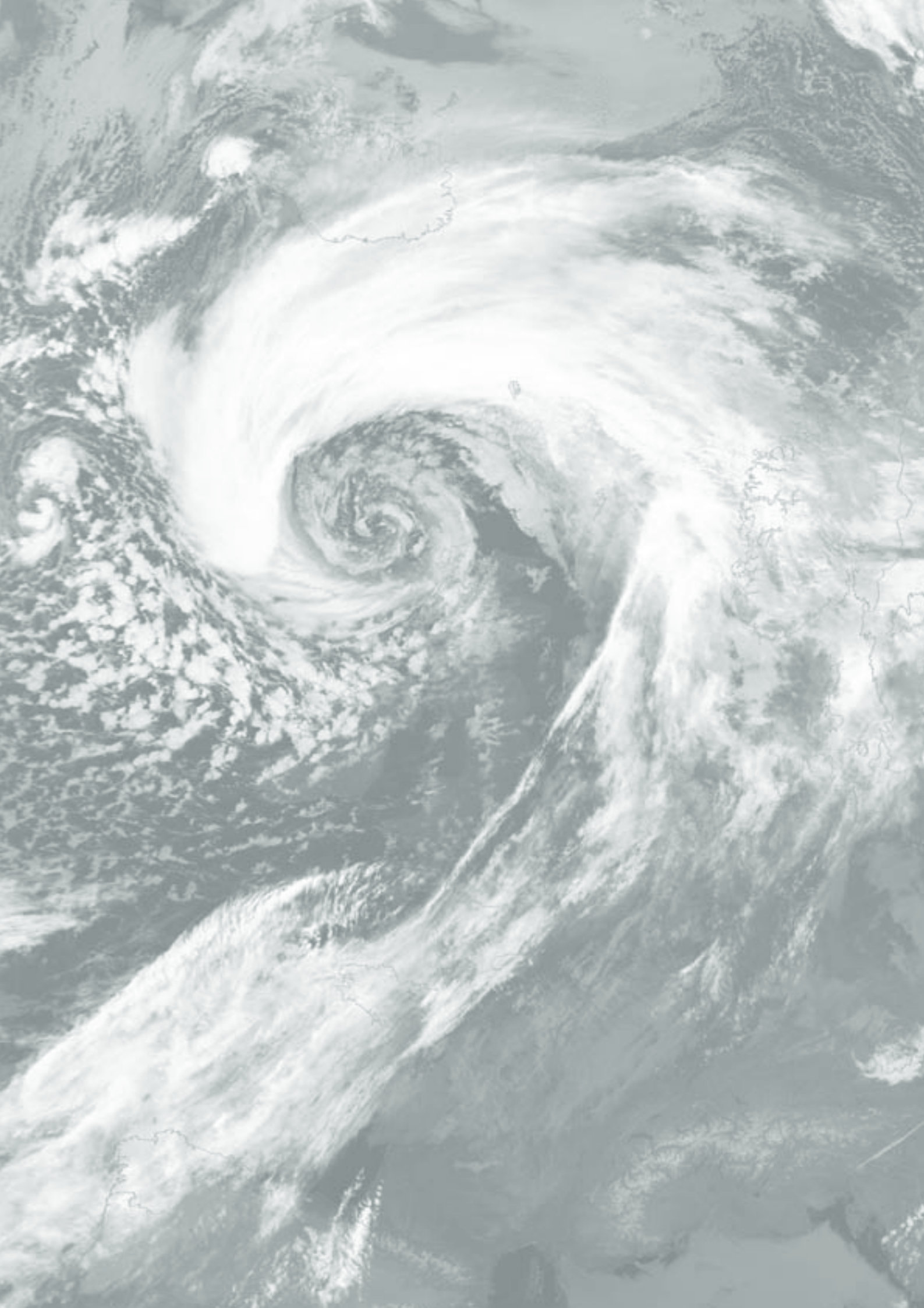




Sturmdokumentation Deutschland



Vorwort

Anatol, Anna, Jeanette, Jennifer, Lothar – diese Namen klingen harmlos, ihre Auswirkungen jedoch waren es nicht: Denn die Sturmtiefs mit diesen Namen führten in Deutschland und in den angrenzenden Ländern teilweise zu erheblichen volkswirtschaftlichen und versicherten Schäden. Insofern liegt es für einen Rückversicherer, bei dem erhebliche Teile der Sturmschadenbelastungen seiner Zedenten zusammenlaufen, nahe, solche meteorologischen Einzelereignisse zu analysieren.

