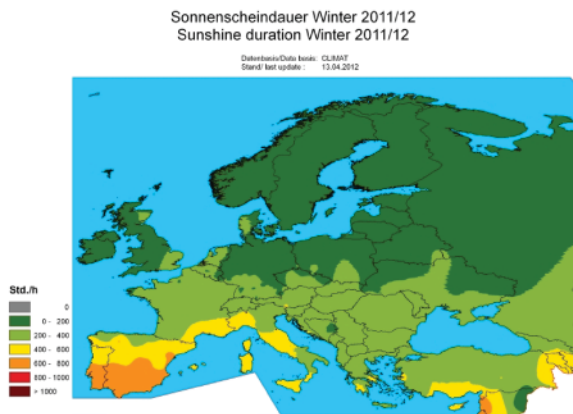


Abb.7a: Mittlere Sonnenscheindauer (in Stunden) für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.7b: Relative Anomalien (in %) der mittleren Sonnenscheindauer für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

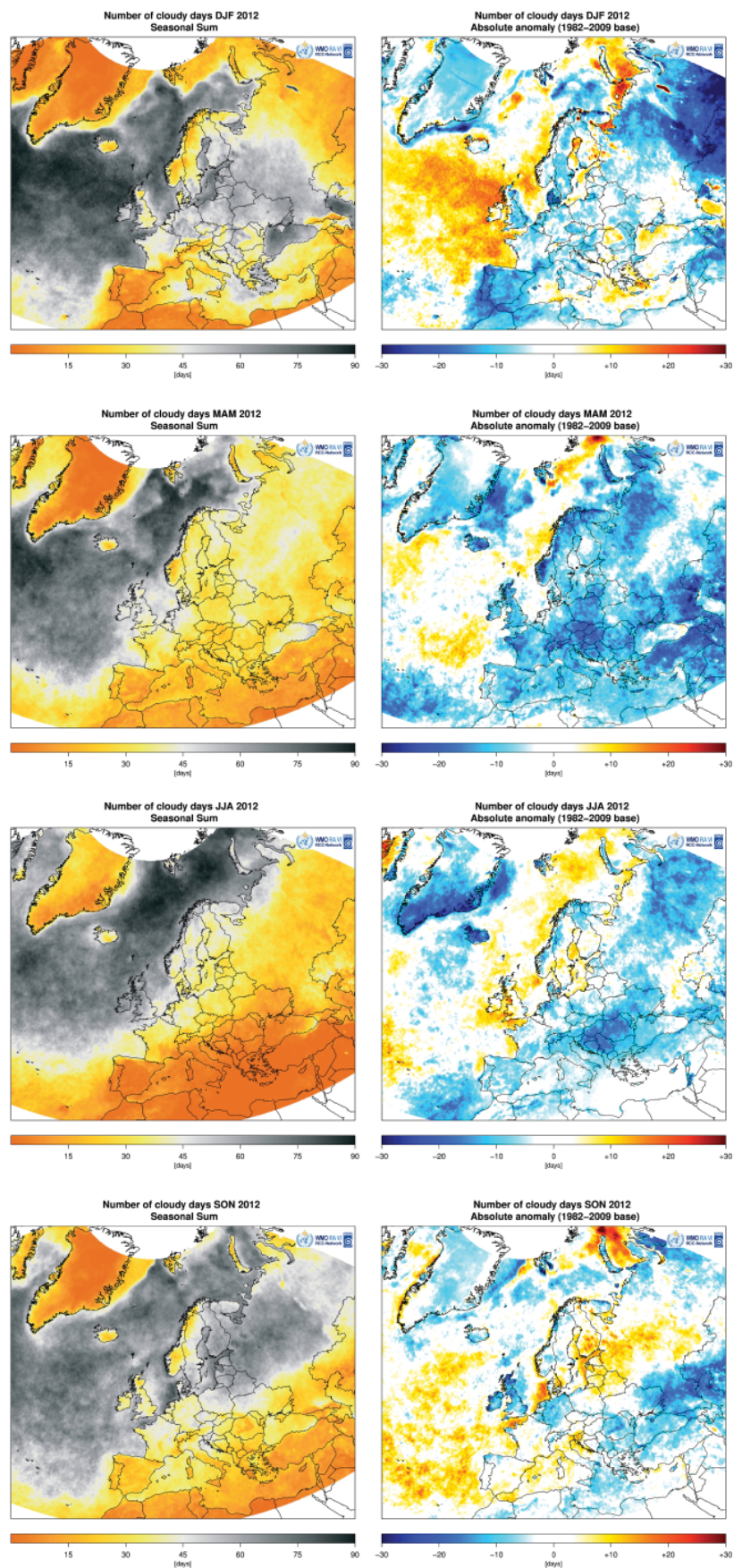


Abb. 8a: Jahreszeitliche Anzahl Trüber Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb. 8b: Absolute Anomalien der jahreszeitlichen Anzahl Trüber Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

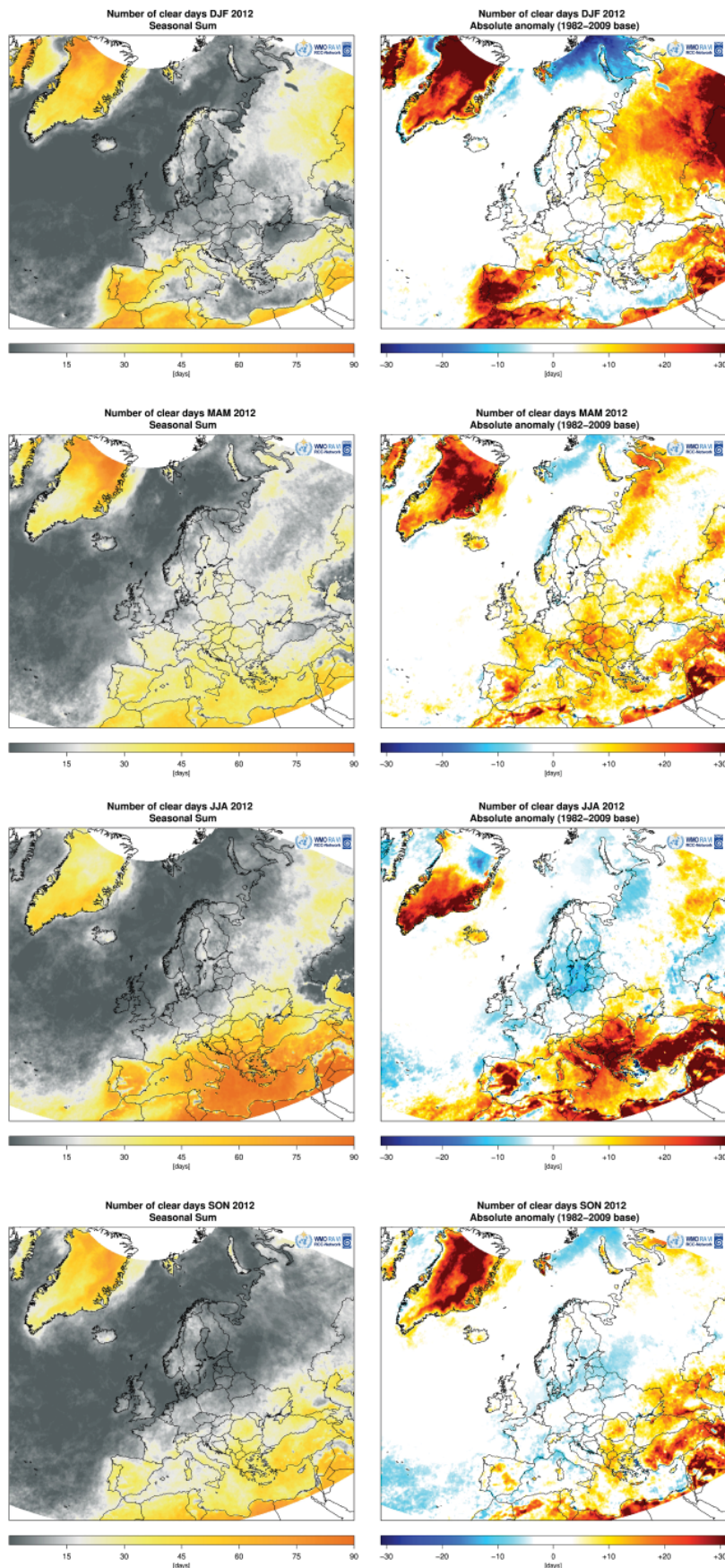


Abb.8c: Jahreszeitliche Anzahl Heiterer Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.8d: Absolute Anomalien der jahreszeitlichen Anzahl Heiterer Tage für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Globalstrahlung

In Abb. 9 sind die jahreszeitlichen Mittelwerte der Globalstrahlung und ihre relativen Anomalien dargestellt. Diese Auswertung basiert auf Daten des CM-SAF der MVIRI- bzw. SEVIRI-Instrumentes auf den geostationären METEOSAT-Satelliten. Als Referenzzeitraum stehen die Jahre 1983 bis 2005 zur Verfügung. Im Winterhalbjahr sind die Messwerte dieser Satelliten nördlich von etwa 55°N sehr unsicher oder gar nicht mehr vorhanden, wie man an den Bildern schnell sieht. Im **Winter 2011/2012** findet man negative Anomalien im Westen der Britischen Inseln, in Deutschland und dem Alpenraum, vielfach auf der Balkanhalbinsel sowie in Osteuropa (Abb. 9b, oben). Positive Anomalien werden vor allem über der Iberischen Halbinsel analysiert. Im **Frühjahr 2012** gab es positive Anomalien über dem Nordatlantik und auf Island, in der Nord- und Ostsee, in Teilen des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres (Abb. 9b, Mitte oben). Negative Anomalien sind vor allem in der östlichen Weißrussland und Westrussland zu sehen. Im **Sommer 2012** findet man stärkere positive Anomalien über dem Nordatlantik sowie auf der Balkanhalbinsel und negative Anomalien über den Britischen Inseln und dem Nordwesten des Kontinents, dem Westen Skandinaviens und den Baltenstaaten (Abb. 9b, Mitte unten). Im **Herbst 2012** gibt es noch in geringerem Maße positive Anomalien über dem Nordatlantik und deutlicher über dem Schwarzen Meer, dem Süden des europäischen Russlands und dem Kaspischen Meer (Abb. 9b, unten). Negative Anomalien dagegen findet man in einer Zone, die vom westlichen Nordafrika über die Iberische Halbinsel, Frankreich, Italien, die Alpen, Südosteuropa nach den Baltenstaaten, Weißrussland und dem europäischen Russland reicht. Auch im Nahen Osten gibt es noch negative Anomalien. Diese Muster stimmen recht gut mit den Anomalien der Sonnenscheindauer überein. Bei den Unterschieden muss man auch berücksichtigen, dass die Anomalien größtenteils betragsmäßig gering sind und die Bezugszeiträume sich unterscheiden. Eine bessere Übereinstimmung ist daher kaum zu erwarten.

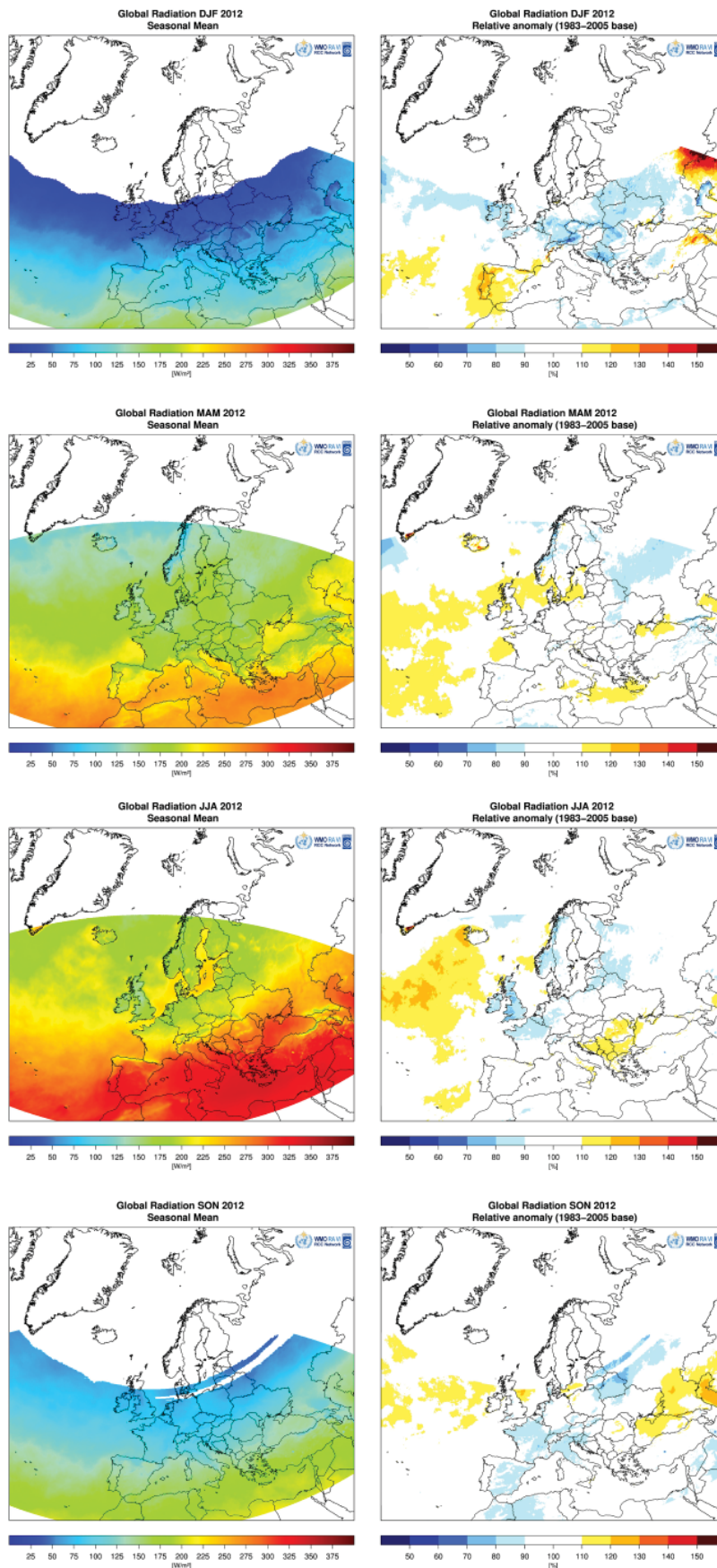


Abb.9a: Mittlere Monatssummen der Globalstrahlung (W/m^2) für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Abb.9b: Verteilung der Perzentile der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung für die Jahreszeiten Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012

Klimatologische Bewertung der Jahreszeiten anhand ausgewählter Klimaindizes

Mit den in ECA&D monatlich, jahreszeitlich und jährlich ausgewerteten Anomalien der Extremwertindizes lassen sich auch die Jahreszeiten hinsichtlich ihrer Besonderheiten näher beschreiben. Aus den verfügbaren Indizes wurden für jede Jahreszeit je ein repräsentativer Index für die Temperatur und den Niederschlag ausgewählt. Diese sind in Abb. 10 dargestellt.

Winter 2011/2012

Anhand der Anomalien des Index für die Andauer der Kälteperiode (Abb. 10, linke Spalte, oben, CSDI) wird der kühle Charakter des **Winters 2011/2012** deutlich gemacht.

Beim Niederschlag macht der 3-monatige standardisierte Niederschlagsindex (Abb. 10, rechte Spalte, oben, SPI3) die Trockenheit des Winters im Westlichen Mittelmeer und auf der Iberischen Halbinsel sowie für Südengland deutlich.

Frühjahr 2012

Das warme **Frühjahr 2012** wird eindrucksvoll durch die Anomalien der Anzahl warmer Tage (Abb. 10, linke Spalte, Mitte oben, TG90p) charakterisiert. Im **Frühjahr 2012** zeigt die positive Anomalie des Anteils sehr nasser Tage an der Niederschlagssumme oberhalb des 95 Perzentils (Abb. 10, rechte Spalte, Mitte oben, R95pTOT) den in der zweiten Hälfte der Jahreszeit häufig schon konvektiven Charakter in Süd- und Südosteuropa.

Sommer 2012

Im **Sommer 2012** ist die positive Anomalie der Anzahl der Tropennächte (Abb. 10, linke Spalte, Mitte unten, TR) vor allem im Mittelmeerraum und auf dem Balkan bemerkenswert. Im Sommer waren die extremen Starkniederschläge im zentralen Mittelmeer (Italien) und auf dem Balkan sehr markant, dargestellt durch die positiven Anomalien des Anteils extrem nasser Tage an der Niederschlagssumme oberhalb des 99 Perzentils (Abb. 10, rechte Spalte, Mitte unten, R99pTOT).

Herbst 2012

Im **Herbst 2012** lagen die täglichen Maxima der Temperatur vor allem im Bereich des zentralen Mittelmeerraums und auf dem Balkan sowie im Gebiet des Schwarzen Meeres deutlich häufiger als normal oberhalb des 90 Perzentils. (Abb. 10, linke Spalte, unten, TX90p). Die extremen Starkniederschläge dargestellt durch die positiven Anomalien des Anteils extrem nasser Tage an der Niederschlagssumme oberhalb des 99 Perzentils (Abb. 10, rechte Spalte, unten, R99pTOT) waren im **Herbst 2012** ebenfalls sehr markant und nicht nur auf das zentrale Mittelmeer beschränkt, sondern auch das westliche Mittelmeer und die östliche Balkanhalbinsel betreffend sowie auch das östliche Mittelmeer.

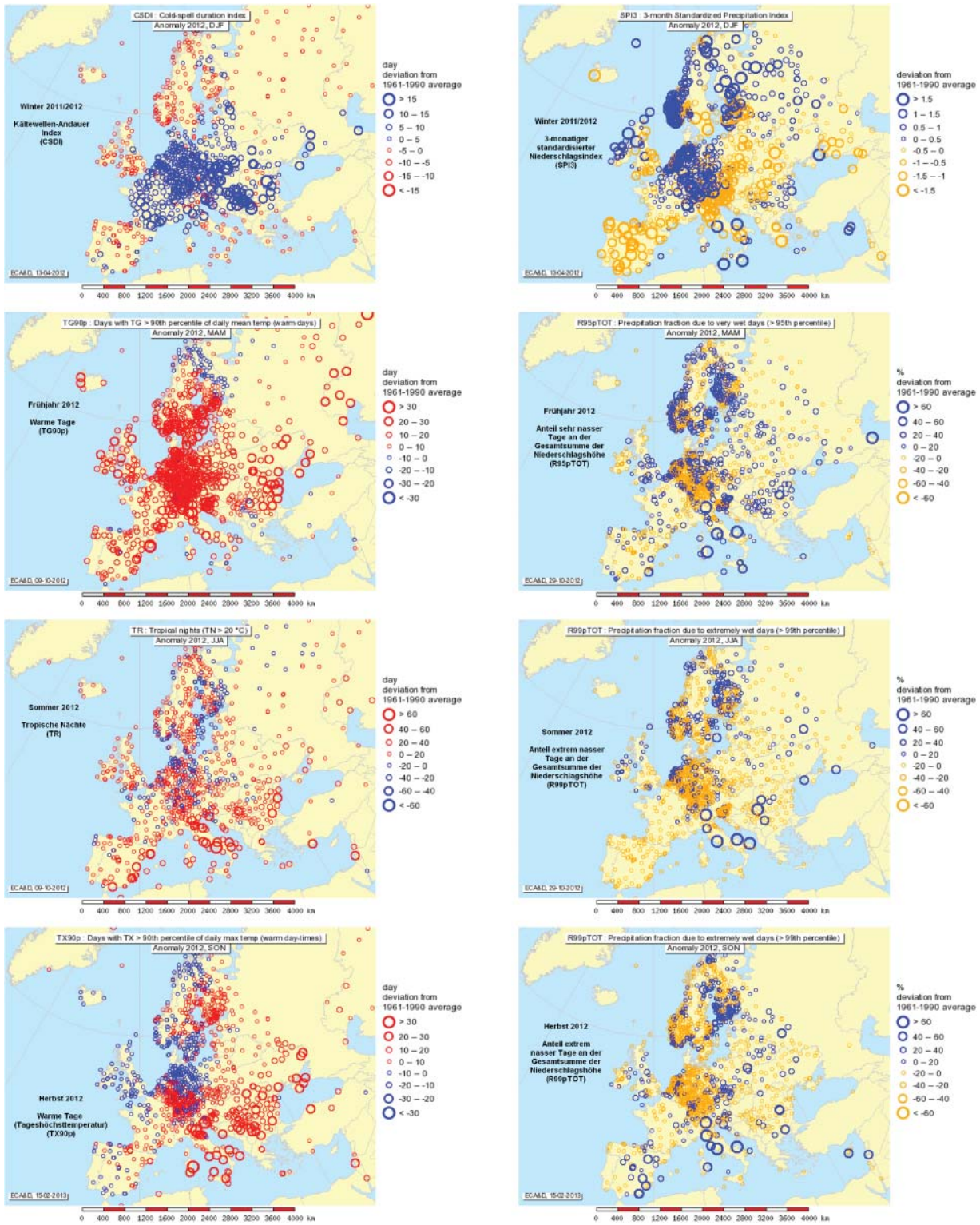


Abb. 10: Jahreszeitliche Anomalien ausgewählter Klimaindizes nach ECA&D

Besondere Ereignisse

Besondere Ereignisse werden in den Abb. 11 und 12 für die Jahreszeiten sowie in der Tab. 2 für die Monate des Jahres 2012 dargestellt. Abb. 11 zeigt die räumliche Verteilung extremer Anomalien der Temperatur und des Niederschlages (als Anomalien oberhalb vorgegebener Grenzwerte beider Elemente sowie des aus dem Niederschlag abgeleiteten Dürreindex) sowie für beide Elemente in gerasteter Form das Auftreten positiver Anomalien bestimmter Klimaindizes und von Windspitzen oberhalb Orkanstärke. Abb. 12 zeigt das Ergebnis von Datenbankabfragen der ESWD (European Severe Weather Database) für die Jahreszeiten und die Phänomene Starkwind, Starkniederschlag, Hagel und Tornado (Mindestqualitätslevel Q1 („report confirmed“)). Die Elemente dieser Datenbank basieren auf Zumeldungen freiwilliger Beobachtungen. Beide Darstellungen ergänzen einander. Beim Vergleich der Windeintragungen ist zu berücksichtigen, dass in Abb. 11 nur Windspitzen von mindestens 32 m/s berücksichtigt wurden, während in Abb. 12 auch niedrigere Windspitzen enthalten sind. Phänomene wie Hagel oder Tornado dagegen werden zwar auch von Wetterstationen der Nationalen Wetterdienste gemeldet, sind jedoch in deren Meldungen weitaus seltener zu finden, da die Beobachtungen ortsfest und zu festen Zeiten durchgeführt werden. Zu 4 überregionalen Ereignissen bzw. Anomalien liegen ausführlichere Berichte vor (s. unter Quellen und Referenzen).

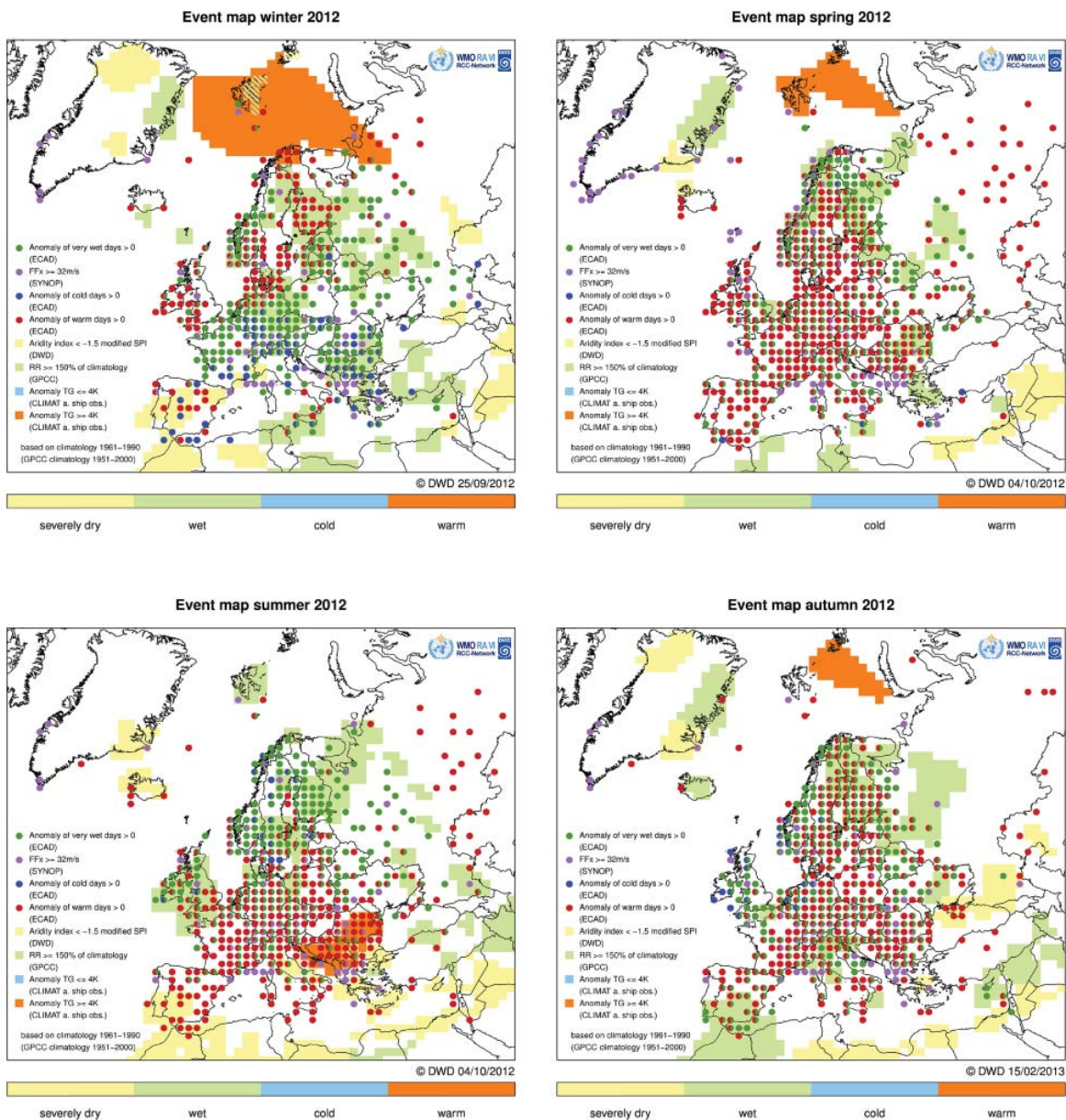
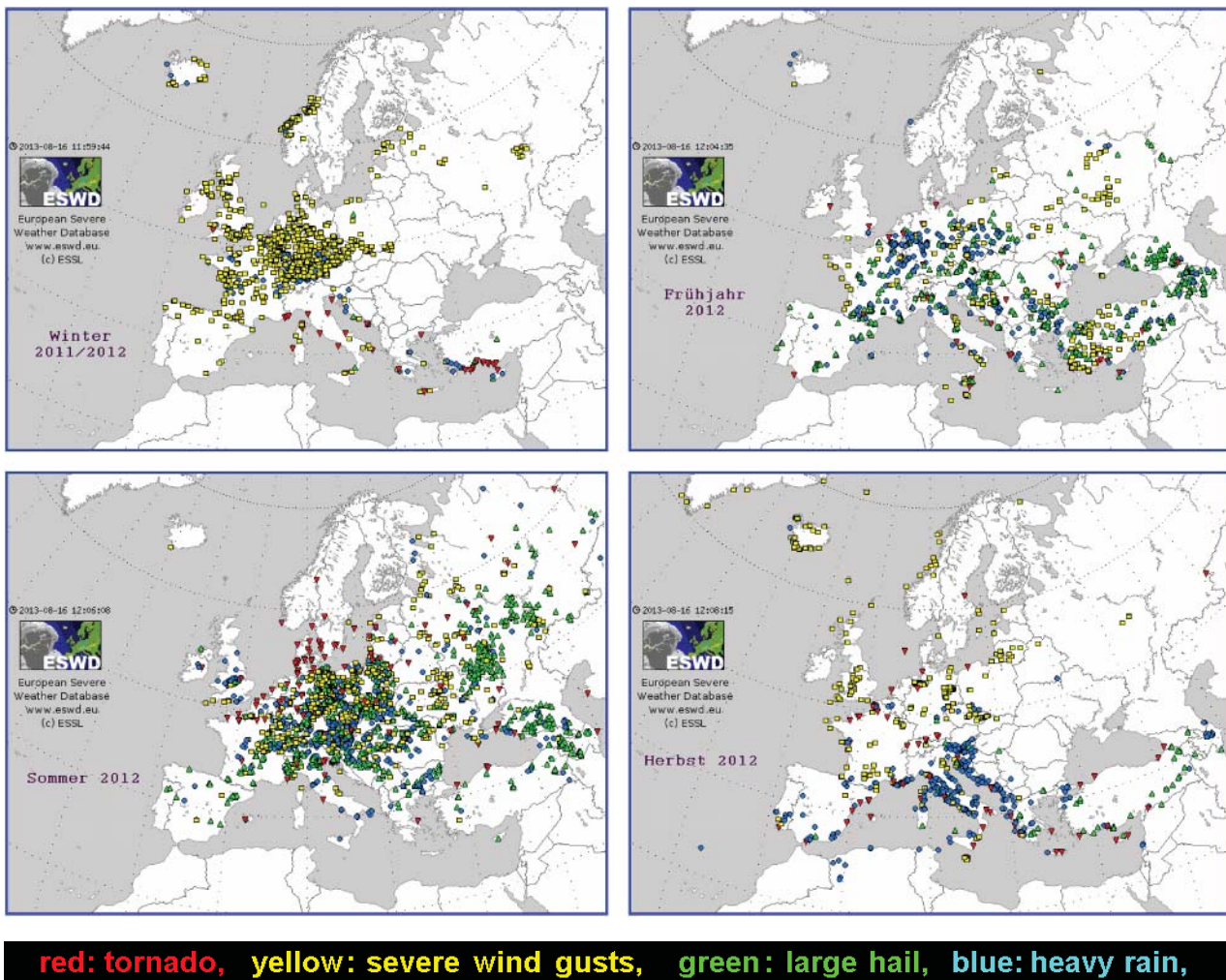


Abb. 11: Ereigniskarten für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012



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

Abb. 12: Ergebnisse von Datenbankabfragen in der European Severe Weather Database ESWD mit Mindestqualitätslevel QC1 (report confirmed) für die Phänomene Sturm, Starkregen, Hagel und Tornado für Winter 2011/2012, Frühjahr 2012, Sommer 2012 und Herbst 2012.

Besondere Witterungsereignisse in den einzelnen Monaten 2012 nach Berichten der europäischen Wetterdienste

Januar 2012

Zu Beginn des Monats traten 2 schadensträchtige Sturmereignisse auf. Das erste Sturmtief traf vor allem Großbritannien, die Nordsee, Deutschland und Dänemark. Großbritannien meldete 2 Todesopfer. Die norwegische Station Ekofisk meldete Wellenhöhen bis 11,4 m. In Deutschland gab es Schäden an Gebäuden und im Straßen- und Bahnverkehr. In Schottland wurden Schäden zusätzlich durch Starkregen und Hagel verursacht.

Das zweite Sturmtief wirkte sich in ganz Nordwest- und Mitteleuropa sowie auf dem Balkan aus. Schäden wurden von Großbritannien, Deutschland, Österreich, Slowenien und Kroatien, Bulgarien und dem Kosovo gemeldet. In Schottland stürzten in erheblichem Maße Bäume um. In Österreich kam es durch den mit dem Tief verbundenen Schneefall zu Lawinen. Schneeverwehungen hinderten viele Urlauber an ihren Heimfahrten. Auch in Bulgarien waren Einwohner und viele Touristen in den Wintersportorten von Schneeverwehungen und umgestürzten Bäumen betroffen. Im Kosovo entstand eine Notlage aufgrund der winterlichen Verhältnisse.

Februar 2012

Eine Kältewelle, die in der letzten Januarwoche eingesetzt hatte, dauerte bis Mitte Februar an. Die Kälte kostete etwa 600 Menschenleben. Erhebliche Schneemengen verursachten Schäden an Gebäuden und in Wäldern durch Lastbrüche in den Alpen und auf der Balkanhalbinsel. In Bulgarien, Rumänien, Moldawien und in Albanien waren Ortschaften vom Schnee eingeschlossen und mussten aus der Luft mit Lebensmitteln versorgt werden. Die sehr niedrigen Temperaturen ließen Flüsse gefrieren, sodass z.B. auf der Donau der Schiffsverkehr wegen Eisdrift eingestellt werden musste. In Bulgarien verursachte ein Dammbbruch eine schwere Überschwemmung.

März 2012

Hohe Temperaturen im März ließen den Schnee schmelzen und in den Alpen kam es zu erheblichen Lawinenabgängen. Durch die Wärme und die vorhergehende Trockenheit entwickelten sich Waldbrände sowohl in Österreich als auch in Bulgarien.

April 2012

Zu Beginn des Monats waren Schottland, Nordengland und Nordwales von einem heftigen Schneesturm betroffen. An den Küsten gab es hohe Wellen und Eislast und Sturm führten zur Unterbrechung von Stromleitungen. Ansonsten setzte sich die große Trockenheit fort und führte verbreitet zu Schäden in der Landwirtschaft (in Frankreich und Deutschland vor allem im Weinbau), zu Wasserknappheit auf den Britischen Inseln und auf der Donau wiederum zu Einschränkungen des Schiffsverkehrs. Auch die Neigung zu Waldbränden nahm zu. Österreich meldete mehrere Fälle. Mitte April richtete eine Zyklone in der Ägäis große Schäden in Griechenland und der Türkei an. In der Türkei kam ein Mensch zu Tode und 2 weitere wurden verletzt. In der zweiten Monatshälfte traten auf den Britischen Inseln Gewitterstürme und Starkregen auf. Auch in Deutschland starb eine Frau durch Blitzschlag. Die heftigen Regenfälle in Südengland und Wales führten zu Überschwemmungen und machten den April zum nassesten Monat seit Beginn der Aufzeichnungen, führten dort jedoch noch nicht zur Aufhebung der Wasserknappheit. Zum Monatsende entwickelte sich in Mittel- und Osteuropa eine Hitzewelle. Temperaturrekorde wurden vielerorts gebrochen. Die plötzlich einsetzende Hitze führte zu Gesundheitsproblemen z.B. in Österreich. Wiederum wurden Waldbrände gemeldet und Kärnten litt unter Wasserknappheit. Frankreich meldete einen Tornado über Toulouse.

Mai 2012

In Georgien traten Mitte des Monats schwere Überschwemmungen durch Starkregen und Schneeschmelze auf und trafen vor allem die Hauptstadt Tiflis. Hitze in West- und Südwesteuropa führte zu Gesundheitsbelastungen und sogar Todesfällen. Dagegen wurden Nord- und Mitteleuropa und die Balkanhalbinsel von einer strengen Kältewelle (Eisheilige) erfasst.

Juni 2012

Im Juni wurden vor allem die Alpen in Verbindung mit einer weit südwärts ausgreifenden Trogentwicklung auf dem östlichen Atlantik von mehreren konvektiven Ereignissen mit Starkniederschlägen betroffen. In Österreich waren die

Verhältnisse in der Region Liezen in der Steiermark katastrophal. Auf der Iberischen Halbinsel wurden in der letzten Juniwoche Höchsttemperaturen über 40°C (Cordoba 44,1°C) registriert.

Juli 2012

Im Juli setzte sich die starke Gewittertätigkeit fort. Österreich meldete 20 Tage mit Schäden durch Starkniederschlag oder Hagel. In der Schweiz und in Deutschland waren die Schäden geringer. Im Süden des europäischen Russlands starben am 7./8. Juli 150 Menschen am nordöstlichen Schwarzen Meer (Krasnodar) durch Überschwemmungen, die von einem kleinräumigen aber lange ortsfesten Tiefdrucksystem ausgelöst wurden. Am 12. Juli wurde mittels Satelliten dokumentiert, dass 97 % der Grönländischen Eisfläche an der Oberfläche geschmolzen waren. Vom Peterman Gletscher brach Mitte des Monats wieder ein großes Stück ab. In Polen wütete am 14. Juli ein Tornado mit einer Spurbreite von 300 m und einer Weglänge von 42 km. Es gab 7 Verletzte und ein Todesopfer. In den Mittelmeerländern, auf der Balkanhalbinsel und auch auf Madeira traten verbreitet verheerende Wald- und Buschbrände auf.

August 2012

Die Waldbrandsituation setzte sich auch im August noch fort. In Serbien mussten Tausende Menschen im Südwesten ihre Häuser verlassen.

Am 26. August erreichte die Arktische Eisausdehnung einen historischen Tiefststand unter dem Minimum vom September 2007.

September 2012

Eine Mittelmeerzyklone im Tyrrhenischen Meer, die vom 3.-5. September Korsika, Sardinien, Italien und Slowenien mit extremen Niederschlägen traf, wurde als Zyklone mit tropischem Charakter eingestuft. Vom 9. bis 11. September wurde Island von einem schweren Sturm mit Schnee und Eis getroffen. Straßen waren unterbrochen und die Bauern konnten kaum ihre Schafe von den Weiden retten. Ein Trog über Mitteleuropa, der weit nach Süden zum Mittelmeer reichte, brachte extrem intensive Niederschläge in den Alpen und dem westlichen Balkan. Am 12. September meldeten 30 Stationen in Slowenien und Kroatien tägliche Niederschlagshöhen teils erheblich über 50 mm, z.B. Rijeka hatte 220 mm. In den folgenden Tagen traten ähnlich extreme Niederschläge in Bosnien-Herzegowina und später in Griechenland auf. Am 23./24. September sorgte ein Tief mit Starkniederschlag von über 50 mm/d für Überschwemmungen in Yorkshire. Vom 25. bis 30. September trafen extreme Starkniederschläge in mehreren Wellen in Verbindung mit einem ostatlantischen, weit südwärts reichenden Trog die Iberische Halbinsel und das westliche Mittelmeer. Andalusien war am heftigsten betroffen. 10 Personen kamen in Sturzfluten um. Am 28. September traf ein Tornado Gandia und verletzte 35 Arbeiter in einem Vergnügungspark.

Oktober 2012

Anfang des Monats zog ein Herbststurm vom Süden der Britischen Inseln über Norddeutschland nach Polen. Besonders aus Polen, aber auch aus Deutschland wurden Schäden gemeldet. In Finnland führten Niederschläge bis 40-50 mm/d und über 100 mm in einer Woche bei gesättigtem Boden zu Überschwemmungen mit Schäden über 6 Mio. Euro in Landwirtschaft, Transport und Verkehr.

In der westlichen Ukraine trat eine verheerende Überschwemmung auf, die 65 Orte in 9 Bezirken betraf.

In der Zeit vom 18. bis 20. Oktober brachten Tiefdrucksysteme in Verbindung mit einem großen nordatlantischen Trog extreme Starkniederschläge und Wind sowohl im westlichen Mittelmeer als auch auf den Britischen Inseln. In Frankreich erreichten die 3-tägigen Niederschlagssummen zwischen 230 und 370 mm. In Devon und Cornwall gab es Überschwemmungen an den Küsten.

Ein Tief westlich der Iberischen Halbinsel brachte im westlichen Mittelmeerraum weitere extreme Starkniederschläge. In Portugal trat bei Evora ein Tornado auf. In Frankreich kamen 2 Menschen in Überflutungen in der Region Var und in den Alpes-Maritimes ums Leben. Auch in Slowenien und Kroatien und auf dem Balkan traten beim Weiterzug des Tiefs extreme Starkniederschläge auf. Am 26. Oktober wurden in Südfrankreich und in Kroatien örtlich um oder über 150 mm gemessen. Gleichzeitig traten starke Windböen auf. Die Schweiz erreichte einen Rekordwert der Höchsttemperatur von bis zu 29°C an mehreren Stationen am 29. Oktober.

Ende des Monats wurde dann sehr kalte Luft von Skandinavien in das östliche Mitteleuropa gelenkt. Schneefall trat auf, der in Deutschland und den Alpen verbreitet 8-10 cm Höhe in mittleren Lagen und in höheren Lagen 20-60 cm erreichte. Der Schnee war feucht und schwer und richtete darum auch in den Wäldern Schäden an.