Seit dem Jahr 1997 dokumentiert die Deutsche Rück die in Bezug auf die Schadenbelastung der Assekuranz wesentlichen Wintersturmereignisse in Deutschland. Die Dokumentation jedes Einzelereignisses enthält eine kurze meteorologische Beschreibung der Sturmentwicklung sowie erste Informationen zu den Schadenauswirkungen. Eine Karte des Maximalböenfeldes, erregt mit dem regional-spezifischen Sturmmodell der Deutschen Rück, beschreibt die bodennahen Windgeschwindigkeiten und gibt Aufschluss über die lokale Ausprägung des jeweiligen Sturmereignisses. Dabei findet der Einfluss der Topographie und der Geländerauhigkeit explizit Eingang in die Berechnungen. Diese detaillierte kleinräumige Betrachtung ist unerlässlich, um valide Sturmschadenpotenzial-Modellierungen auch von regional stark konzentrierten Versicherungsportefolien vornehmen zu können.

In der vorliegenden Publikation sind die Sturmdokumentationen der Jahre 1997 bis 2004 in aktualisierter Form zusammenge-

fasst. Zudem geben Witterungsrückblicke einen Überblick über das Wettergeschehen des genannten Betrachtungszeitraums in Deutschland. Die einzelnen Monatsrückblicke dokumentieren dabei ausführlich auch die weiteren Naturgefahrenereignisse in Deutschland wie Gewitter, Tornados und Überschwemmungen.

Den Witterungsrückblicken und Sturmdokumentationen der einzelnen Jahre vorangestellt ist eine Darstellung der meteorologischen Grundlagen. Sie erläutert die Entstehung und Ausprägung von Winterstürmen sowie den klimatologischen Rahmen der europäischen Sturmaktivität; darüber hinaus skizziert sie Gewitter und Tornados des Sommerhalbjahres sowie wichtige Einflussfaktoren für die Entstehung von Sturmschäden.

Die vorliegende Publikation gibt einen interessanten Überblick über die meteorologisch verursachten Naturgefahrenereignisse der Jahre 1997 bis 2004 in Deutschland. Ihr Spektrum reicht von Winterstürmen über Gewitter bis hin zu Überschwemmungen.

Eine anregende Lektüre wünscht die

Deutsche Rückversicherung
Aktiengesellschaft

Düsseldorf, im März 2005

Inhalt

Meteorologische Grundlagen	4
1 Winterstürme über Mitteleuropa	5
2 Gewitter und Tornados im Sommerhalbjahr	16
3 Sturmschäden – Typik und Mechanismen	20
1997	24
1 Witterungsrückblick 1997	25
2 Sturmdokumentation 1997	33
1998	46
1 Witterungsrückblick 1998	47
2 Sturmdokumentation 1998	54
1999	64
1 Witterungsrückblick 1999	65
2 Sturmdokumentation 1999	72
2000	86
1 Witterungsrückblick 2000	87
2 Sturmdokumentation 2000	93
2001	102
1 Witterungsrückblick 2001	103
2002	112
1 Witterungsrückblick 2002	113
2 Sturmdokumentation 2002	124
2003	136
1 Witterungsrückblick 2003	137
2 Sturmdokumentation 2003	148
2004	156
1 Witterungsrückblick 2004	157
2 Sturmdokumentation 2004	167
Quellenverzeichnis	179

Impressum

Herausgeber: Deutsche Rückversicherung
Aktiengesellschaft
Hansaallee 177
40549 Düsseldorf