November 2012

Im November zogen viele Tiefdruckgebiete auf südlicher Bahn und richteten im Mittelmeerraum große Schäden an. So wurde am 5. November besonders Slowenien von Überschwemmungen getroffen. Am gleichen Tag gab es auch extreme Starkniederschläge auf Madeira. In der Zeit vom 8. bis 17. November fielen extreme Niederschläge in Südostspanien, Südfrankreich, der Schweiz, Italien, an der Adriaküste, in Bulgarien, Serbien und in der Türkei. In Portugal trat am 16. November ein Tornado der Stärke F1/T2-F3/T6 auf. Seine Weglänge betrug 31 km und seine Breite 100 bis 300 m. Außer materiellen Schäden gab es 8 Verletzte. In der zweiten Novemberhälfte traten durch weiter nördlich ziehende Tiefs Sturm und Überschwemmungen im Südwesten Englands (21.-23.11.), aber auch in Nordfrankreich, den Niederlanden, in Norddeutschland und in der Nordsee am 27. November auf.

Ende des Monats erreichte ein Kaltluftvorstoß die Alpen und den Mittelmeerraum. Sein Zusammentreffen mit warmer Luft aus Afrika führte zu extremen Niederschlägen in der Schweiz und in Südfrankreich. Die Genuazyklone traf bei ihrem Weiterzug ostwärts wiederum die Adriaküste und später auch Griechenland mit ähnlich hohen Niederschlägen. Am 28. November trat ein Tornado in Italien bei Tarent auf. Dabei wurden 20 Personen verletzt.

Nördlich der Alpen sowie in den Alpen fielen die Niederschläge als Schnee und erreichten auch in Lagen bis 800 m noch Höhen von 30–40 cm.

Dezember 2012

Die erste Dezemberhälfte war in Mitteleuropa und auf dem Balkan von niedrigen Temperaturen mit starkem Schneefall bzw. teilweise gefrierendem Regen und starkem Wind geprägt. In der Schweiz wurden am 10. Dezember rekordverdächtige Schneehöhen in den tieferen Lagen erreicht. In Ostdeutschland und auf dem Balkan gab es erhebliche Schneeansammlungen durch Windverwehungen. Besonders im östlichen Mitteleuropa und auf dem Balkan kam es durch die großen Schneemengen zu katastrophalen Verhältnissen. Die niedrigen Temperaturen forderten besonders in der Ukraine viele Kältetote. Sturmfluten und erhebliche Regenmengen trafen die Britischen Inseln in der Monatsmitte und in der zweiten Monatshälfte. Österreich meldete die höchsten Weihnachtstemperaturen der letzten 60 Jahre mit über 18°C in Vorarlberg und um 7°C in über 2000 m Höhe. Der mit den warmen Luftmassen verbundene Regen traf jedoch auf den kalten Boden und verursachte Vereisung. Wo Schnee fiel, war dieser schwer und es gab Lawinenabgänge. Ein heftiger Schneesturm traf zum Jahresende Island und unterbrach dort die Stromversorgung.

Tab. 2: Auswahl besonderer Ereignisse im Jahre 2012

Quellen und Referenzen:*Allgemein:*

- Monthly Bulletin on the Climate in WMO Region VI - Europe and Middle East - , Dezember 2011 bis Dezember 2012, (<http://www.dwd.de/rcc-cm>; Reports)
- Monthly Event Calendars , Dezember 2011 bis Dezember 2012, (<http://www.dwd.de/rcc-cm>; Significant Weather Events, mit weiteren Quellenhinweisen zu den Ereignissen)
- The European Severe Weather Database ESWD (<http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi>)
- European Climate Assessment & Dataset ECA&D (<http://www.ecad.eu/>)
- Francis, J.A.; Vavrus, S.J. (2012): Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes Geophysical Research Letters Vol. 39, L06801, doi: 10.1029/2012GL051000, 2012
- Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201"
- Brugge, R. (2012): World Weather News 2012; University of Reading, UK; <http://www.met.reading.ac.uk/~brugge/world2012.html>
- Monatliche Berichte und Pressemitteilungen der Nationalen Meteorologischen und Hydrologischen Dienste in der RAVI (Links siehe in http://www.wmo.int/pages/members/region6_en.html)
- The Dartmouth Flood Observatory (<http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>)
- Das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) (<http://gpcc.dwd.de>)
- The Satellite Application Facility on Climate Monitoring CM SAF (<http://www.cmsaf.eu>)
- Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71-99, doi:10.5194/essd-5-71-2013.

Berichte zu ausgewählten überregionalen Ereignissen:

- P. Bissolli, H. Nitsche and A. Becker (2012): Numerous episodes of heavy rainfall in southern Europe in autumn 2012, <http://www.dwd.de/rcc-cm>
- P. Bissolli, M. Ziese, S. Pietzsch, P. Finger, K. Friedrich, H. Nitsche, A. Obregón, 2012: Drought conditions in Europe in the spring of 2012, <http://www.dwd.de/rcc-cm>
- P. Bissolli, 2012: Noticeable Ice Saints 2012, <http://www.dwd.de/rcc-cm>
- WMO RCC-RA II & RA VI, 2012: Cold spell in Europe and Asia in late winter 2011/2012, <http://www.dwd.de/rcc-cm>

Das Jahr 2012 im globalen Überblick

C. Lefebvre, A. Becker

Die für das Jahr 2012 ermittelte Globaltemperatur (Land und Ozean) beträgt 14,45°C nach Analyse der Climatic Research Unit of the University of East Anglia, Norwich, UK, und des UK Met. Office Hadley Centre in Großbritannien. Damit war 2012 um 0,45 K wärmer als der Zeitraum 1961-1990. Andere Analysezentren in den USA kommen mit ihren Datensätzen zu fast identischen Ergebnissen. Je nach Datensatz war das Jahr 2012 das 9. oder 10.-wärmste seit Beginn der Zeitreihen. Das bisher wärmste Jahr seit 1850 war 2010.

Der mittlere Jahresniederschlag der Landoberflächen lag nach Analysen des National Climate Data Centre der USA nur leicht über dem Mittelwert 1961-1990, während die beiden Vorjahre die ersten beiden Plätze aller Jahre seit 1900 belegten. Die Analysen des Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie bestätigen diesen Verlauf mit einem deutlich reduzierten mittleren Jahresniederschlag 2012 gegenüber 2011 und 2010, der sogar leicht unterhalb der Mittelwerte 1961-1990 und 1951-2000 liegt. Das Niederschlagsjahr 2012 war also im Mittel absolut normal, und im Gegensatz zur Temperatur kann man keine vergleichbare Drängung von Rekordjahren bezüglich des mittleren (!) globalen Niederschlags in der letzten Dekade beobachten.

Dieser ist nach wie vor stark von der Phase der „El Niño Southern Oscillation“ beeinflusst, wobei die kalte (La Niña) Phase, wie Sie in den Jahren 2010 und 2011 prägnant war, mit zu nassen Jahren einhergeht. Auch zu Beginn des Jahres 2012 wurde das globale Klima noch von einer schwach bis mäßig ausgeprägten La Niña Phase beeinflusst, die durch unterdurchschnittliche Wasseroberflächentemperaturen im tropischen Ostpazifik gekennzeichnet ist. Sie führte dazu, dass die mittlere Globaltemperatur des Zeitraums Januar bis März 2012 die geringste für diesen Zeitabschnitt seit 1997 war. Nach dem Ende der La Niña-Phase bestanden ab April bis zum Ende des Jahres neutrale Bedingungen.

Der Index der Nordatlantik Zirkulation, also die Luftdruckdifferenz zwischen Island und den Azoren, schwankte auch in 2012 wieder stark mit den Jahreszeiten allerdings umgekehrt zum Vorjahr mit einem Rekordabfall von einem Maximalwert im Dezember des Vorjahres bis zum Juni gefolgt von einem Anstieg auf zum Jahresende neutrale Bedingungen. Der Verlauf des NAO Index prägte auch in 2012 maßgeblich das Niederschlagsgeschehen in Europa zumindest im Winter und Frühjahr (Bissolli, 2012) mit Fernwirkungen bis nach Westrussland und Sibirien.

Temperatur

Im Jahresmittel deutlich zu warm war es vor allem auf dem nordamerikanischen Kontinent, mit weiträumigen Abweichungen von 2-3 K, südlich der großen Seen sogar von 3-4 K zum Mittel des Bezugszeitraums 1961-1990, sowie im nördlichen Sibirien (Abb. 1). Im Norden Westsibiriens und auf Spitzbergen im Nordpolarmeer wurden mit 4-5 K die höchsten Temperaturabweichungen beobachtet. Die USA erlebten das wärmste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn 1895, Kanada das 5.-wärmste. In Argentinien war 2012 ebenfalls das bisher wärmste Jahr der Zeitreihe, die 1961 begann. Zu kalt war es vor allem im südlichen Alaska, wo die Jahresmitteltemperaturen um 1-2 K unter dem Durchschnitt blieben. Der Januar war hier der kälteste seit Aufzeichnungsbeginn vor 95 Jahren.

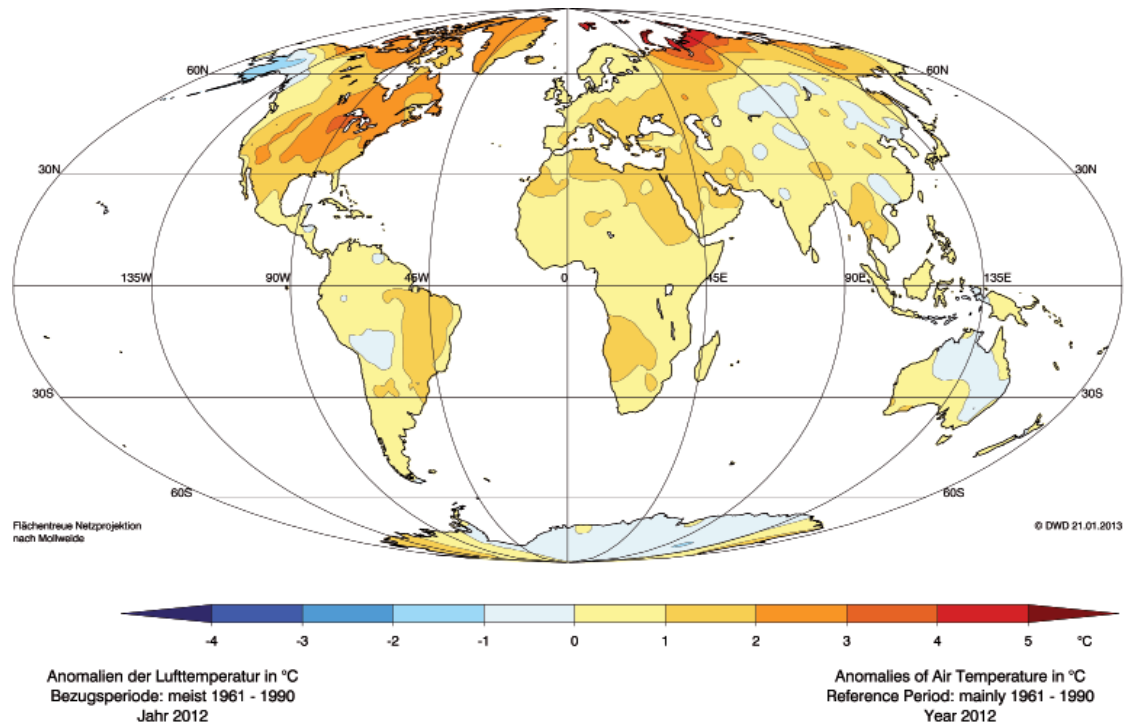


Abb. 1: Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2012 in °C

- Markante Hitze- und Kältewellen

Hitzewellen brachten neue Wärmerekorde. Am außergewöhnlichsten war wohl die Hitzewelle im März in den USA. Sommerliche Temperaturen brachen fast 15.000 bisherige Temperaturrekord. Selbst in Chicago stieg das Thermometer in diesem Monat bis auf 30°C! Die tiefsten Nachttemperaturen lagen teilweise über den bisherigen Höchsttemperaturen. Eine rasche Schneeschmelze und eine Explosion der Natur mit einer ungewöhnlich hohen Pollenkonzentration waren die Folge. Auch der August war in den USA der bisher wärmste. Dazu kam eine lang anhaltende Trockenheit (s.u.). Hitzewellen und Rekordtemperaturen im Sommer wurden aber auch aus anderen Teilen der Welt gemeldet. Für Südosteuropa war der Sommer 2012 der wärmste seit Aufzeichnungsbeginn, in Russland der 2.-wärmste nach dem Rekordsommer 2010. In Sibirien führten Trockenheit und hohe Temperaturen, die im Juni in Norden des Westsibirischen Tieflandes bis um 10°C und im Juli bis zu 5°C über dem Durchschnitt lagen, zu schweren Waldbränden, die den Flugverkehr behinderten. Aber auch im Mittelmeerraum entstanden im Sommer zahlreiche Waldbrände.

Nicht nur Deutschland, sondern weite Teile Europas wurden von Ende Januar bis Mitte Februar von einer markanten Kältewelle mit Dauerfrost heimgesucht. Teilweise gingen die Nachttemperaturen auf -20 bis -40°C zurück, im Osten Russlands bis auf -50°C. Über 600 Menschen fanden den Tod. Auch im Nordosten Chinas herrschte zu dieser Zeit solch eine eisige Witterung. Schlimmer wirkte sich jedoch Nachtfrost im August in der Hebei-Provinz aus, in der die Stadt Beijing (Peking) liegt. Auf 125.000 Hektar wurde Getreide geschädigt, was einen wirtschaftlichen Schaden von umgerechnet 25,7 Mio. US Dollar bedeutete. Im Dezember erlebte Russland eine Kältewelle, in der um Moskau Tiefsttemperaturen bis um -30°C und östlich des Urals sogar bis -50 bis nahezu -60°C (Ojmjakon: -58,6°C) gemessen wurden. Weit mehr als 100 Menschen fanden den Tod.

Niederschlag

Entsprechend der ausklingenden La Niña Phase war es in Australien zu Beginn des Jahres immer noch verbreitet zu nass, allerdings kehrte sich das Bild im Laufe des Jahres um, und die letzten 5 Monate des Jahres waren im Süden und Osten von Australien viel zu trocken. Es sind diese Abfolgen länger anhaltender Dürreperioden gefolgt von nur ein paar Tagen oder Wochen mit starken Niederschlägen, wie Sie im Jahr 2012 im Sahel auftraten, welche die größten Probleme mit Überschwemmungen und Springfluten verursachen. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die Trockenheit über dem zentralen Nordamerika noch verstärkt und ausgeweitet und auch die im Jahr 2011 noch eher zu nassen Regionen in Nord-Ost Brasilien, Pakistan, Indien und Namibia waren teilweise deutlich zu trocken (Abb. 2).

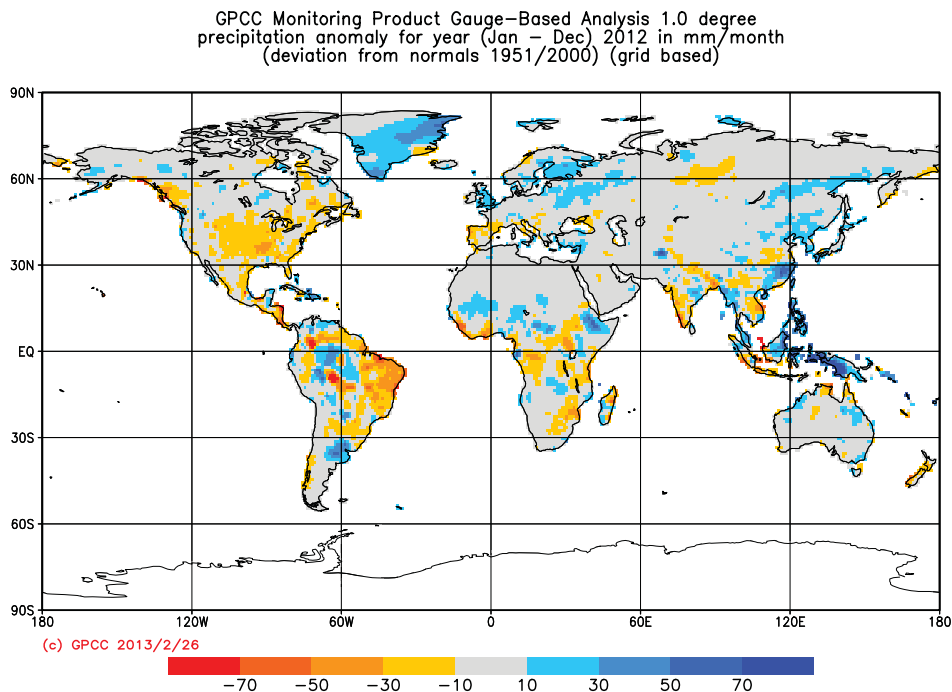


Abb. 2: Globale Verteilung der mittleren absoluten Niederschlagsanomalie des Jahres 2012 gegenüber der WZN Niederschlagsklimatologie 1951-2000

- Markante Dürren und Überschwemmungen

In der westlichen Sahelzone, insbesondere in den Staaten Burkina Faso, Mali, Niger und Tschad führten unterdurchschnittliche Niederschläge, die hier vor allem in der Regenzeit von Juni bis September fallen, im Jahr 2011 und in der 1. Jahreshälfte 2012 zu starken Einbußen in der Landwirtschaft und zu Nahrungsmittelknappheit. Im Anschluss an diese Dürreperiode lösten Starkniederschläge ab August zu Überschwemmungen, die wiederum einen Teil der Pflanzen vernichteten. Zudem kamen allein im Staat Niger mehrere Dutzend Menschen ums Leben und über hunderttausend wurden obdachlos. In den USA setzte sich eine extreme Dürre, die schon 2011 den zentralen Süden der USA (insbesondere Texas) erfasst hatte, fort und weitete sich aus. Gegen Ende September waren 65 % der USA von einer mäßigen bis außergewöhnlichen Dürre betroffen, die in der Landwirtschaft zu Einbußen von mehreren Milliarden US-Dollar führten. Ab Ende des Sommers brachte dann aber teilweise sehr ergiebiger Regen eine Entspannung der Lage. In Europa war besonders der Jahresbeginn sehr trocken. Februar und März 2012 zählten nicht selten zu den bisher trockensten. In Brasilien verzeichnete der Norden in der 1. Jahreshälfte die schlimmste Dürre seit 50 Jahren. Trockenheit in der 1. Jahreshälfte herrschte auch in der südlichsten Provinz Chinas Yunnan und Teilen der nördlich angrenzenden Provinz Suchuan, wodurch wirtschaftliche Schäden von mehr als 780 Mio. US-Dollar verursacht wurden. Westrussland und Westsibirien meldeten aufgrund von Trockenheit im Juni und Juli landwirtschaftliche Verluste von 630 Mio. US-Dollar.

Stürme

- Stürme in Europa

Gleich Anfang Januar 2012 verursachten die beiden Sturmtiefs ULLI und ANDREA, die Böen bis Orkanstärke auslösten, Schäden. Zunächst waren Großbritannien, Norwegen, Dänemark und der Norden Deutschlands besonders betroffen, vom 2. Tief, dem viel Schnee nachfolgte, auch Österreich, die Schweiz, Slowenien, der Kosovo und Bulgarien. Vom 9. bis 11. September bewirkte ein Sturmtief direkt östlich von Island Schnee und Eisregen. Ein seltenes Ereignis war das Vordringen von Hurrikan GORDON bis zu den Azoren. Er überquerte die beiden südöstlichen Azoreninseln Santa Maria und São Miguel, verursachte Sturmschäden und lokale Überschwemmungen. Um den Monatswechsel September/Okttober zog dann der Tropensturm NADINE über mehrere Tage um die Azoren, machte aber keinen Landgang. Am 28./29. November brachte das Tief HEIKE, das sich im Golf von Genua bildete, exponierten Höhenlagen der Alpen Orkanböen. Vor allem löste es aber in Südfrankreich, der Schweiz, an der Adriaküste und später auch in Griechenland ergiebige Regenfälle bis zu 100 bis 160 mm in 2 Tagen aus sowie bis zu 70 cm Schnee in den Alpen und nördlich davon.

- Tropische Wirbelstürme

Tropische Wirbelstürme entstehen über den warmen Weltmeeren in einer Entfernung von mindestens 500 km vom Äquator. Da sie Ihre Energie aus der Verdunstung von Wasser ziehen, ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für ihre Entstehung eine Wasseroberflächentemperatur von mindestens 26,5°C über eine hinreichende Wassertiefe. Weitere Bedingungen sind eine genügende Luftfeuchte in der mittleren Troposphäre (rund 5 km Höhe), eine nicht zu geringe Temperaturabnahme mit der Höhe, geringe vertikale Windänderungen und ein bereits existierendes Tiefdruck- oder Gewittersystem.

Die Wirbelsturmaktivität aller Ozeane lag im Jahr 2012 mit insgesamt 83 Stürmen (Windgeschwindigkeit mindestens 62 km/h) im Bereich des Mittelwertes von 1981-2010 (85 Stürme). Im dritten Jahr in Folge entstand über dem Nordatlantik eine überdurchschnittliche Anzahl von 19 Stürmen. Der Aufsehen erregendste war Hurrikan SANDY im Oktober, der in der Karibik und im Nordosten der USA insbesondere durch gewaltige Regenmengen wie auch durch Sturmfluten große Schäden an der Infrastruktur verursachte und das Leben in New York stark behinderte. Insgesamt brachte er mehr als 200 Menschen den Tod. Noch mehr Todesopfer forderte der Taifun BOPHA Anfang Dezember im Nordwestpazifik. Er erreichte mit maximalen Windgeschwindigkeiten (1-Minuten Mittel) von rund 260 km/h, was der Stärke eines Hurrikans der höchsten Kategorie und damit der größten Zerstörungskraft entspricht, die Südspitze Mindanao der Philippinen. Über 900 Menschen starben und nahezu 600 blieben vermisst. Aber auch in anderen Seegebieten zogen tropische Wirbelstürme auf das Festland und über Inseln hinweg und hinterließen starke Schäden und Todesopfer.

- Tornados

Gleich ab Jahresbeginn ereigneten sich in den USA eine Reihe schwerer Tornados. Die meisten wurden im März und April beobachtet, wobei die Anzahl von 154 im März ungewöhnlich hoch war. Ein heftiger Tornadoausbruch am 2./3. März forderte 42 Todesopfer, die meisten davon in Kentucky und Indiana. Da das Aufkommen in der 2. Jahreshälfte meist nur noch bei rund 40 im Monat oder darunter lag, war die Gesamtzahl mit 936 Tornados (vorläufiger Wert des Storm Prediction Center der NOAA) deutlich unter dem der beiden Vorjahre (2011 : 1691). Auch in Europa traten einzelne Tornados auf, die Schäden und Verletzte hinterließen, so am 28. September in Gandia an der Ostküste Spaniens und am 28. November in Taranto im Südosten Italiens.

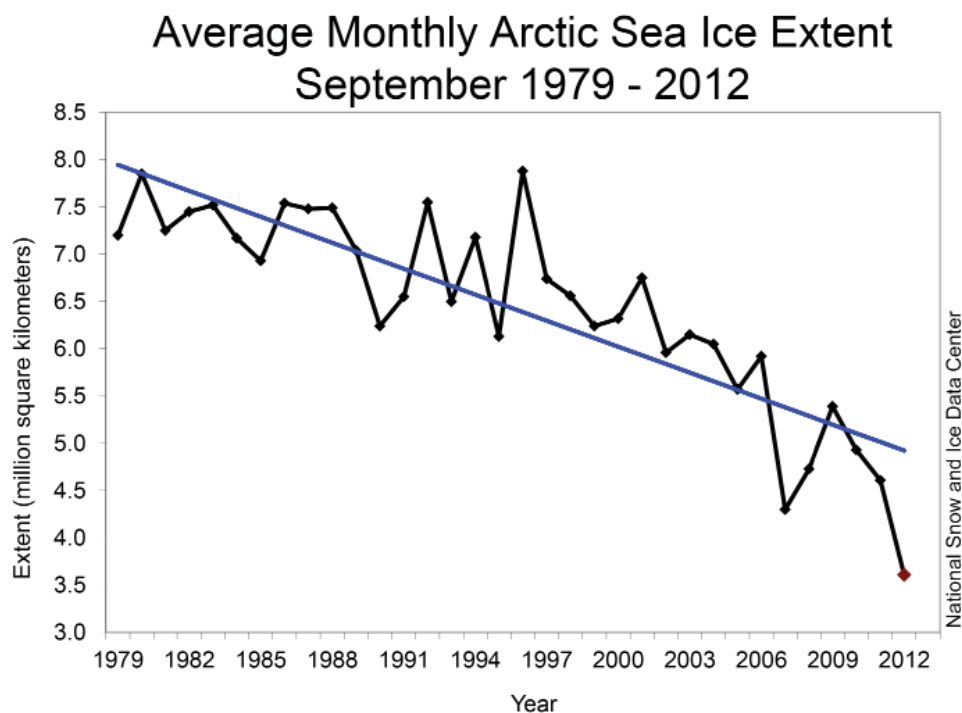


Abb. 3: Mittlere Meereisausdehnung im Nordpolarmeer im Monat September für den Zeitraum 1979-2012

Meereisbedeckung

Die Eisbedeckung auf dem Nordpolarmeer hat einen ausgeprägten Jahresgang mit einem Maximum im März und einem Minimum im September. Am 16. September 2012 wurde mit 3,41 Mio. km² die geringste Meeresbedeckung seit Beginn der Satellitenbeobachtungen im Jahr 1979 verzeichnet. Das Monatsmittel für September lag mit 3,61 Mio. km² um 2,91 Mio. km² oder 45 % unter dem Mittel des Zeitraums 1981-2010 (Abb. 3). Seit 1979 hat die Eisbedeckung im September um 1,3 % pro Jahr abgenommen. Um die Antarktis verläuft der Jahresgang der Meereisbedeckung genau entgegengesetzt. Anders als in der Arktis verzeichnet das antarktische Meereis eine Zunahme. Am 26. September wurde die bisher größte Eisbedeckung mit 19,4 Mio. km² seit Beginn der Satellitenmessungen 1979 verzeichnet.

Neben der Nordostpassage nördlich von Sibirien war auch die Südroute der Nordwestpassage, die sog. Roald Amundsen-Route im kanadischen Archipel eisfrei und wurde von Frachtschiffen zur Verkürzung des Seewegs genutzt.

Ozonloch

Das Ozonloch über der Antarktis war weniger stark ausgeprägt als in den letzten Jahren. Mit maximal 21,2 Mio. km² Fläche wurde die 2.-kleinste Ausdehnung der letzten 20 Jahre beobachtet.

Quellen:

WMO, 2012: Record Arctic Sea Ice Melt, Multiple Extremes and High Temperatures.

WMO Press Release No. 966

WMO, 2013: WMO statement on the status of the global climate in 2012 (draft)

NOAA, NCDC; 2013: State of the Climate. Global Analysis, Annual 2012. (<http://www.ncdc.noaa.gov/scotc/global>)

Wetterlagen ändern sich mit dem Klimawandel

U. Riediger

Klima, Witterung und Wetterlagen

Wetter und Klima sind im europäischen Raum überwiegend geprägt durch wandernde Hoch- und Tiefdruckgebiete. Die Dynamik der Tiefdruckgebiete verlagert Fronten mit Warm- oder Kaltluftvorstößen, während die Eigenschaften der Hochdruckgebiete durch absinkende und blockierende Luftbewegungen gekennzeichnet sind. Täglich kann über die geographische Position dieser Wetter bestimmenden Hoch- und Tiefdruckgebiete die aktuelle Wetterlage abgeleitet werden.

In der Regel sind daran typische Witterungsverhältnisse gebunden: die in Mitteleuropa vorherrschenden Westwinde bewegen meist feuchte, maritime Luftmassen vom Nordatlantik nach Deutschland und führen zu milden, regnerischen Wintern und relativ kühlen, regenreichen Sommern. Hingegen kommt es durch ein vermehrtes Auftreten von Ostwetterlagen zu kontinental geprägten, trockenen, kalten Wintern oder in den Sommermonaten zu trockenem und heißem Wetter. Beim Rückblick auf die letzten Monate (November 2011-Dezember 2012) lassen sich die Zusammenhänge zwischen Wetterlage und Witterung sehr gut beschreiben.

Rückblick - November 2011 bis Dezember 2012

Der November 2011 war der trockenste Monat seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Andauernde Hochdruckgebiete im osteuropäischen sowie baltischen Raum führten häufiger zur Wolkenauflösung und zu äußerst trockenen Witterungsbedingungen (blockierende Omegalage). Ähnliche Wetterlagen waren ebenfalls für den Hitzesommer 2003 verantwortlich. Diese windschwachen Wetterlagen wirken z.B. verstärkt auf den innerstädtischen Wärmehaushalt (Früh et al. 2011) und begünstigen Inversionslagen mit z.B. erhöhter Feinstaubbelastung (Demuzere et al. 2009).

Im Gegensatz zu diesen Wettertypen sorgten im Dezember 2011 und im Januar 2012 gehäuft vorgekommene Westwetterlagen für sehr nasse Verhältnisse mit hohen Niederschlagsraten und ungewöhnlich milder Winterwitterung. Im Februar 2012 kam es durch weit ausufernde, sibirische Kältehochs (Cooper und Dieter) zu extrem niedrigen Temperaturen in weiten Teilen Europas (WMO 2012).

Fast das gesamte Wettergeschehen des trockenen, warmen März 2012 wurde durch stationäre Hochdruckgebiete über den Britischen Inseln bestimmt. Neue Witterungsrekorde wurden für Temperatur, Niederschlag sowie Sonnenschein nur knapp verfehlt. Während die nachfolgenden Monate durch wechselnde Witterungsbedingungen gekennzeichnet waren, wurde der August 2012 durch sonnenreiche Hochdrucksituationen und Hitzewellen mit Südströmungen beeinflusst.

Ein Sprung in den Dezember 2012 zeigt herausragende Niederschlags- und Temperaturanomalien, die ihren Ursprung in dominierenden Tiefdruckgebieten hatten. Deshalb wurde das Weihnachtsfest 2012 größtenteils schneefrei und mit frühlingshaften Temperaturen gefeiert.

Der Jahresrückblick verdeutlicht, wie verschiedenartig der Einfluss markanter Wetterlagen auf die monatliche Witterung sein kann. Dabei spielt häufig die Andauer einer Wetterlage oder ein verstärktes Auftreten oder die geographische Ausdehnung der Hochs und Tiefs eine enorme Rolle für die Entwicklung meteorologischer Phänomene (wie der Hitze- und Kältewellen oder Trocken- und Nassperioden).

Klimamodelle und Reanalysen

Klimatologische Langzeitstudien teilen Wetterlagen in Klassen mit typischer Witterung ein. Eine Wetterlagenklassifikation kann subjektiv z.B. durch den Meteorologen mit Blick auf die Wetterkarte oder objektiv durch vorgegebene Computeralgorithmen (Philipp et al. 2010) erstellt werden. Vorteil eines objektiven Verfahrens ist, dass es einerseits enorme Datenmengen atmosphärischer Modelle abarbeitet und andererseits die Wetterlage stets eindeutig, konsistent reproduziert – im Gegensatz zum Meteorologen.

Beim Deutschen Wetterdienst werden objektive Wetterlagen operationell analysiert und für die nächsten Tage vorhergesagt – das nun seit den späten 70er Jahren. Neuerdings werden auch Wetterlagen für eine ferne Zukunft untersucht, wie diese mithilfe von Klimasimulationen projiziert wird.

Im Wesentlichen stützen sich die hier präsentierten Ergebnisse auf zwei Datenstränge – Reanalysen und Klimamodelle: Bei der Analyse der Vergangenheit werden Reanalyse Datensätze verwendet, die auf Modellrechnungen beruhen, ähnlich derer aus der Wettervorhersage. Durch die Einheitlichkeit des Modells und der Assimilation gemessener Da-

ten verschiedenster Quellen (z.B. Satellitentechnologie) wird ein möglichst in sich physikalisch stimmiger, qualitativ hochwertiger Datensatz hergestellt. Die Reanalysen reproduzieren die großskalige Luftdruckverteilung und damit alle Wetterlagen, die für das Witterungsverhalten relevant sind (Brönnimann et al. 2009). Aufgrund der Erstellungsart und ihres Aufbaus eignen sich diese Datensätze hervorragend für einen Vergleich mit Simulationsdaten, die von globalen Klimamodellen stammen.

Klimamodelle bleiben ein unverzichtbares Werkzeug, um die zukünftigen Eigenschaften atmosphärischer Parameter physikalisch zu berechnen. Viele Klimamodelle sind seit langem in der Lage großräumige Luftdruckmuster realistisch zu simulieren. Für Vergangenheit und Zukunft werden im Kontroll- und Projektionszeitraum die elementaren atmosphärischen Prozesse unter Annahme von Emissionsszenarien (z.B. A1B, B1, A2) für relevante Treibhausgase wie z.B. CO₂ simuliert. Für die Berechnung der Wetterlagen wurden verschiedene Läufe der aus dem 4. IPCC Sachstandsbericht bekannten Klimamodelle verwendet.

Wie akkurat und damit glaubwürdig die Simulationen es schaffen, typische Wetterlagenmuster abzubilden, macht eine Beurteilung der Fähigkeiten und Güte der Klimamodelle möglich. Nach bisherigen Auswertungen kann die Wetterlagenhäufigkeit in den meisten Modellläufen mit sehr hoher Genauigkeit innerhalb der Klimakontrollperiode (1951-2000) durch Klimamodelle reproduziert werden. Nur einzelne Modellläufe können das mäßig gut und zeigen die Tendenz zu unter- oder überschätzen.

Für eine möglichst gute Einschätzung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sollte deshalb ein Multi-Model-Ansatz berücksichtigt werden. Hierfür werden Ergebnisse aus einem Ensemble von Klimasimulationen bewertet, um unzureichende Informationen einer Einzelsimulation zu erkennen und Unsicherheiten einschätzen zu können.

Beobachtete und zukünftige Wetterlagentrends

Die in der Vergangenheit beobachteten und zukünftig zu erwartenden Veränderungen geben der Klimaforschung notwendige Impulse, die Zusammenhänge des Klimasystems besser zu verstehen. Ist zukünftig mit einer Veränderung der Häufigkeit markanter Wetterlagen zu rechnen, so dürfte dies unmittelbar Auswirkungen auf die klimatischen Randbedingungen in Deutschland haben: Lufttemperatur, Windstärke, Niederschlag und Wetterextreme wie Starkregen, Böen oder Gewitter können sich ändern (Donat et al. 2010, Jacobeit et al. 2009, Pinto et al. 2007).

Die großräumige Luftdruckverteilung der Atmosphäre beeinflusst vom Prinzip alle Kontinente (z.B. in Form der äquatorialen Passat-Winde bis zu den polaren Kältehochs). Das Klimasystem muss deshalb global diskutiert werden, um anschließend deren Auswirkungen schrittweise auf Deutschland zu fokussieren. Im Folgenden werden die vergangenen und die potentiell zukünftigen Entwicklungen in den Wetterlagenmustern für Deutschland vorgestellt.

Entlang der Luftmassengrenze zwischen kalter Polarluft und warmer Subtropenluft entstehen stets temperaturbedingte Ausgleichsbewegungen in Form von Hoch- und Tiefdruckgebieten. Durch den Klimawandel bedingt, werden die derzeit bemerkbaren Änderungen mit einer polwärts orientierten Verlagerung der Hauptwind- und -drucksysteme beschrieben (Reichler 2009). In den mittleren Breiten ist die Westwindzone Teil dieser polwärtigen Verlagerung. Sowohl in Beobachtungsdaten als auch in Klimamodellen werden diese Trends abgebildet. Dieses Phänomen ist auf der Südhemisphäre aufgrund fehlender Landflächen deutlich robuster als auf der Nordhemisphäre ausgeprägt (Thompson et al. 2000, Cohen & Barley 2005).

Dies wird auch über geänderte Verhältnisse des bodennahen Luftdrucks in den höheren zu den mittleren Breiten (z.B. Nordatlantische Oszillationen) widerspiegelt (Pinto et al. 2007). Diese Trends unterliegen auf der nördlichen Hemisphäre einer größeren Variabilität als auf der südlichen (Thompson & Solomon 2002). Eine Abgrenzung der anthropogenen Verursachung und der natürlichen Schwankungen ist auch bei den Wetterlagentrends schwierig zu beziffern.

Auswirkungen sind eine damit verbundene verstärkte Häufigkeit der Westströmung und eine Abnahme der östlichen Windrichtungen, teilweise sind auch nördliche und südliche Windkomponenten betroffen. Erkenntnisse aus den Reanalyse- und Simulationsdaten bestätigen bereits innerhalb der vergangenen Jahrzehnte vergleichbare Trends (Bengtsson et al. 2006).

Die sehr häufig auftretenden Südwest- und Nordwestwetterlagen nehmen in der Zukunft in fast allen Klimaprojektionen zu. Mit der Zunahme der Westwinde und einem verstärktem, meridionalen Druckgradienten über Mitteleuropa ist im Winter mit einem Zuwachs von Stürmen und hohen Windgeschwindigkeiten zurechnen (Donat et al. 2010), wobei eine Verlagerung des Polarfrontjetstreams und assoziierter Tiefdruckzugbahnen auch zu erwarten ist (Ulbrich et al. 2009, Meehl et al. 2007, Yin 2005).

Bereits in frühen Arbeiten wird für das Winterhalbjahr von einer Zunahme der zonalen, milden Wetterlagen berichtet, die mit einer Abnahme der meridionalen, kalten Strömung Hand in Hand verläuft (Bárdossy & Caspary 1990). Diese Aussagen wurden später erneut bestätigt, in dem eine Verstärkung der Westwinde über Mitteleuropa erkannt wurde (Werner et al. 2000). Besonders in den 1960er bis in die frühen 1990er Jahre kam es zu einer Zunahme (Abnahme) von antizyklonalen (zyklonalen) Strömungen im Winter (Kyselý & Huth 2006).

Von den Klimamodellen wird für blockierende Wetterlagen eine gleichbleibende Andauer und eine abnehmende Häufigkeit simuliert – sowohl global (Barnes et al. 2011) als auch für den atlantisch-europäischen Bereich (de Vries et al. 2013). Allerdings sind diese Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten, da diese häufig extreme Wetterbedingungen bewirken und alle Modelle diese blockierenden Strömungen (stark mäandrierende Rossby-Wellen) generell deutlich unterschätzen.

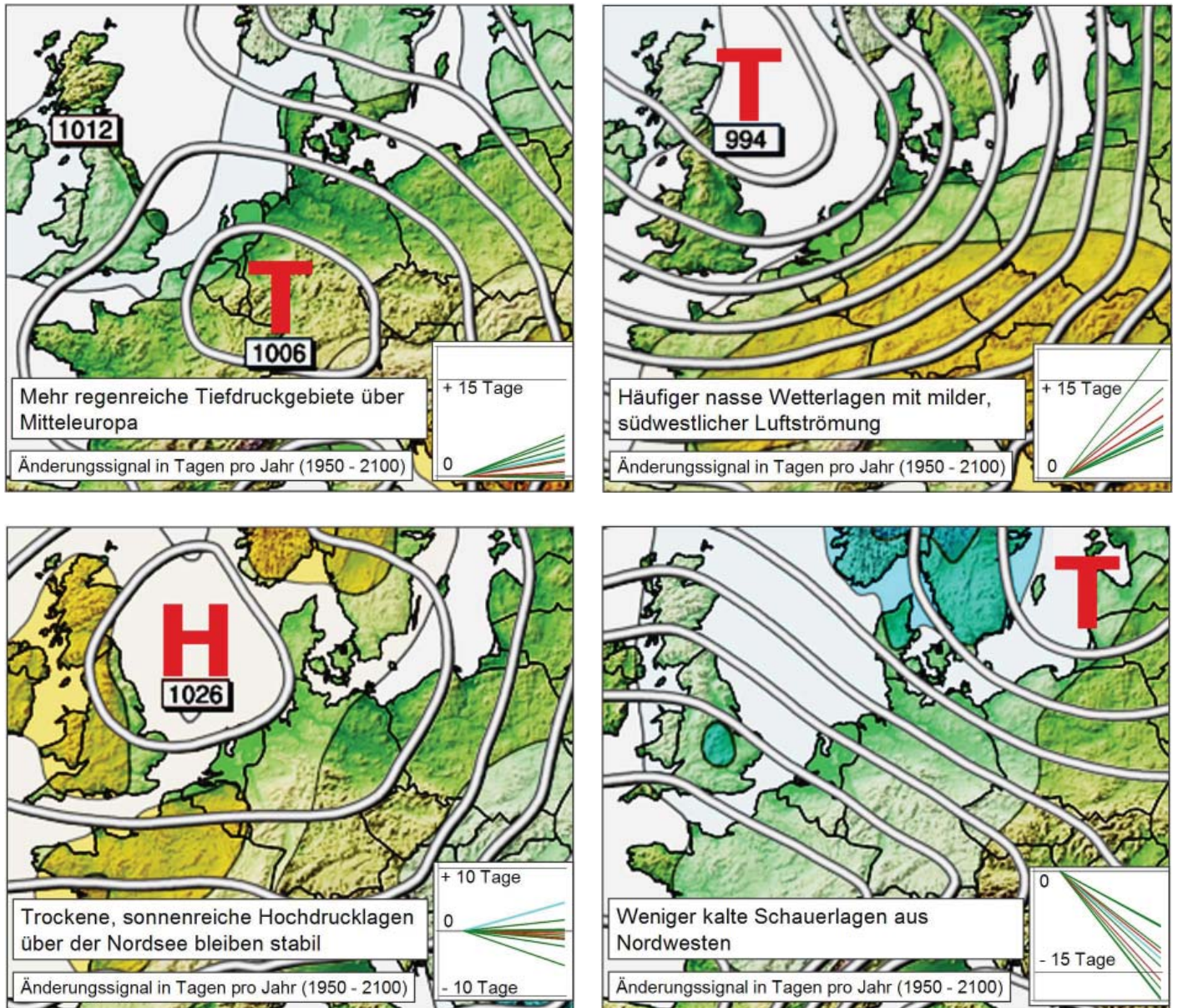


Abb. 1: Änderungssignale in Tagen pro Jahr über den Zeitraum von 1950 bis 2100 und mittlere, bodennahe Strömungsfelder der zykonalen Südwestwetterlage (links oben), des Tiefs Mitteleuropa (rechts oben), des Hochs Nordostlage (links unten) und der Nordwestlage mit Höhentrog (rechts unten)

Neben zahlreichen Wettersituationen, die das Wettergeschehen bestimmen, werden nun vier für Deutschland wichtige Wetterlagen vorgestellt: Eine Zunahme von zentral über Mitteleuropa liegenden, feuchten Tiefdruckgebieten wird im Großteil der Klimaprojektionen erkannt (Abb. 1, links oben). Die zyklonale Strömung und Hebungsprozesse fördern dabei die Labilität in der Atmosphäre und mit einem überdurchschnittlich hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luftsäule liefert diese Wetterlage somit Sommer wie Winter eine Voraussetzung für Starkniederschläge. Diese Wetterlage ist häufig an mittel- oder westeuropäische Troglagen geknüpft und zeigte auch in der Vergangenheit einen Anstieg in den Sommermonaten (Fricke 2002). Troglagen können Ausgangspunkt sein für die Ausbildung von Mittelmeerzyklonen, die über eine Vb-Zugbahn sehr hohe Niederschlagsextreme verursachen (Hochwasser an Oder 1997 und Elbe 2002 (Rudolf & Rapp 2002) und jüngst im November 2011 in Italien).