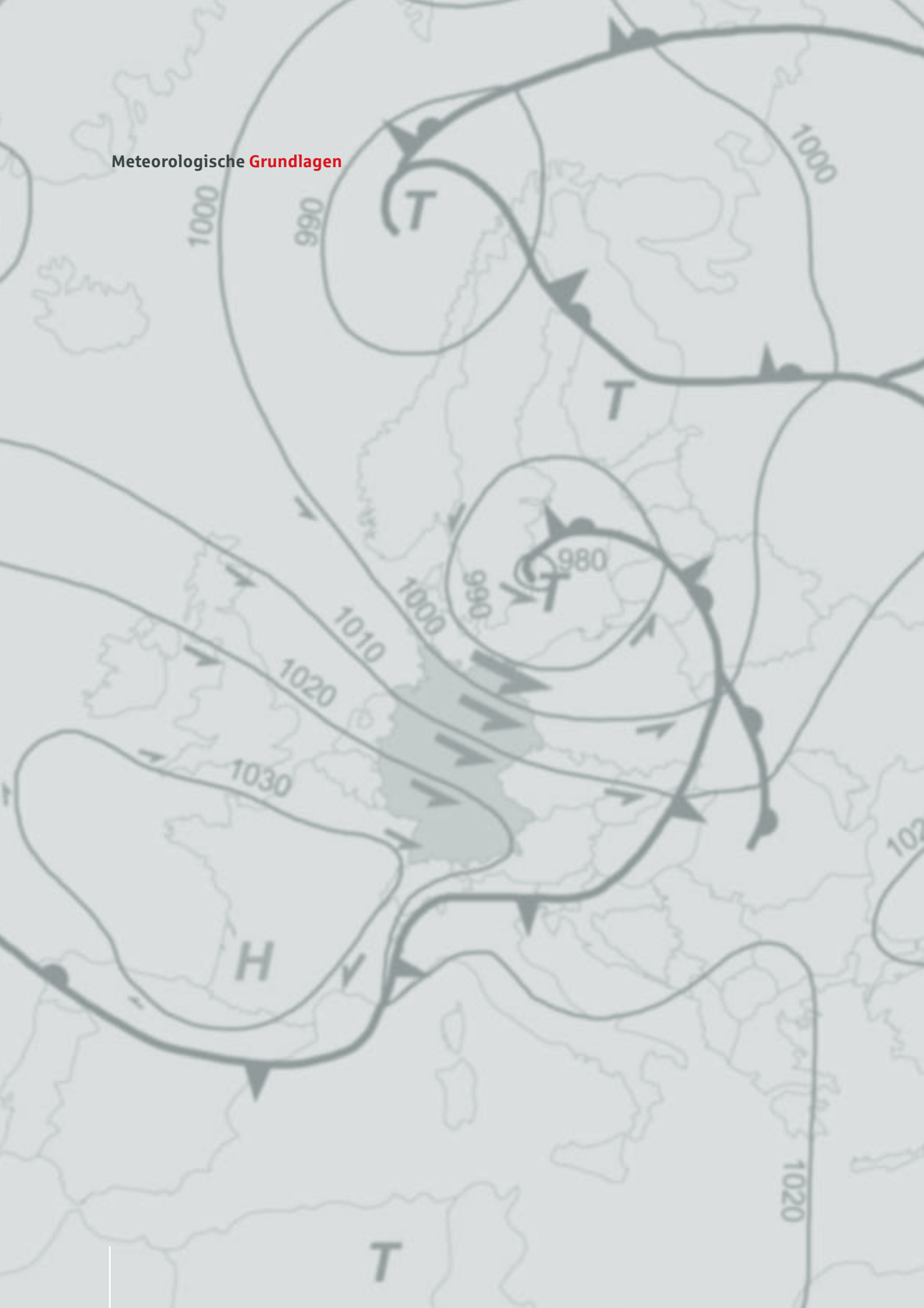
Verfasser: Thomas Axer
Dr. Thomas Bistry
Dr. Eberhard Faust
Steffen Fietze
Meike Müller
Manuel Prechtl