Die durch Tiefdruckeinfluss charakterisierten, niederschlagsreichen Südwestwetterlagen werden vor allem im Winter deutlich zunehmen (Abb. 1, rechts oben). Dabei werden feucht-milde Luftmassen nach Deutschland transportiert, die oft und auch heftigen Regen verursachen. In Sommermonaten hingegen reduziert sich die Anzahl dieser Wetterlagen (Fabig 2007).

Kein klaren Trends werden von den Modellen bei der trockenen Hochdrucklage simuliert (Abb. 1, links unten). Im Sommer kann sich diese Wetterlage stabilisieren, blockierend wirken und regionale Hitzeextreme und großräumige Trockenheit fördern. Prominente Beispiele sind die Hitzesommer 2003 und 2006. Die Ausbildung solcher blockierender Wetterlagen wird jedoch nur teilweise in den Klimasimulationen abgebildet (Kreienkamp et al. 2010).

Eine typische Schauerwetterlage, die Nordwestlage mit eingelagertem Höhentrog (Abb. 1, rechts unten) ist einheitlich durch Abnahmetrends in den Projektionen gekennzeichnet. Sommerliche Kaltlufteinbrüche könnten dadurch zukünftig in verminderter Zahl auftreten. Die Abnahme sommerlicher Nordwestwetterlagen ist bereits in der Vergangenheit nachzuweisen (Fricke 2002).

Fazit

Sowohl die Beobachtungen als auch die Klimasimulationen deuten in Vergangenheit und Zukunft auf Veränderungen bei den Häufigkeiten relevanter Wetterlagen. Vor allem im Winterhalbjahr bringen mehr regenreiche Tiefdruckgebiete aus dem Westen vermehrt Niederschläge und Starkregen. Sie werden unsere Winter bis zum Ende des Jahrhunderts im Mittel nasser und milder machen. Im Sommer werden solche feuchten, regenreichen Wetterlagen hingegen seltener. Das führt zu mehr Trockenheit und tendenziell mehr Dürren, Niedrigwasser und Risiken im Wassermanagement. Zu beachten bleibt bei der simulierten zukünftigen Entwicklung der Wetterlagen eine sehr hohe Variabilität von Jahr zu Jahr im Verhältnis zum langjährigen Trendverhalten (Demuzere et al. 2008), so dass große Unsicherheiten bei den absoluten Maxima dieser Ereignisse bestehen. Dennoch ist es nicht unwahrscheinlich, dass sich bereits beobachtete Trends der Vergangenheit in der Zukunft fortsetzen.

Glossar

Antizyklonal: Wetterlage mit überwiegendem Hochdruckeinfluss, welche zu meist durch relativ störungsfreies Wettergeschehen gekennzeichnet ist.

Ferrel-Zelle: Westwindzone der gemäßigten Breiten, gekennzeichnet durch hohe Energieunterschiede zwischen Polar- und subtropischer Luft

Inversionslage: Sperrschicht, die einen Austausch zwischen tief und höher liegenden Luftschichten verhindert, durch die Umkehr des normalerweise mit der Höhe abnehmenden Temperaturverlaufs.

Jetstream: ein schmales, bandartiges Starkwindfeld in der hohen Troposphäre

Nordatlantische Oszillation (NAO): beschreibt Intensität und Lage der atlantischen Westwindzone, die durch das Zusammenspiel zwischen Azorenhoch und Islandtief bestimmt wird

Omega-Lage: stabile Hochdrucklage, bei der das Strömungsfeld stark an den griechischen Großbuchstaben Omega erinnert.

Polarfront: Luftmassengrenze der mittleren Breiten zwischen Luft tropischen und polaren Ursprungs

Rossby-Welle: großräumige Wellenbewegung der Atmosphäre mit einer meridonalen Schwingung und einer westwärts gerichteten Phasengeschwindigkeit

Troglage: großräumiges Gebilde tiefen Luftdrucks, dessen Isobarenführung in Wetterkarten an die Form eines Futtertrogs erinnert

Vb-Zugbahn: Tiefdruckgebiete, die üblicherweise von der Adria nordwärts über Österreich und Ungarn nach Tschechien und Polen ziehen.

Westwindzone: dominante Luftströmung von West nach Ost in den mittleren Breiten (von 35° bis 65°)

Zyklonal: Wetterlage mit überwiegendem Tiefdruckeinfluss, welche zumeist durch wolken- und niederschlagsreiches Wettergeschehen gekennzeichnet ist.

Literatur

- Bárdossy & Caspary: Detection of climate change in Europe by analyzing European atmospheric circulation patterns from 1881 to 1989, *Theor. Appl. Climatol.* 42, 1990
- Barnes, Slingo & Woollings: A methodology for the comparison of blocking climatologies across indices, models and climate scenarios, *Clim. Dyn.* 38, 2011
- Bengtsson, Hodges & Röckner: Storm tracks and climate change. *J. Clim.* 19, 2006
- Bissolli & Dittmann: The objective weather type classification of the German Weather Service and its possibilities of application to environmental and meteorological investigations. *Met. Z.* 10, 2001
- Brönnimann, Stickler, Griesser, Fischer, Grant, Ewen, Zhou, Schraner, Rozanov & Peter: Variability of large-scale atmospheric circulation indices for the northern hemisphere during the past 100 years. *Met. Z.* 18, 2009
- Cohen & Barlow: The NAO, the AO, and global warming: how closely related? *J. Clim.* 18, 2005
- Demuzere, Werner, van Lipzig & Röckner: An analysis of present and future ECHAM5 pressure fields using a classification of circulation patterns. *Int. J. Climatol.* 29, 2008
- Demuzere, Trigo, Vila-Guerau de Arellano & van Lipzig: The impact of weather and atmospheric circulation on O₃ and PM₁₀ levels at a rural mid-latitude site. *Atmos. Chem. Phys.* 9, 2009
- Donat, Leckebusch, Pinto & Ulbrich: European storminess and associated circulation weather types: future changes deduced from a multi-model ensemble of GCM simulations. *Clim. Res.* 42, 2010
- Fabig: Die Niederschlags- und Starkregenentwicklung der letzten 100 Jahre im Mitteldeutschen Trockengebiet als Indikatoren möglicher Klimaänderungen. Diss. Universität Halle-Wittenberg, 2007
- Fricke: Hängen vermehrte Starkniederschläge am Hohenpeißenberg mit veränderten Wetterlagen zusammen? *Klimastatusbericht 2002*, Deutscher Wetterdienst, 2002
- Früh, Koßmann & Roos: Frankfurt am Main im Klimawandel – eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 237, 2011
- Jacobeit, Rathmann, Philipp & Jones: Central European precipitation and temperature extremes in relation to large-scale atmospheric circulation types. *Met. Z.* 18, 2009
- Kreienkamp, Spekat & Enke: Stationarity of atmospheric waves and blocking over Europe - based on a reanalysis dataset and two climate scenarios. *Theor. Appl. Climatol.* 102, 2010
- Kyselý & Huth: Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. *Theor. Appl. Climatol.* 85, 2006
- Meehl and coauthors: Global climate projections. In: Solomon and coauthors: *Climate Change 2007: the physical science basis*, Fourth IPCC Report, Cambridge Press, 2007
- Philipp, Bartholy, Beck, Ericum, Esteban, Fettweis, Huth, James, Jourdain, Kreienkamp, Krennert, Lykoudis, Michaelides, Pianko-Klucynska, Post, Álvarez, Schiemann, Spekat, Tymvios: Cost733cat – A database of weather and circulation type classifications. *Phys. Chem. Earth*, 35, 2010
- Pinto, Ulbrich, Leckebusch, Spanghel, Reyers & Zacharias: Changes in storm tracks and cyclone activity in three SRES ensemble experiments with the ECHAM5/MPI-OM1 GCM. *Clim. Dyn.* 29, 195-210, 2007
- Reichler: Changes in the Atmospheric Circulation as Indicator of Climate Change. – in: *Climate Change: Observed Impacts on Planet Earth*. Ed. Trevor Letcher. Chapter 7, Elsevier, Amsterdam, 2009
- Rudolf & Rapp: Das Jahrhunderthochwasser der Elbe: Synoptische Wetterentwicklung und klimatologische Aspekte. *Klimastatusbericht 2002*
- Thompson, Wallace & Hegerl: Annular modes in the extratropical circulation. Part II: trends. *J. Clim.* 13, 2000
- Thompson & Solomon: Interpretation of Recent Southern Hemisphere Climate Change. *Science* 3, 2002
- Ulbrich, Leckebusch & Pinto: Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review. *Theor. Appl. Climatol.* 96, 2009
- De Vries, Wooling, Anstey, Haarsma & Hazeleger: Atmospheric blocking and its relation to jet changes in a future climate, *Clim. Dyn.* 2013
- Werner, Gerstengarbe, Fraedrich & Oesterle: Recent climate change in the North Atlantic/European sector, *Int. J. Climatol.* 20, 2000
- WMO: Cold spell in Europe in late winter 2011/2012, wmo.int
- Yin: A consistent polewards shift of the storm tracks in simulations of 21st century climate. *Geophys. Res. Lett.* 32, 2005

Agrarklimatologische Untersuchungen am Standort Bernburg-Strenzfeld als methodischer Vorschlag für ähnlich gelagerte Auswertungen

F. Böttcher, M. Schmidt

Einleitung

Die klimatischen Randbedingungen, geprägt von der geographischen Breite, der Lage zum Meer, der Höhe über dem Meeresspiegel, der Geländeexposition und anderen Faktoren, stellen neben den pedologischen Voraussetzungen eines Standortes die wichtigsten Gegebenheiten für die Entscheidung zur Durchführung der Art und Weise des Pflanzenbaus an einem Standort dar. Durch die klimatischen Bedingungen werden sowohl das Spektrum der angebauten Kulturpflanzenarten und -sorten, die Art der Bodenbearbeitung und die Ertragserwartung und damit das wirtschaftliche Ergebnis der Pflanzenproduktion maßgeblich bestimmt. Die Kenntnis der agrarklimatischen Verhältnisse eines Standortes ist in diesem Kontext als ein wichtiges Managementwerkzeug zu betrachten, das hilft, standörtlich wirtschaftlich optimalen Pflanzenbau betreiben zu können.

Problemstellung

Bernburg-Strenzfeld ist ein traditionsreicher Pflanzenbaustandort, der seit dem 19. Jahrhundert durch die Gründung der Herzoglich Anhaltischen Versuchsstation ins Leben gerufen wurde und durch die Etablierung des Instituts für Pflanzenzüchtung und den Aufbau der Hochschule für Land- und Nahrungsgüterwirtschaft sowie die Ansiedlung einer Außenstelle des Instituts für Getreideforschung Hadmersleben entwickelt wurde. Durch die politischen Veränderungen im Zuge der Einheit Deutschlands wurde die genannte Hochschule Teil der Hochschule Anhalt und die Einrichtung zur Getreideforschung stellte die Keimzelle für die am Standort angesiedelten Teile der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt (LLFG) dar. Daneben sind am Standort Firmen der Saatzuchtbranche tätig. Am Standort Bernburg-Strenzfeld hat die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG e.V.) in jüngster Zeit ihr internationales Pflanzenbauzentrum eingerichtet (Anonym 2011). Allen diesen Einrichtungen ist gemein, dass für ihre Arbeiten die Kenntnis der agrarklimatischen Verhältnisse essentiell ist.

In zwei wissenschaftlichen Abschlussarbeiten wurde versucht, eine Aufarbeitung der am Standort vorhandenen und -je nach meteorologischem Element- zum Teil bis ins 19. Jahrhundert zurück reichenden meteorologischen Messwerte durchzuführen. Dabei sollten:

1. die vorhandenen Auswertungen überprüft und ergänzt werden, um einen praxisnahen Datensatz zur Verfügung zu haben, der es ermöglicht, die herrschenden klimatischen Bedingungen zu nutzen, um optimaler in der Pflanzenproduktion am Standort einwirken zu können und klimatische Risiken besser abzuschätzen.
2. ein Beispiel für standörtliche agrarklimatische Datenauswertungen geliefert werden, das es ermöglicht -je nach Datenlage- auch an anderen Standorten ähnliche Auswertungen anzufertigen.

Die Bedeutung der einzelnen meteorologischen Elemente für den Pflanzenbau

Die Pflanzenwelt reagiert auf viele Umweltfaktoren. Zu den wichtigsten zählen die meteorologischen Standortbedingungen, beschreiben diese doch zum großen Teil, ob die gegebenen Verhältnisse ausreichende, günstige oder optimale Entwicklungsmöglichkeiten für die jeweilige Art erlauben. Die prägendsten meteorologischen Elemente (v. Wilamowitz et al. 1980, van Eimern & Häckel 1984 und Bouma 2009) sind:

- Luft- und Bodentemperaturen
- Wasserhaushaltsgrößen wie Niederschlag, Verdunstung, Sickerung und Bodenfeuchte
- Strahlungsgrößen wie Sonnenscheindauer und Globalstrahlung
- Luftfeuchte
- Pflanzenphänologische Daten.

Die Temperatur (Luft und Boden)

Die Temperatur sowohl des Bodens wie auch der Luft ist bedeutsam für die Pflanzenentwicklung und ebenso für die Entwicklung von schädigenden Einflüssen durch Schaderreger. Dies soll an ein paar Beispielen dargestellt werden:

- a) Nach der winterlichen Vegetationsruhe startet das Wachstum der Winterungen im Frühjahr, wenn bestimmte Temperaturen sowohl in der Luft wie im Boden erreicht sind.
- b) Ab bestimmten Bodentemperaturen leben Nitrifikationsprozesse im Boden auf (Knittel et al. 2012).
- c) Die Keimung bestimmter Fruchtarten ist abhängig vom Erreichen bestimmter Temperaturen im Boden (v. Wilamowitz et al. 1980)
- d) Tiefere Temperaturen verzögern die Entwicklung der Pflanzen.
- e) Bestimmte pilzliche Schaderreger benötigen einen Lufttemperaturkorridor, um sich entwickeln zu können

(Bouma 2009).

- f) Sehr hohe Lufttemperaturen in kritischen Entwicklungsphasen können zu einer Reduzierung der angelegten Anzahl von Körnern je Ähre führen (Wheeler et al. 1996), was Mindererträge nach sich zieht.
- g) Frost ist für alle Pflanzenarten ein einschneidendes Temperaturreignis.

Man kann an diesen wenigen, keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebenden Beispielen erkennen, wie vielgestaltig die thermischen Wirkungen sind und wie wichtig die Kenntnis der entsprechenden Bedingungen eines Standortes für den Pflanzenbau einzuschätzen ist.

Der Bodenwasserhaushalt

Der Ertrag und damit auch der wirtschaftliche Erfolg werden unter anderem durch die vorherrschende Verdunstung und daraus folgend durch das den Pflanzen zur Verfügung stehende Wasser im Boden maßgeblich mitbestimmt. An ausgewählten Beispielen wird der Einfluss bestimmter Bodenwasserhaushaltsgrößen deutlich:

- a) Die Verdunstung hat einen erheblichen Einfluss auf den Entzug des vorhandenen Bodenwassers und vermindert damit langfristig den Wassergehalt im Boden und damit die (Nährstoff)versorgung der Pflanzen.
- b) Die Klimatische Wasserbilanz als Differenz aus Niederschlag und potentieller Verdunstung, erlaubt einfache Aussagen zum Wasserhaushalt einer Region für unterschiedlich lange Zeiträume.
- c) Sickerwasserströme beeinflussen die Grundwasserneubildung sowie die Rate des Nitrataustrags in tiefere Bodenschichten.
- d) Eine optimale Bodenfeuchte gewährleistet eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen. Ist die Bodenfeuchte zu gering, kommt es zu Versorgungsengpässen, die Welken und nachfolgend möglicherweise Mindererträge der Pflanze zur Folge haben.

Der Niederschlag

Niederschlag fallend, abgesetzt oder als Decke aus festen Niederschlägen hat beispielsweise in den folgenden Formen Einfluss auf den Pflanzenbau:

- a) Die fallenden Niederschläge sorgen für die Versorgung der Pflanzen mit Wasser, damit die Produktionsprozesse in den Pflanzen überhaupt ablaufen können. Wichtig ist allerdings auch, dass es Zeiträume ohne Niederschlag gibt, in denen Bodenbearbeitungs-, Bestellungs-, Pflanzenschutz- und Erntemaßnahmen durchzuführen sind (Feiffer 1975, v. Wilamowitz 1980, Bouma 2009).
- b) Abgesetzte Niederschläge sind mitverantwortlich für Blattbenetzungszeiten, die unter Umständen auch pilzlichen Schaderregern Entwicklungsbedingungen bieten. Ferner sorgen durch abgesetzte Niederschläge hervorgerufene Blattbenetzungszeiten für eine längere Abtrocknungszeit bei der Produktion von Heu und Anwelksilage (van Eimern & Häckel 1984).
- c) Abgelagerte Niederschläge schützen einerseits als Schneedecken vor Frosteinwirkungen, andererseits können lange Andauerzeiten von Schneedecken dazu führen, dass sich die Temperaturen unter der Schneedecke bis nahe dem Gefrierpunkt oder auch leicht darüber erhöhen. Hagel- oder Graupeldecken können im Sommer aufgrund ihrer tiefen Temperatur Schädigungen an den Pflanzen auslösen (Bouma 2009).

Die Sonnenscheindauer und die Globalstrahlung

Die kurzweilige Strahlung der Sonne dient den Pflanzen als Energiequelle für die Stoffproduktion. Die Wirkung der Globalstrahlung ist vielfältig: neben der Steuerung von Stoffwechsel-, Wachstums- und Entwicklungsprozessen der Pflanzen wird letztendlich auch der Ertrag und die Qualität dadurch mitbestimmt. Eine hohe Sonneneinstrahlung kann bei Starklichtempfindlichkeiten in bestimmten Entwicklungsabschnitten destruktiv wirken.

Die Luftfeuchte

Die Luftfeuchte ist in mehrerlei Hinsicht wichtig für den Pflanzenbau: durch die vorherrschende Luftfeuchte an den Spaltöffnungen wird unter anderem der Xylemfluss in den Pflanzen mitgesteuert (Lütke Entrup & Oehmichen 2006). Pilzliche Schaderreger benötigen zur Keimung bestimmte Luftfeuchten. Weiterhin gibt es Krankheitserreger, die geringe Werte der Luftfeuchte über längere Zeit benötigen (Bouma 2009). Auch hinsichtlich der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln ist die Luftfeuchte von Bedeutung sowie bei arbeitsorganisatorischen Maßnahmen des Mähdruschs.

Auswertungen der Temperaturmesswerte (Luft und Boden)

Auf der Basis der verfügbaren Tageswerte wurden die absoluten Maxima und Minima der Lufttemperatur für jeden einzelnen Tag in den bearbeiteten Jahren sowie deren mittlere Werte bestimmt und auch zu Monatswerten zusammen geführt. Die vorliegenden Tagesmitteltemperaturen für jeden einzelnen Tag wurden zu mittleren Tagesmittelwerten und weiter zu mittleren Monatsmittelwerten und zum Jahresmittel der Lufttemperatur über die jeweiligen 30 Jahre verdichtet (Abb. 1).

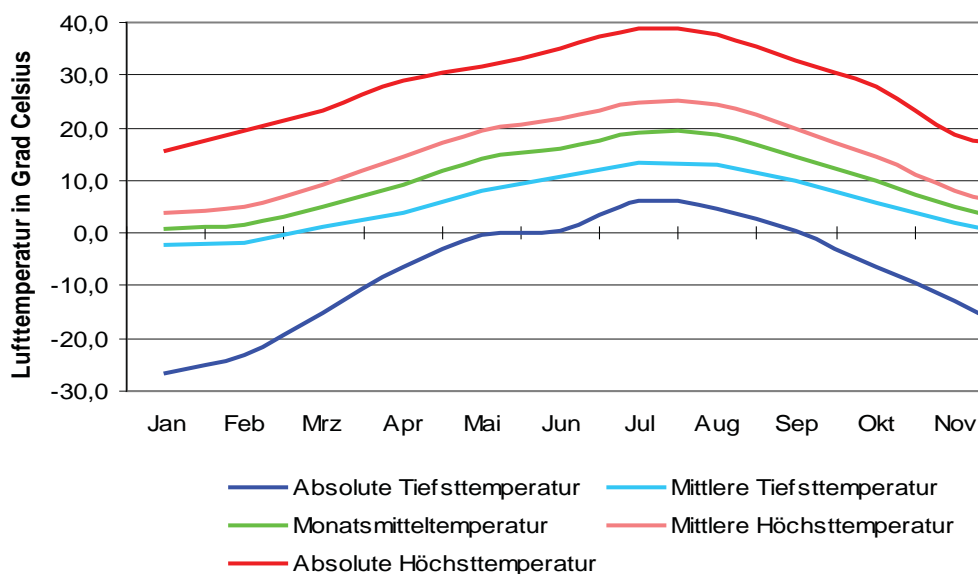


Abb. 1: Auswertung der Lufttemperatur auf der Basis von Tageswerten in Bernburg-Strenzfeld (1981-2010)

Ferner wurden Schadenstemperaturen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmt sowie Kältesummen, die Andauer der frostfreien Zeit, Ereignistage (Sommertag, Heißer Tag, Frosttag, Eistag) sowie der Beginn und das Ende der thermischen Vegetationsperiode ermittelt und ausgewertet (Tab. 1).

Durch den Vergleich der Messperioden 1961-1990 und 1981-2010 zeigten sich deutliche Veränderungen hin zu wärmeren Bedingungen. Das können einerseits positive Wirkungen sein durch ein vergrößertes Wärmedargebot und eine Verlängerung der Vegetationsperiode, aber es können damit auch Probleme auftreten, die sich beispielsweise durch den früheren Vegetationsbeginn in einer stärkeren Spätfrostgefährdung zeigen, denn die Termine der letzten Spätfröste ändern sich kaum. Auch die gesteigerte Anzahl der Sommer- und insbesondere Heißen Tage kann ertragsrelevant werden. Wheeler et al. (1996) wiesen nach, dass bei Temperaturen von 30°C und mehr in der unmittelbaren Zeit vor der Winterweizenblüte die Anzahl der Körner pro Ähre drastisch sinkt.

Element	Messperiode		
	1961-1990	1981-2010	Veränderung
Jahresmitteltemperatur in °C	9,1	9,7	+0,6 K
Mittlere Kältesumme des Winters in K	174,1	134,8	-39,3 K
Mittlerer Beginn der thermischen Vegetationsperiode am	15.03.	09.03.	-6 Tage
Mittleres Ende der thermischen Vegetationsperiode am	14.11.	18.11.	+ 4 Tage
Mittlere Dauer der thermischen Vegetationsperiode in Tagen	244	254	+ 10 Tage
Grünlandwärmesumme nach Ernst & Loeper im Mittel erreicht am	28.03.	21.03.	-7 Tage
Mittlere Anzahl der Sommertage	35	45	+10 Tage
Mittlere Anzahl der Heißen Tage	6	10	+4 Tage

Tab. 1: Veränderungen ausgewählter Lufttemperaturgrößen zwischen den Messperioden 1961-1990 und 1981-2010 in Bernburg-Strenzfeld

Auswertungen der Bodenwasserhaushaltswerte

Grundlage der Auswertung zur potentiellen und realen Verdunstung, Sickerwasser, klimatischen Wasserbilanz und Bodenfeuchte bilden berechnete Tageswerte durch das Bodenwasserhaushaltsmodell METVER. Die Berechnung zur realen Verdunstung, Sickerwasser und Bodenfeuchte erfolgte für die Winterkulturen Winterweizen und Winterraps, sowie für die Sommerkulturen Mais und Zuckerrübe. Die potentielle Verdunstung und die klimatische Wasserbilanz wurde unter der Dauerkultur Gras berechnet.

Potentielle und reale Verdunstung

Die Auswertung der Verdunstung bei Gras und den einzelnen Kulturpflanzen hat einen Anstieg dieser über alle Monate und phänologischen Entwicklungsphasen hinweg ergeben. Sowohl beim durchschnittlich täglichen Mittel als auch in der mittleren Summe. Abb. 2 zeigt diesen Trend am Beispiel der realen Verdunstung beim Winterraps. Besonders in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode und im Sommer kam es aufgrund gestiegener Mitteltemperaturen zu deutlich höheren Verdunstungen, auch zu einer deutlich höheren unproduktiven Verdunstung.

Insgesamt stieg die mittlere potentielle Verdunstung von 602 mm (1961 bis 1990) auf durchschnittlich 655 mm (1981 bis 2010) im Jahr an. Das ist eine Zunahme um rund 9 %!

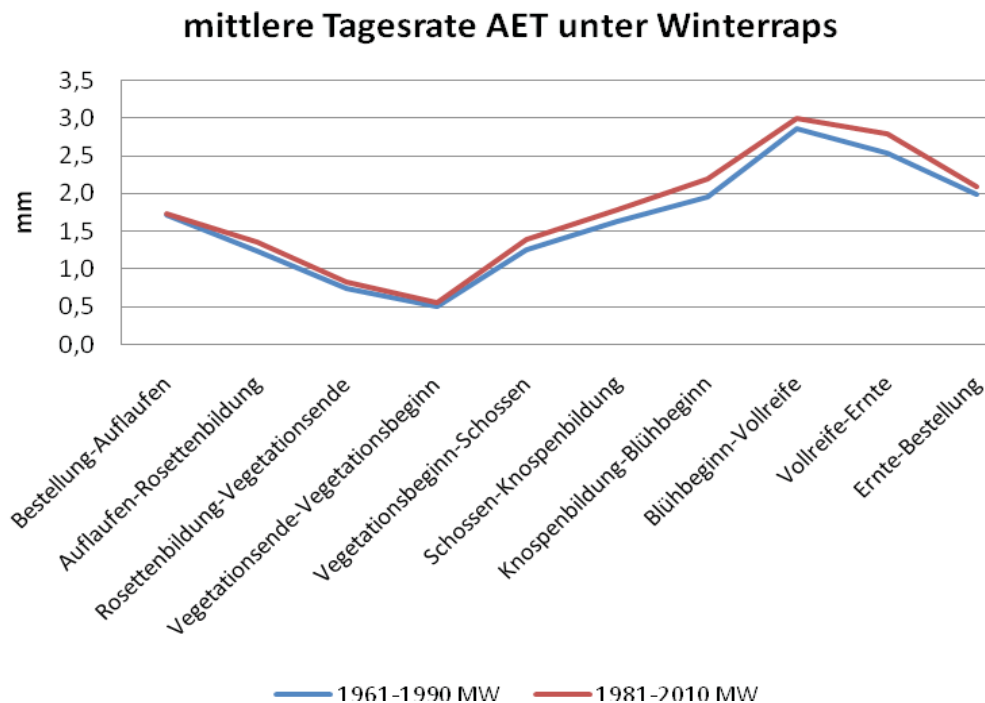


Abb. 2: mittlere Tagesrate der realen Verdunstung unter Winterraps in dessen einzelnen phänologischen Entwicklungsphasen

Die Auszählung der absoluten Tagesanzahl mit geringer, mittlerer und hoher potentieller sowie realer Verdunstung hat den zuvor festgestellten Trend der gestiegenen mittleren Verdunstungsraten und -summen bestätigt: die Anzahl der Tage mit einer Verdunstung unter 1 mm pro Tag ist im Zeitraum 1981 bis 2010 gegenüber der Tagesanzahl von 1961 bis 1990 in nahezu allen Monaten und Entwicklungsphasen zurückgegangen. Dem gegenüber steht eine Zunahme der Tage mit einer Verdunstung zwischen 1 und 5 mm sowie über 5 mm pro Tag.

Die höchsten realen Verdunstungssummen im Mittel der Jahre wiesen der Winterweizen und der Winterraps auf: durchschnittlich konnten 560 mm (1981 bis 2010) berechnet werden. Sommerkulturen wie Mais und Zuckerrübe verdunsteten hingegen rund 540 mm Wasser (selber Zeitraum) und waren damit etwas bodenwasserschonender als die Winterungen. Die insgesamt geringste reale Verdunstung hat Gras aufgewiesen.

Klimatische Wasserbilanz

Bei der klimatischen Wasserbilanz unter Gras konnte im 30-jährigen Mittel mit -107,9 mm (1981-2010) ein negativer Wert für den Standort Bernburg-Strenzfeld ermittelt werden. Besonders in der für die Pflanzen wichtigen Zeit zwischen April und September war die durchschnittliche potentielle Verdunstung stets höher als die durchschnittliche Niederschlagssumme. Das führte letzten Endes zu einer Reduzierung des zur Verfügung stehenden Wassers und damit zu einer Erhöhung der Trockenstresssituation! Im Gegensatz dazu ist die mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz zwischen Oktober und März positiv, was nicht zuletzt auch auf die gestiegenen mittleren Niederschläge in dieser Zeit (Abb. 3) zurückzuführen ist.

Sickerwasser

Obwohl die klimatische Wasserbilanz im Mittel der Jahre negativ war, konnten trotz allem positive Sickerwassermengen unter allen Kulturen festgestellt werden. Insgesamt lag nach den Modellberechnungen die Sickerwassermenge im Mittel der Jahre zwischen 64,5 (Zuckerrübe) und 78,0 mm (Gras) im Zeitraum 1981 bis 2010. Ferner haben die Auswertungen sogar ergeben, dass die Sickerwassermengen im Zeitraum 1981 bis 2010 im Mittel der Jahre angestiegen sind gegenüber den Werten von 1961 bis 1990. Besonders zwischen November und Januar kam es bei allen Kulturen zu einem Anstieg der Sickerwasserströme. Bei der Auswertung der Sickerwasserströme wurden wiederum Tage mit und ohne Sickerwasser ausgezählt. Es hat sich dabei herausgestellt, dass in den einzelnen Klimaperioden die Anzahl der Tage mit Sickerwasser in jüngster Vergangenheit angestiegen ist – wenngleich dazu gesagt werden muss, dass der Anteil der Tage mit Sickerwasser insgesamt mit nur rund 5 bis 6 % am Gesamtbetrachtungszeitraum sehr gering ist.

Bodenfeuchte

Die Auswertung der mittleren Bodenfeuchte hat eine Verringerung dieser in jüngster Vergangenheit ergeben. Vor allem in der für die Pflanzen wichtigen Zeit von April bis August nahm die mittlere Bodenfeuchte 1981 bis 2010 gegenüber den Werten von 1961 bis 1990 bei allen Kulturen ab. In den Herbst- und Wintermonaten gab es aufgrund höherer Monatsmittelniederschläge höhere Bodenfeuchten in den letzten 30 Jahren. Wie bei den anderen Bodenwasserhaushaltsgrößen wurden Klassen eingeführt, welche die Tage mit einer Bodenfeuchte <30 %nFK, zwischen 30 und 50 %nFK, zwischen 50 und 80 %nFK und >80 %nFK voneinander unterscheiden sollen. Die Auswertung der Tageswerte ergab beispielhaft für den Winterweizen folgende Verteilung:

BOF (0-ZG)	absolute Zahl der Tage							
	< 30 %nFK		30 ≤ BOF < 50 %nFK		50 ≤ BOF ≤ 80 %nFK		> 80 %nFK	
	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010
Bestellung-Auflaufen	7	10	152	95	182	177	109	168
Auflaufen-Vegetationsende	0	0	101	90	267	209	172	241
Vegetationsende-Vegetationsanfang	0	0	80	46	516	417	3311	3444
Vegetationsanfang-Schossen	0	0	0	0	143	212	1147	1078
Schossen-Ährenschieben	0	0	0	0	445	590	545	400
Ährenschieben-Milchreife	0	0	18	37	734	748	208	175
Milchreife-Gelbreife	0	0	66	110	334	304	50	36
Gelbreife-Ernte	3	0	119	153	276	254	82	73
Ernte-Bestellung	140	157	459	579	855	747	436	407
Jahr	150	167	995	1110	3752	3658	6060	6022

Tab. 2: absolute Zahl der Tage mit sehr geringen, geringen, mittleren und hohen Bodenfeuchten unter Winterweizen (BOF = Bodenfeuchte, ZG = Ausschöpfungsschichtdicke, %nFK = nutzbare Feldkapazität)

Die Zahl der Tage mit sehr geringen und geringen Bodenfeuchten ist bei allen Kulturen im Zeitraum 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990 angestiegen. Auffällig war jedoch, dass es die meisten Tage mit niedrigen Bodenfeuchten im Spätsommer oder Herbst gab und nicht im Vorsommer! Die Bodenfeuchte nahm also kontinuierlich im Laufe der Vegetationsperiode ab und erreicht ihr Minimum tatsächlich erst vor den Herbst-/Winterniederschlägen. Das ist auch darauf zurückzuführen, dass der Boden am Untersuchungsstandort mit 229 l/m² in einer Schicht bis 1 m Tiefe ein vergleichsweise hohes Wasserspeichervermögen aufweist. Die Tage mit mittleren und hohen Bodenfeuchten haben sich in ihrer Anzahl in jüngster Vergangenheit verringert.

Niederschlag

Auf der Basis der vorliegenden Tagessummen des Niederschlages wurde das arithmetische Mittel über alle Tagessummen eines jeweiligen Tages über die dreißigjährige Periode 1981-2010 gebildet. Ferner wurden aus den Tagessummen des Niederschlages Monatssummen gebildet und aus diesen erfolgte dann über die arithmetische Mittelung die Berechnung der mittleren Monatssummen und in deren Folge dann die Berechnung der mittleren Jahressumme des Niederschlages.

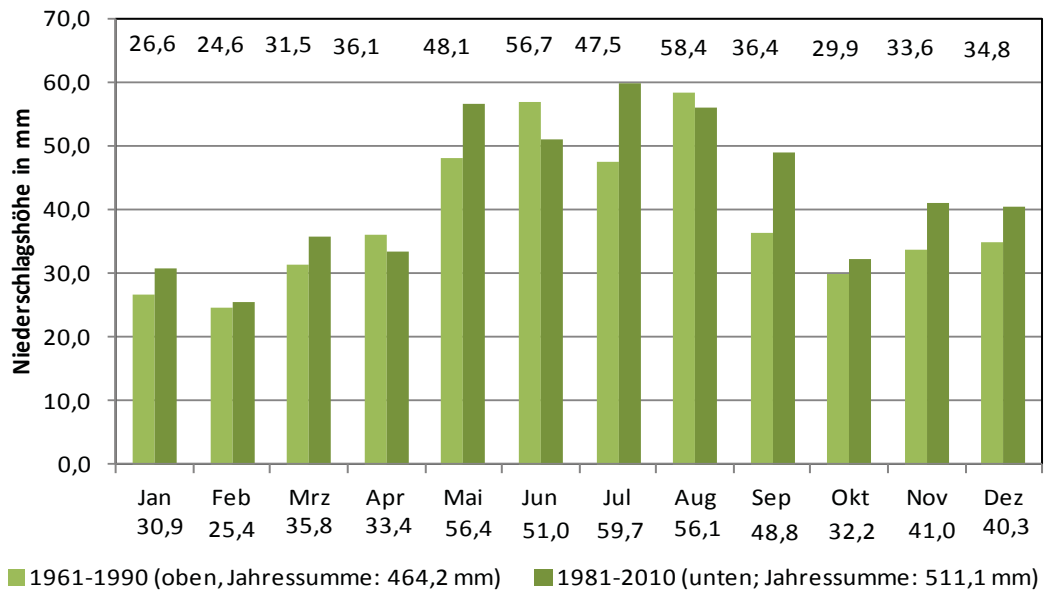


Abb. 3: Vergleich der mittleren Monatsniederschlagshöhen in mm in Bernburg-Strenzfeld (1961-1990 und 1981-2010)

Die Auswertung der Niederschlagstage nach bestimmten Grenzwerten ergab nach Tab. 3 folgende Mittel:

Monat Klasse	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
ohne Niederschlag	15	14	16	17	17	16	17	18	17	17	14	14	192
≥ 0,0 mm	16	14	15	13	14	14	14	13	13	14	16	17	173
≥ 1,0 mm	8	7	8	7	9	9	9	8	8	7	8	9	98
≥ 3,0 mm	3	3	4	3	5	5	6	5	4	3	4	4	50
≥ 5,0 mm	2	1	2	2	4	3	4	3	3	2	2	3	30
≥ 10,0 mm	0,4	0,2	0,5	0,6	1,6	1,4	1,5	1,6	1,2	0,6	0,8	0,6	11
≥ 20,0 mm	0,03	0,00	0,07	0,13	0,47	0,37	0,40	0,53	0,23	0,10	0,13	0,03	2,50

Tab. 3: Mittlere Anzahl der Tage mit bestimmten Niederschlagshöhen in Bernburg-Strenzfeld (1981-2011)

Ferner wurden Trockenheitsperioden entsprechend SMUL (2008) und der Trockenheitsindex auf der Basis der Arbeit von Döring et al. (2011) ausgewertet. Zudem wurden die Schneedeckenverhältnisse in den erweiterten Wintermonaten untersucht.

Auswertungen der Sonnenscheindauer- und Globalstrahlungsmesswerte

Ausgehend von Tageswerten der Sonnenscheindauer, die ab 1981 nur mit geringen Lücken vorlagen, wurden die Jahre 1981 bis 2010 betrachtet. Es konnten langjährige mittlere Monatssummen der Sonnenscheindauer gebildet werden (Abb 4).