Redaktion: Abteilung Technik + Service
geo@deutscherueck.de
Abteilung Kommunikation + Presse
presse@deutscherueck.de

Gestaltung/Layout: saga werbeagentur, Münster

Druck: Meinke Print Media Partner, Neuss

Meteorologische Grundlagen



Meteorologische Grundlagen

1 Winterstürme über Mitteleuropa

1.1 Atmosphärische Zirkulation, Polarfront und Westwindzone

In Europa treten starke, schadenbringende Stürme mit großer räumlicher Ausdehnung fast ausschließlich im Winterhalbjahr auf. Diese so genannten Winterstürme entstehen aufgrund der meteorologischen Vorgänge im Bereich des Nordatlantiks. Daher wird diese Region gelegentlich auch als „europäische Wetterküche“ bezeichnet. Für die Sturmentstehung sind letztlich die hier herrschenden Druck- und Temperaturverhältnisse verantwortlich, die sich wiederum aus der großräumigen, globalen atmosphärischen Zirkulation ergeben.

Die Erdatmosphäre und die in ihr stattfindenden Strömungsvorgänge lassen sich mit einer gewaltigen Wärmekraftmaschine vergleichen, in der – angefacht durch die Sonnenstrahlung – riesige Mengen an Energie umgesetzt, transportiert und mit benachbarten Systemen (z.B. der Pflanzenwelt oder den Ozeanen) ausgetauscht werden. Luft ist hierbei das Arbeitsmedium, das die Energie in Form von Wärme transportiert. Der Wärmetransport folgt dabei dem Naturprinzip, Gegensätze auszugleichen. Das bedeutet konkret, dass überschüssige Wärme in kältere Gebiete verfrachtet wird. Da die Sonnenstrahlung rund um den Äquator weitaus intensiver ist als in unseren Breiten oder gar in den Polargebieten, transportieren Luftströmungen permanent Wärme aus dem Äquatorbereich in Richtung der Pole. Umgekehrt fließt kältere Luft aus den Polargebieten zurück Richtung Äquator, womit

der Luftkreislauf geschlossen wird. Allerdings wird die Richtung und Ausprägung der Luftströmungen durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Zu den wichtigsten gehören die Verteilung von Ozeanen und Kontinenten, die Meeresströmungen und die Tatsache, dass warme Luft aufgrund ihrer geringeren Dichte gegenüber kälterer Luft aufsteigt. Von entscheidender Bedeutung ist die Corioliskraft, die sich aus der Erdrotation ergibt (nach dem französischen Ingenieur und Naturwissenschaftler Gustave Coriolis 1792 bis 1843). Diese bedingt, dass auf der Erde jede bewegte Masse – also auch Luft – quer zu ihrer Bewegungsrichtung abgelenkt wird (auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links; direkt am Äquator ist sie nicht wirksam). Werden diese Faktoren berücksichtigt, so ergibt sich das in Abbildung 1 gezeigte idealisierte Schema der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation.

In Abbildung 1 sind die aufwärts und abwärts gerichteten Äste der atmosphärischen Zirkulation in Form von Pfeilen dargestellt, die von der Erdoberfläche weg- bzw. zu ihr hinführen. Dort, wo die Luft großräumig zur Erde hin absinkt, befindet sich am Boden ein Hochdruckgebiet (Symbol „H“). Das Absinken von Luft ist generell mit dem Auflösen von Wolken verbunden, daher sind diese Gebiete in Abbildung 1 wolkenfrei dargestellt. Gemeinhin verbindet man ja auch Hochdruckgebiete mit wolkenarmem und schönem Wetter.