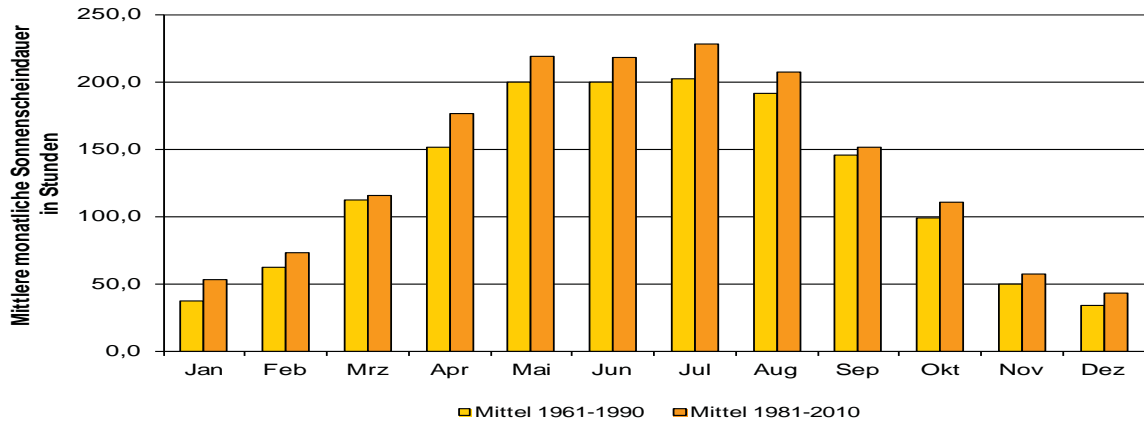


Abb. 4: Mittlere Monatssummen der Sonnenscheindauer in Stunden in Bernburg-Strenzfeld (1961-1990 und 1981-2010)

Neben der Auswertung der minimalen, mittleren und maximalen Tagessumme für jeden Tag des Jahres wurden ferner Klassen für die einzelnen Monate eingeführt und deren Auftreten gezählt. Berücksichtigt wurden dabei Tage ohne Sonnenschein, Tage mit einer Sonnenscheindauer zwischen 0,1 und 0,9 Stunden, Tage mit einer Sonnenscheindauer von $\geq 1,0$ Stunden, Tage mit einer Sonnenscheindauer von $\geq 5,0$ Stunden und Tage mit einer Sonnenscheindauer von $\geq 10,0$ Stunden.

Da Tagessummen der Globalstrahlung aus Messwerten erst ab 2005 verfügbar sind, konnten die Auswertungen dieser Daten erst ab dem Zeitpunkt erfolgen. Damit ist zwar keine Deckungsgleichheit des Messzeitraumes der Globalstrahlungswerte mit den übrigen Elementen gegeben, aber aufgrund der Bedeutung der Globalstrahlung musste dies in Kauf genommen werden. Es wurden mittlere Monatssummen der Globalstrahlung errechnet sowie minimale, mittlere und maximale Tagessummen der Globalstrahlung ermittelt. Aufgrund der hohen Bedeutung wurde eine Auswertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Globalstrahlungssummen $< 900 \text{ J/cm}^2$, $\geq 900 \text{ J/cm}^2$, $\geq 2200 \text{ J/cm}^2$ und $\geq 2400 \text{ J/cm}^2$ vorgenommen (Abb. 5).

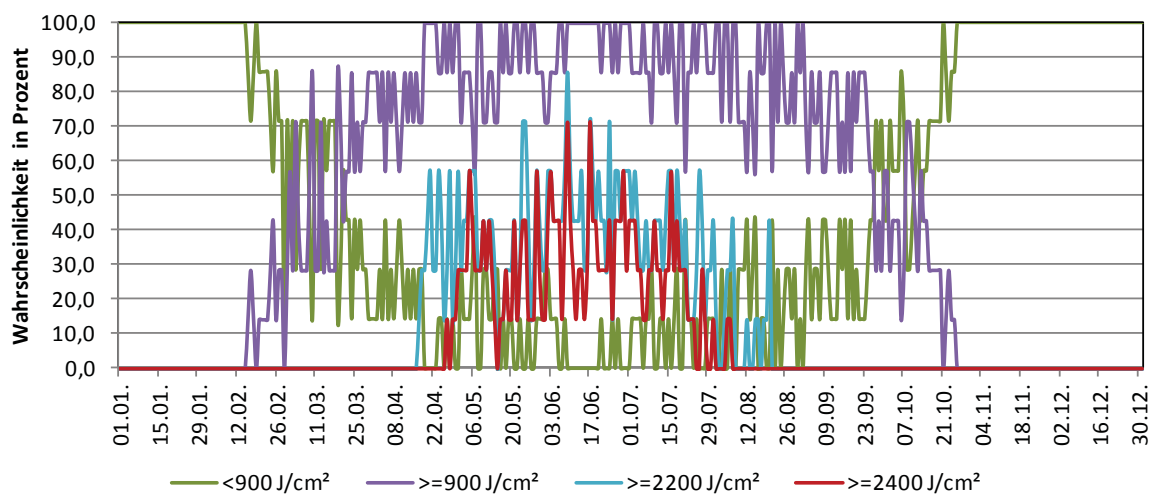


Abb. 5: Mittlere tägliche Wahrscheinlichkeit des Über- bzw. Unterschreitens verschiedener Grenzwerte der Tagessummen der Globalstrahlung in J/cm^2 in Bernburg-Strenzfeld (2005-2011)

Auswertungen der Luftfeuchtemesswerte

Aus den vorliegenden Tagesmittelwerten der relativen Luftfeuchte wurden für die einzelnen Monate im Zeitraum 1981 bis 2010 langjährige Monatsmittelwerte und für die einzelnen Tage langjährige Tagesmittelwerte gebildet. Ferner wurden die maximalen und minimalen Tagesmittelwerte für jeden Kalendertag eines Jahres bestimmt (Abb. 6).

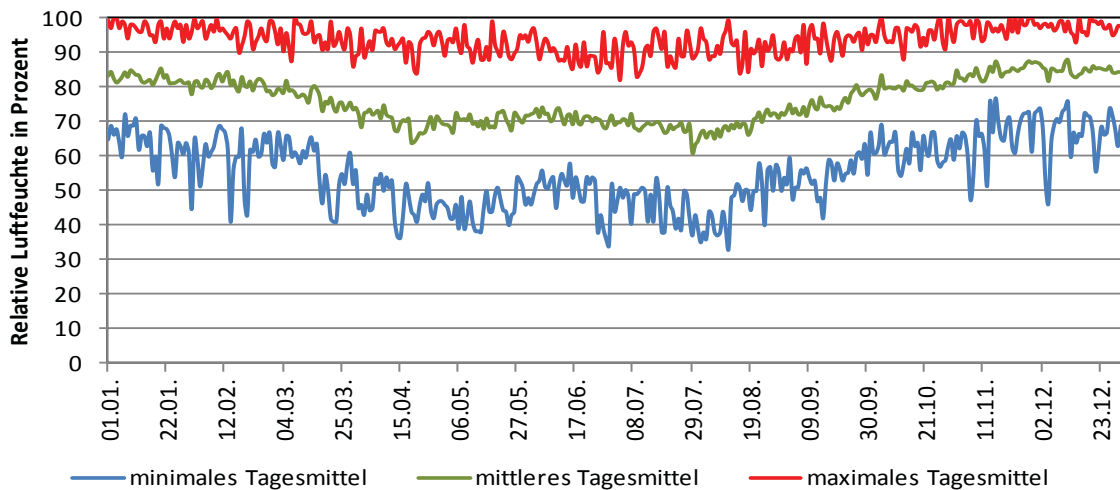


Abb. 6: Langjährige minimale, mittlere und maximale Tagesmittel der relativen Luftfeuchte in % in Bernburg-Strenzfeld (1981-2010)

Wegen der Bedeutung der Luftfeuchte und der beschränkten Aussage der Tagesmittel der relativen Luftfeuchte wurden auch Stundenwerte der Luftfeuchte ausgewertet. Diese standen aber erst ab 2006 zur Verfügung. Mittels der Stundenwerte der relativen Luftfeuchte wurde für jeden Kalendertag die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Werten der relativen Luftfeuchte ≥ 90 , ≥ 70 und ≤ 40 % zum Mittagstermin 12 Uhr UTC errechnet. Weiterhin wurde die mittlere Anzahl der Stunden eines jeden Kalendertages mit relativen Luftfeuchten ≥ 90 , ≥ 70 und ≤ 40 Prozent errechnet.

Zusammenfassung

Die vorgenommenen statistischen Auswertungen der meteorologischen Messgrößen und der darauf aufsetzenden Wasserhaushaltsmodellierungen für den Pflanzenbaustandort Bernburg-Strenzfeld machten die seit Jahrzehnten gesammelten meteorologischen Daten erstmals zusammenfassend nutzbar. Dabei waren die Auswertungen der Daten so angelegt, dass mit einfachen Methoden praktisch nutzbare Ergebnisse erzielt wurden. Der Umfang der Auswertungen kann als Beispiel dafür verstanden werden, welche Anforderungen aus der landwirtschaftlichen Forschung und dem landwirtschaftlichen Versuchswesen heute gegenüber standörtlichen agrarklimatologischen Auswertungen bestehen.

Daneben konnte im Vergleich der Perioden 1961-1990 und 1981-2010 gezeigt werden, wie sich die klimatologischen Bedingungen verändert haben. Es ist eine Erwärmung zu erkennen, die sich in allen thermischen Maßzahlen findet. Ferner ist die innerjährliche Niederschlagsverteilung verändert. Es zeigen sich zum Teil deutliche Reduzierungen im April und Juni, denen Zunahmen im Juli sowie von September bis Januar gegenüberstehen, so dass eine Erhöhung der Jahresniederschlagssumme um etwa 10 % festgestellt wurde. In allen Monaten nahm die Sonnenscheindauer zu. Die nachgewiesene mittlere Erwärmung am Standort Bernburg-Strenzfeld löste nach den Berechnungen durch das Bodenwasserhaushaltsmodell METVER einen Anstieg der Verdunstung über nahezu alle Monate hinweg aus. Die höheren Mittelwerte der potentiellen Verdunstung riefen eine weitere Verringerung der mittleren klimatischen Wasserbilanz am Standort hervor – trotz gesteigerter Monatsmittelniederschläge in den letzten 30 Jahren. Die Faktoren, die längerfristig reduzierend auf den Bodenwassergehalt einwirken, sind also in jüngster Vergangenheit stärker zum Vorschein getreten. Wird der Bodenwasserhaushalt nach den Berechnungen unter den einzelnen Kulturen betrachtet, erwiesen sich im Vergleich die Sommerkulturen gegenüber den Winterkulturen als vorteilhafter. Nicht nur, dass die mittleren Bodenfeuchten im Gesamtjahr und in den einzelnen phänologischen Phasen höher als bei den Winterkulturen und beim Gras waren, es gab auch weniger Tage mit Bodenfeuchten unter 30 %nFK und unter 50 %nFK beim Mais und bei den Zuckerrüben. Hinsichtlich des Wasserverbrauchs waren die Sommerkulturen Mais und Zuckerrüben nach den Modellberechnungen am Standort Bernburg-Strenzfeld wassersparender als Winterkulturen Winterweizen und Winterraps.

Es sei abschließend darauf hingewiesen, dass es künftig wichtig erscheint, bei bestimmten Messgrößen stundenwertbasierte Auswertungen vorzunehmen, wenn dazu genügend lange Messreihen bestehen. Das ist im agrarklimatologischen Sinne besonders bei Luftfeuchte- und Strahlungsdaten bedeutsam.

Literatur

- Anonym (2011): Hochschulstadt Bernburg, Internetseite der Stadt Bernburg <http://www.bernburg.de/index.php?id=104270000315> (19.09.2011)
- Bouma, E. (2009): Wetter & Pflanzenschutz, Roodbont Verlag, Zutphen
- Döring, S., Döring, J., Bork, H., Böttcher, F. (2011): Vergleich von Trockenheitsindizes zur Nutzung in der Landwirtschaft unter den klimatischen Bedingungen Mitteldeutschlands. *Hercynia N.F.*, S. 145-168
- Feiffer, P. (1975): Wissenspeicher Mähdrusch, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- Knittel, H.; Albert, E.; Ebertseder, T. (2012): Praxishandbuch Dünger und Düngung, 2. Auflage, AgriMedia Verlag, Clenze
- Lütke Entrup, N.; Oehmichen, J. ; Hrsg. (2006): Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1: Grundlagen, AgroConcept Bonn
- SMUL - Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2008): Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse, Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung, Dresden
- van Eimern, J.; Häckel, H. (1984): Wetter- und Klimakunde – Ein Lehrbuch der Agrarmeteorologie, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- v. Wilamowitz, T.; Krumbiegel, D.; Schumann, A. (1980): Witterung, Pflanzenproduktion und agrarmeteorologische Beratung, agra Buch, Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg
- Wheeler, T. R.; Batts, G.R.; Ellis, R.H.; Hadley, P.; Morison, J.I.L. (1996): Groth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum*) crops in response to CO₂ and temperature, *Journal of Agricultural Science* 127, S. 37-48

Hagelereignisse im Freistaat Sachsen 2002-2011

Konzeptuelle Grundlagen einer Hagelklimatologie

T. Junghänel, F. Böttcher, J. Müller

Einleitung

Die klimatologische Betrachtung von Hagel, im Sinne von Eishagel (Korndurchmesser größer 5 mm), gilt als aktueller Gegenstand wissenschaftlicher Forschung. Die Hauptprobleme bei der Erarbeitung einer Klimatologie liegen beim seltenen Auftreten, sowie der Kleinräumigkeit und Kurzlebigkeit von Hagelschlägen. Dies führt zu einer spärlichen Datengrundlage. Es gibt bereits verschiedene Ansätze aus anderen Nationen, eine Hagelklimatologie zu erstellen. Einen Überblick dazu gibt TUOVINEN et al. (2009). Für den deutschen Raum wurden jedoch bis heute nur wenige Betrachtungen zu diesem Thema durchgeführt. Die vorliegende Arbeit fasst erste Ansätze zur Erarbeitung einer Hagelklimatologie für Sachsen zusammen und beruht auf den Untersuchungen von JUNGHÄNEL (2012).

Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Untersucht wurden die Hagelereignisse innerhalb der Grenzen des Freistaates Sachsen im Zeitraum 2002 bis 2011. Als grundlegende Daten (Grundinformationen) dienten Augenbeobachtungen aus dem haupt- und ehrenamtlichen Messnetz des Deutschen Wetterdienstes und Beobachtungen von Augenzeugen, welche der europäischen Unwetterdatenbank ESWD (DOTZEK et al., 2009) entnommen wurden. Weiterhin konnten Schadensdaten einer landwirtschaftlichen Versicherung herangezogen werden. Die kleinste gemeinsame Ortsangabe der Grundinformationen war die Bezeichnung der Gemeinde, so dass eine Auswertung auf administrativer Ebene vorgenommen wurde. Um einen Bezug zur Landschaft und zur Orographie herzustellen, wurde weiterhin noch eine Auswertung auf naturräumlicher Ebene durchgeführt.

Als ergänzende Daten standen Wetterradardaten des DWD-Radarverbundes zur Verfügung. Dabei handelte es sich um das DX-Produkt mit einer räumlichen Auflösung von rund 1 km x 1 km und einer zeitlichen Auflösung von 5 min. Die Daten wurden im Vorfeld hinsichtlich Clutter- und Dämpfungseffekten korrigiert (HEISTERMANN et al., 2012; GABELLA & NOTARPIETRO, 2002; KRÄMER, 2008). Der Standort Dresden-Klotzsche deckt allein circa 95 % der Gesamtfläche des Freistaates Sachsen ab. Die restlichen 5 %, die vor allem den Bereich des Vogtlandes betreffen, konnten durch den Standort Neuhaus am Rennweg ergänzt werden (Abb. 1).

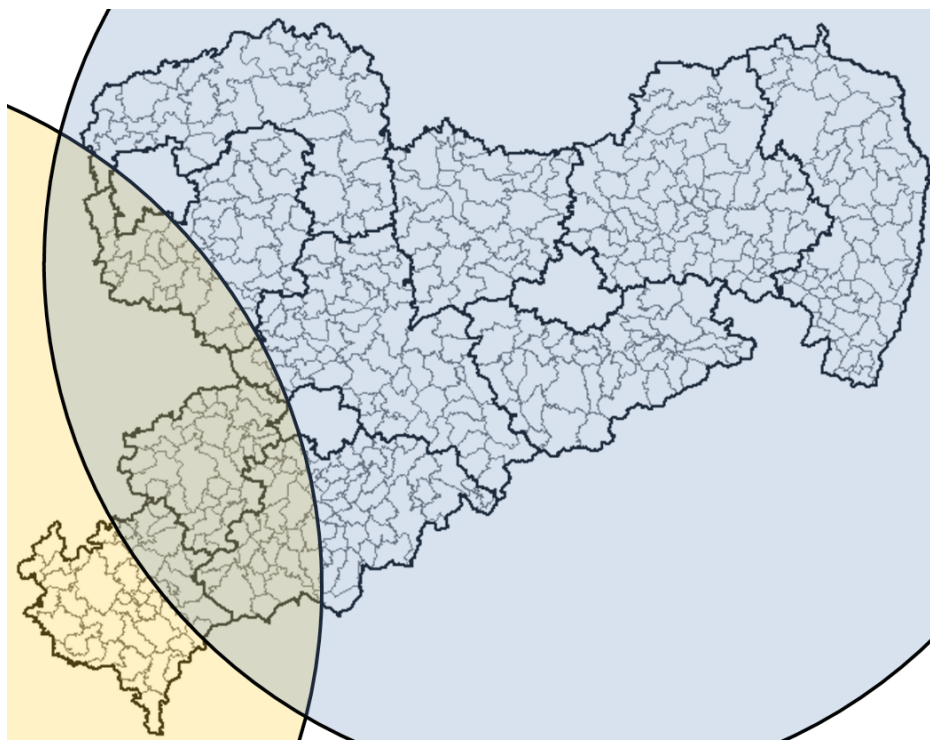


Abb. 1: Abdeckung des Freistaates Sachsen durch Radargeräte des Deutschen Wetterdienstes mit einem Scanradius von 128km.
Blau: Radarstandort Dresden-Klotzsche Gelb: Radarstandort Neuhaus.

Statistische Methoden zur Unterscheidung von Hagel- und Nicht-Hagelereignissen

Wetterradardaten sind in der Meteorologie ein wichtiges Hilfsmittel zur Fernerkundung der räumlich-zeitlichen Verteilung von Niederschlagsgebieten. Jedoch wird dabei nicht direkt der Niederschlag gemessen, sondern lediglich die Streuung einer elektromagnetischen Welle (Radarimpuls) an Hydrometeoren. Dennoch können Rückschlüsse auf die Niederschlagsart gezogen werden, da die Reflektivität stark abhängig vom Durchmesser der Hydrometeore ist. Dabei führt in der Regel ein großer Durchmesser zu einer hohen Reflektivität. Ab welchem Wert mit einem Hagelereignis zu rechnen ist, kann mit verschiedenen statistischen Methoden festgestellt werden.

Eine erste und einfache Möglichkeit bietet die Schwellenwertanalyse (HAKLANDER & VAN DELDEN, 2003). Dabei wird ein Schwellenwert gesucht, zum Beispiel zwischen 40 und 60 dBZ, der am besten zwischen Hagelereignissen und Nicht-Hagelereignissen unterscheidet. Die Güte eines Schwellenwertes wird mit sogenannten „Skill-Scores“ überprüft, die anhand der Eintragungen einer Kontingenztabelle (Abb. 2) berechnet werden können.

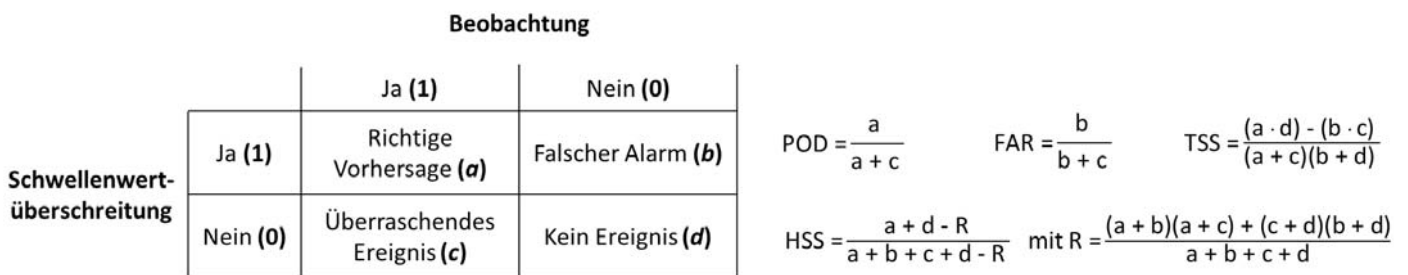
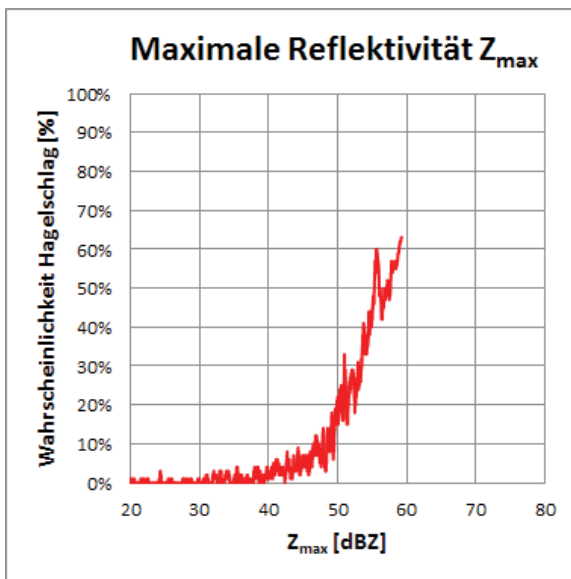


Abb. 2: 2x2-Kontingenztabelle und Gütemaße („Skill Scores“) zur Bewertung eines Schwellenwertes.

Solche Gütemaße können zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit der richtigen Detektion (POD), die Falschalarm-Rate (FAR), der Heidke-Skill-Score (HSS) oder die True-Skill-Statistic (TSS) sein. Alle betrachten verschiedene Aspekte und sollten bei der Bewertung als gleichberechtigt angesehen werden. Für den vorliegenden Datensatz wurde ein bestmöglicher Schwellenwert für die maximale Reflektivität von 49,7 dBZ bestimmt. Dieser liegt etwas unter dem aus der Praxis bekannten Wert von 54 dBZ (WEIGL 2008) für schadhafte Hagel (Korndurchmesser ab 20 mm). In der Untersuchung wurden jedoch auch Hagelschläge mit kleineren Korndurchmessern zwischen 5 und 20 mm berücksichtigt.

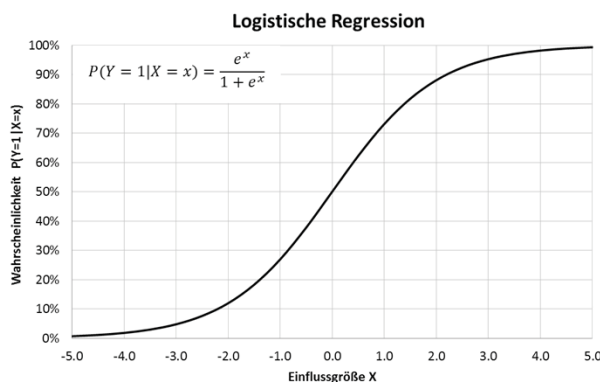
Eine etwas aussagekräftigere Methode zur Unterscheidung zwischen Hagelereignissen und Nicht-Hagelereignissen basiert auf den Grundlagen der Inferenzstatistik. Für die Anwendung in der Klimatologie schlagen HAKLANDER & VAN DELDEN (2003) folgende Methode vor: Aus einer nach der Größe des Prädiktors (z.B. maximale Reflektivität) aufsteigend geordneten Wertetabelle aller Ereignisse im betrachteten Zeitraum werden kleine Stichproben mit einer Größe von 100 aufeinanderfolgenden Datenpaaren ausgewählt. Dann werden jeweils der Mittelwert μ und die Standardabweichung σ des Prädiktors, sowie die mittlere Anzahl der Hagelereignisse bestimmt. Letztere ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hagelereignissen in der kleinen Stichprobe. Begonnen wird mit den Werten 1 bis 100 der Wertetabelle, dann 2 bis 101 und so weiter, bis das Ende der Tabelle erreicht ist. So entsteht iterativ eine neue Wertetabelle, die jeweils die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hagelereignissen und den dazugehörigen mittleren Wert des Prädiktors gegenüberstellt. Der Zusammenhang, mit der maximalen Reflektivität als Prädiktor, ist in Abb. 3 dargestellt. Man kann erkennen, dass bei sehr hohen Reflektivitätswerten eine Eintrittswahrscheinlichkeit von maximal 60 % erreicht wird. Grund dafür ist eine große Zahl von hohen Reflektivitätswerten, die durch nicht registrierte oder nicht gemeldete Hagelereignisse im vorliegenden Datensatz verursacht wird.



Wahrscheinlichkeit	max. Reflektivität
10%	(47.68 ±0.91) dBZ
15%	(49.65 ±0.16) dBZ
20%	(50.80 ±0.61) dBZ
25%	(51.83 ±0.83) dBZ
30%	(53.24 ±0.24) dBZ
35%	(53.84 ±0.23) dBZ
40%	(54.40 ±0.13) dBZ
45%	(54.88 ±0.43) dBZ
50%	(55.98 ±0.40) dBZ
55%	(58.01 ±1.33) dBZ
60%	(58.92 ±0.89) dBZ

Abb. 3: Wahrscheinlichkeit eines Hagelschlags als Funktion der maximalen Reflektivität Z_{max}.

Als dritte Möglichkeit kann ein logistisches Regressionsmodell verwendet werden (Abb. 4). Der Vorteil dieser Methode liegt in der komplexen Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Einflussgröße und dem Eintreten von Hagelereignissen. Weiterhin kann nicht nur der Einfluss eines einzelnen Prädiktors, sondern auch das Zusammenspiel mehrere Prädiktoren untersucht werden. Als Prädiktoren können sowohl intervallskalierte Größen aus Radar-, Satelliten-, oder Blitzdetektion, als auch nominalskalierte Größen genutzt werden, wie zum Beispiel Wetterlagenklassifikationen. Der logistische Ansatz liefert dabei eine Wahrscheinlichkeitsaussage, ob ein Hagelereignis aufgetreten ist oder nicht (SACHS & HEDDERICH, 2006). Diese Methode ist jedoch nur sinnvoll, wenn mehrere voneinander statistisch unabhängige Einflussgrößen gefunden werden, damit das Regressionsmodell eine ausreichende Erklärungskraft besitzt. In der vorliegenden Untersuchung konnte dies jedoch nicht gänzlich gewährleistet werden.



$$P(Y = 1|X = x) = \frac{e^{g(x)}}{1 + e^{g(x)}}$$

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

x_n Einflussgrößen

Abb. 4: Funktionsgraph und Gleichung des logistischen Regressionsansatzes.

Methodik zur Ergänzung der Grundinformationen durch Flächeninformationen

Für die Erarbeitung der Hagelklimatologie wurden in erster Linie die Grundinformationen aus Beobachtungen und Schadensmeldungen genutzt. Jedoch konnte schnell festgestellt werden, dass in vielen Fällen ein Hagelzug durch diese Daten nicht lückenlos abgebildet werden konnte. Um diese Lücken zu schließen, wurde anhand der Radardaten entschieden, ob an der betreffenden Stelle ebenfalls ein Hagelereignis aufgetreten sein könnte oder nicht. Als Unterscheidungskriterium wurde der Schwellenwert von 49,7 dBZ genutzt. In die Klimatologie gingen jedoch nur Ergänzungen ein, die einen maximalen Abstand von 10 km zur nächsten Grundinformation hatten. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass tatsächlich ein Hagelereignis in der Umgebung stattgefunden hat, vernachlässigt aber eventuell kleinere Hagelereignisse wo keine Meldung vorlag. Dennoch ist es aber wichtig den tatsächlichen Beobachtungen einen höheren Informationsgehalt beizumessen als den indirekten Messungen des Radars. Abb. 5 zeigt eine Rekonstruktion eines Hagelzuges am Fallbeispiel des 23.06.2004. Der Hagelzug erreichte Sachsen aus südwestlicher Richtung im südlichen Teil des Landkreises Leipzig und bewegte sich entlang der Grenze zwischen den Landkreisen Nordsachsen und Mittelsachsen, durch den Landkreis Meißen und bis in den Landkreis Bautzen, wo er sich abschwächte.

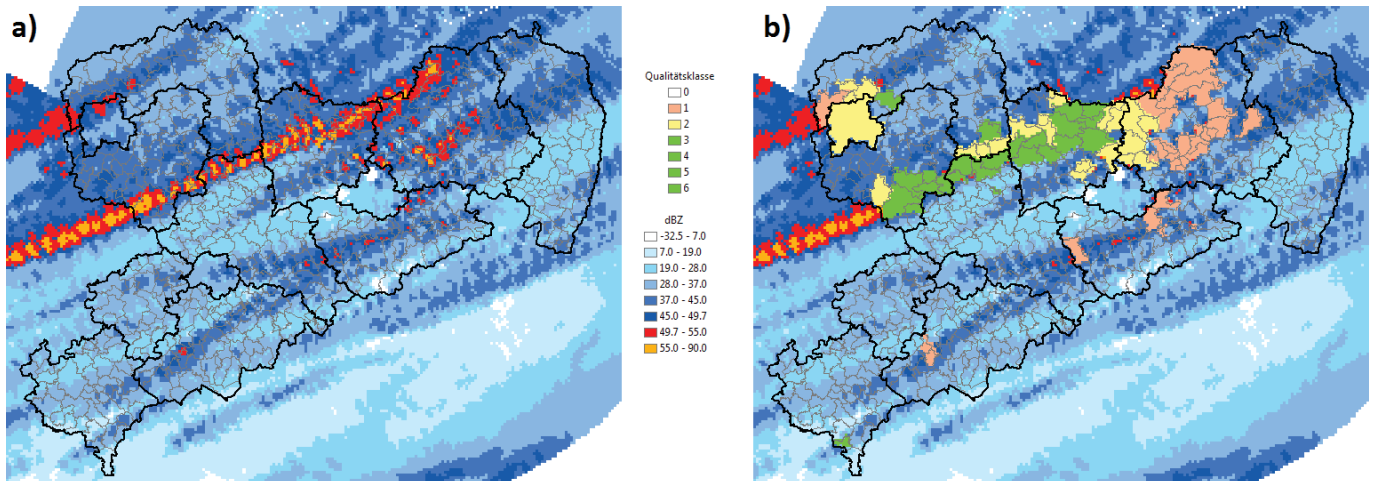


Abb. 5: Rekonstruktion des Hagelzuges vom 23.06.04. a) Tagesbild der maximalen Reflektivität, b) Grundinformationen (grün) und vom Algorithmus rekonstruierte Informationen (gelb, rosa)

Vergleicht man die gewonnenen Informationen aus den Radardaten und die vorhandenen Grundinformationen der Beobachtungs- und Schadensmeldungen, dann ist eine gute Deckungsgleichheit zu erkennen. Es mussten nur wenige Ergänzungen (gelb), besonders in den Randbereichen des Hagelzuges, vorgenommen werden. Die Radardaten zeigten weitere auffällige Bereiche (rosa) im Zentrum und im Norden des Landkreises Bautzen, die jedoch nicht durch Grundinformationen bestätigt werden konnten und nicht mit in die Klimatologie eingingen.

Ergebnisse

Als Klimatologie wurden jeweils die Sommerhalbjahre (April bis September) in den Jahren 2002 bis 2011 ausgewertet. Das Ergebnis zeigt ein recht differenziertes Bild der Entwicklung von Hagel in den letzten 10 Jahren. Grundsätzlich ist eine erhöhte Häufigkeit von Hagelschlägen im Bereich des Erzgebirges zu verzeichnen. Dieser Umstand ist jedoch nicht unerwartet, da ein Mittelgebirge als natürliche Barriere immer ein Hindernis für Luftmassenbewegungen darstellt und diese zur Hebung zwingen. Demzufolge ist hier auch häufiger mit der Auslösung konvektiver Ereignisse und somit auch mit Hagelschlägen zu rechnen. Innerhalb der Zeitreihe lassen sich jedoch starke Schwankungen zwischen hagelreichen und hagelarmen Jahren erkennen (Abb. 6 und 7). Besonders oft kam Hagel im Jahr 2007 in Sachsen vor. Im Jahr 2010 wurden hingegen besonders wenige Hagelereignisse registriert. Insgesamt zeichneten sich schwach fallende Tendenzen der Häufigkeit von Hagelschlägen in der betrachteten Dekade ab. Diese Tendenzen wurden mittels eines Mann-Kendall-Tests auf Signifikanz geprüft (SCHÖNWIESE, 2006). Jedoch führte die hohe Variabilität dazu, dass nur in seltenen Fällen eine schwache Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit <10 %) gefunden werden konnte.

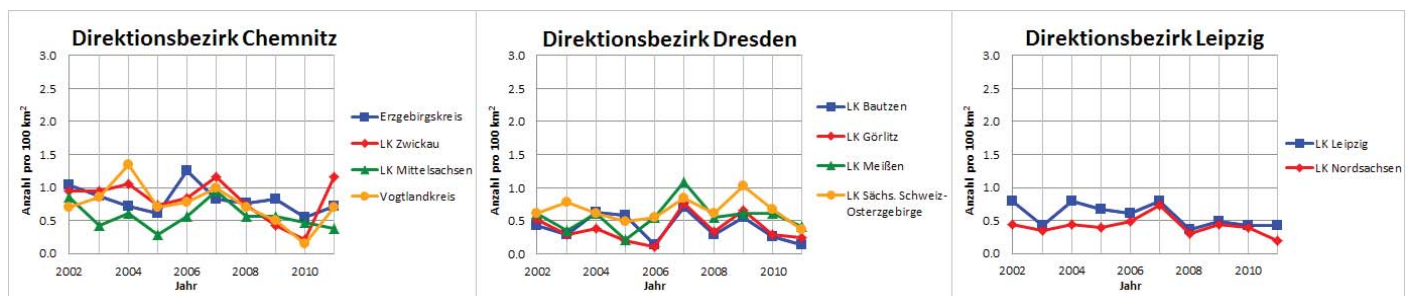


Abb. 6: Zeitreihen der Anzahl von Hageltagen im Sommerhalbjahr (April bis September) pro Jahr und 100 km² in den einzelnen Landkreisen Sachsens.

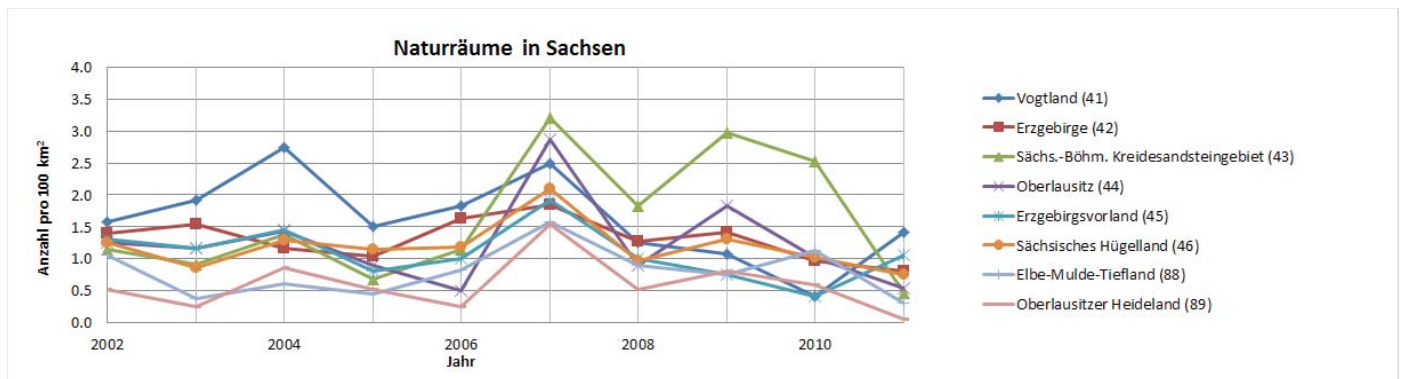


Abb. 7: Zeitreihen der Anzahl von Hageltagen im Sommerhalbjahr (April bis September) pro Jahr und 100 km² in den einzelnen Naturräumen Sachsens.

Ausblick

Die erarbeitete Klimatologie zeigt einen ersten zeitlichen Ausschnitt der Entwicklung von Hagelereignissen in Sachsen. Um fundiertere Aussagen treffen zu können, ist eine Verlängerung der Zeitreihe in die Vergangenheit nötig. Die Länge der möglichen Zeitreihe ist dabei abhängig von der Datenverfügbarkeit. Während Augenbeobachtungen des haupt- und ehrenamtlichen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes in ausreichender Länge vorliegen, stehen Wetterradardaten des DWD-Radarverbundes hingegen erst seit ungefähr dem Jahr 2000 nahezu deutschlandweit flächendeckend zur Verfügung. Aus diesem Grund bleibt für einen ausreichend repräsentativen Zeitraum nur die Wahl von hochaufgelösten Reanalyse-Modelldaten. Weiterhin können zum Beispiel Versicherungsdaten den Informationsgehalt der Klimatologie aufwerten. Dabei sollte aber nicht nur eine Versicherungssparte, wie zum Beispiel die landwirtschaftlichen Schäden, sondern eine Kombination aus mehreren Sparten betrachtet werden. Um weitere Zusammenhänge zwischen Hagelereignissen und regionalen Faktoren, zum Beispiel dem Einfluss der Orographie, zu klären, muss das Untersuchungsgebiet auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland ausgeweitet werden. Das Ziel weiterer Untersuchungen sollte im besten Fall eine langjährige und deutschlandweite Hagelklimatologie sein, die auch Rückschlüsse auf regionale Gegebenheiten zulässt.

Literatur

- DOTZEK N., P. GROENEMEIJER, B. FEUERSTEIN und A.M. HOLZER (2009): Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD, *Atmos. Res.*, 93, pp. 575-586
- GABELLA, M. und R. NOTARPIETRO (2002): Ground clutter characterization and elimination in mountainous terrain. *Proceedings of ERAD*, pp. 305-311.
- HAKLANDER, A.J. und A. VAN DELDEN (2003): Thunderstorm predictors and their forecast skill for the Netherlands, *Atmos. Res.*, 67, pp. 273-299
- HEISTERMANN M., S. JACOBI und T. PFAFF (2012): Technical Note: An open source library for processing weather radar data (wradlib), *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 9, pp. 12333-12356, doi:10.5194/hessd-9-12333-2012
- JUNGHÄNEL, T. (2012): Konzeptuelle Grundlagen einer Hagelklimatologie für den Freistaat Sachsen, Masterarbeit am Institut für Meteorologie, Universität Leipzig
- KRÄMER, S. (2008): Quantitative Radardatenaufbereitung für die Niederschlagsvorhersage und die Siedlungsentwässerung, *Mitteilungen - Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau*, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Heft 92, Selbstverlag, 391 pp.
- SACHS, L. und J. HEDDERICH (2006): *Angewandte Statistik: Methodensammlung mit R*, 12. Aufl., Springer Verlag, 702 pp.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (2006): *Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler*, 4. Aufl., Gebrüder Borntraeger Verlag, 302 pp.
- TUOVINEN J.-P., A.-J. PUNKKA, J. RAUHALA, H. HOHTI und D.M. SCHULTZ (2009): Climatology of Severe Hail in Finland: 1930-2006, *Mon. Weather Rev.*, 137, pp. 2238-2249
- WEIGL, E. (2008): *Radarniederschlag: Prinzip der Niederschlagsbestimmung mit Radar*. Deutscher Wetterdienst (Herg.), Offenbach am Main, 6 pp.

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

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

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

Autorenverzeichnis

Becker, Andreas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Andreas.Becker@dw.de
Böttcher, Falk	Deutscher Wetterdienst Kärnerstr. 68 04288 Leipzig	Falk.Boettcher@dwd.de
Claude, Hans	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Hans.Claude@dwd.de
Deutschländer, Thomas	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Thomas.Deutschlaender@dwd.de
Junghänel, Thomas	Universität Leipzig Leipziger Institut für Meteorologie	
Friedrich, Karsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Karsten.Friedrich@dwd.de
Köhler, Ulf	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Ulf.Koehler@dwd.de
Lefebvre, Christiana	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	Christiana.Lefebvre@dwd.de
Löpmeier, Franz-Josef	Deutscher Wetterdienst Bundesallee 50 38116 Braunschweig	Franz-Josef.Loepmeier@dwd.de
Meyer-Christoffer, Anja	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Anja.Meyer-Christoffer@dwd.de
Müller, Jurik	Deutscher Wetterdienst Kärnerstr. 68 04288 Leipzig	Jurik.Mueller@dwd.de
Nitsche, Helga	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Helga.Nitsche@dwd.de
Pietzsch, Saskia	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Saskia.Pietzsch@dwd.de
Riecke, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 78 20359 Hamburg	Wolfgang.Riecke@dwd.de

Riediger, Ulf	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Ulf.Riediger@dwd.de
Schmidt, Martin	Deutscher Wetterdienst Kärnerstr. 68 04288 Leipzig	Martin.Schmidt@dwd.de
Schmitt, Hans-Helmut	Deutscher Wetterdienst Kreuzweg 25 65366 Geisenheim	Hans-Helmut.Schmitt@dwd.de
Steinbrecht, Wolfgang	Deutscher Wetterdienst Albin-Schwaiger-Weg 10 82383 Hohenpeißenberg	Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de
Zimmermann, Kirsten	Deutscher Wetterdienst Frankfurter Str. 135 63067 Offenbach	Kirsten.Zimmermann@dwd.de