Umgekehrt korrespondieren die Gebiete aufsteigender Luft mit Tiefdruckgebieten am Boden (Symbol „T“). Hierbei können zwei

Subpolare
Tiefdruck-
rinne

Westwind-
zone

Subtro-
pischer
Hochdruck-
gürtel

Inner-
tropische
Konvergenz-
zone

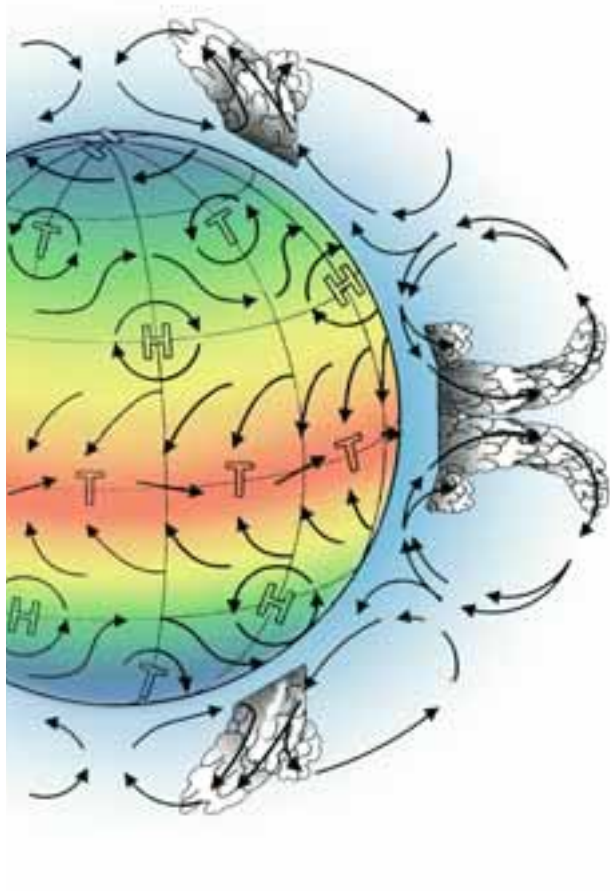


Abbildung 1: Stark vereinfachtes Schema der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre (von STORCH et al. 1999; stark verändert)

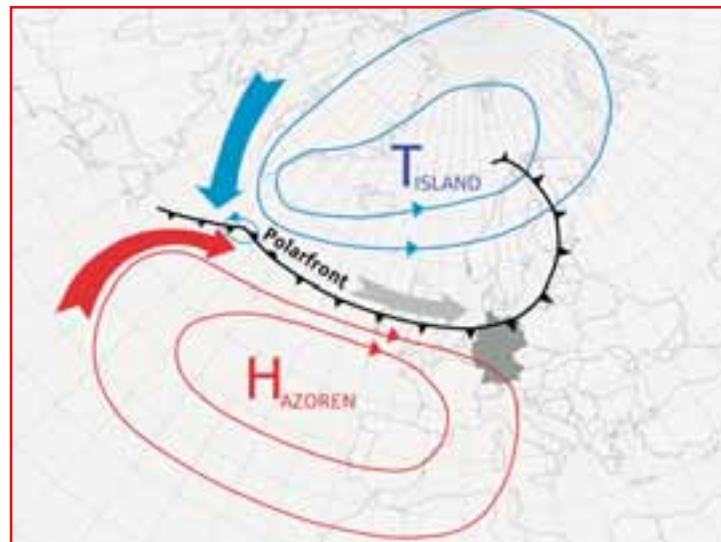
Entstehungsmechanismen unterschieden werden: Einerseits die Tiefs in den Tropen rund um den Äquator, wo die von der Sonne stark erhitze Luft viel Feuchtigkeit aufnimmt und mit dieser gemeinsam unter Bildung mächtiger Gewitterwolkentürme rasch aufsteigt (Abbildung 1; Wolkentürme am Äquator). Andererseits entstehen Tiefdruckgebiete in unseren Breiten vor allem dann, wenn unterschiedlich temperierte Luftmassen aufeinander treffen und es dabei zum Aufsteigen der wärmeren Luft kommt (vgl. Abschnitt 1.2). Da in diesen Regionen die Temperaturunterschiede zwischen warmer und kalter Luft in der Regel

eher gering sind, erfolgt der Aufstieg der warmen Luft aber nicht rasch, sondern eher in Form eines langsamen Aufgleitens über die kältere Luft. Aber auch hier kühlt sich die warme Luft während ihres Aufstiegs ab, und es kommt zur Kondensation des enthaltenen Wasserdampfs – es bilden sich Wolken (Abbildung 1; Wolken in der Nordhemisphäre). Daher assoziiert man mit Tiefdruckgebieten üblicherweise wolkenreiches und regnerisches Wetter.

Mit den beschriebenen vertikalen Luftbewegungen in den Hoch- und Tiefdruckgebieten korrespondieren auch horizontale Luftbewegungen, die am Boden als Wind spürbar sind. In Hochdruckgebieten strömt die aus der Höhe absinkende Luft am Boden in alle Richtungen aus. Die in den Tiefdruckgebieten aufsteigende Luft dagegen lässt am Boden immer wieder Luft zum Tiefzentrum hin nachströmen. Aber auch auf diese bodennahen Luftströmungen wirkt die Corioliskraft und lenkt sie auf der Nordhalbkugel nach rechts ab. Dadurch wird verhindert, dass die Luft direkt vom hohen zum tiefen Luftdruck fließt und den Luftdruckunterschieds sofort ausgleicht. Statt dessen werden die Druckzentren mehr oder weniger kreisförmig umströmt, und zwar auf der Nordhalbkugel die Hochdruckgebiete im Uhrzeigersinn und die Tiefdruckgebiete im Gegenuhrzeigersinn (Abbildung 1; Symbole „H“ und „T“). Nur ein kleiner Teil der Luft gelangt so tatsächlich vom Hoch zum Tief, so dass der Luftdruckausgleich nur sehr langsam vonstatten geht und die Luftdruckgebilde folglich eine relativ lange Lebensdauer haben.

Auch im nordatlantischen Raum, dessen Luftdruck- und Strömungsmuster für unser Wettergeschehen entscheidend ist, gibt es derartig dauerhafte Luftdruckgebilde. So existiert im Bereich der Azoren ein beständiges Hochdruckgebiet (Azorenhoch), das

Abbildung 2: Schema des Gegenübers von Islandtief und Azorenhoch; die Pfeile zeigen, wie kalte (blau) und warme Luftmassen (rot) aufeinander zugeführt werden. Längs der Polarfront (schwarze Linie) verläuft die Westwindzone (grauer Pfeil) von West nach Ost über den Atlantik.



Teil des so genannten subtropischen Hochdruckgürtels ist. Durch die weitgehende Wolkenfreiheit in dieser Region wird die aus dem Azorenhoch ausströmende Luft langsam durch die Sonne erwärmt, wobei sie zunehmend Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf aus dem Ozean aufnimmt. Ein weiteres Hoch, das die „Wetterküche“ im Nordatlantik anfaßt, ist das mit arktischer Kaltluft gefüllte Polarhoch über der vereisten Nordpolregion.



Da aus den Hochdruckgebieten bodennah Luft ausströmt, fließt aus dem Azorenhoch feuchtwarme Luft nach Norden, und entsprechend strömt arktische Kaltluft des Polarhochs nach Süden. Im nordatlantischen Raum treffen die sehr unterschiedlich temperierten Luftmassen aufeinander. Da sie sich nicht direkt vermischen, sondern vielmehr aneinander vorbeigleiten, bildet sich eine scharfe Grenze zwischen den Luftmassen aus – die so genannte Polarfront. Entlang dieser Grenze kommt es aufgrund von Warmluftvorstößen in Richtung Norden regelmäßig zur Bildung lokaler Druckabsenkungen. Aus solchen kleinräumigen Druckdepressionen können Tiefdruckgebiete entstehen, die sich unter Umständen zu sehr

großen, weitgehend ortsfesten Druckgebilden mit Durchmesser von über 1000 km weiterentwickeln. Da diese recht häufig zwischen Island und Skandinavien auftreten, werden sie gemeinhin als Islandtief bezeichnet. Das Islandtief bzw. der im statistischen Mittel tiefe Luftdruck im Bereich von Island trägt entscheidend im Sinne einer positiven Rückkoppelung zur Verstärkung der Polarfront bei (Abbildung 2). Da die Luftmassen im Gegenuhrzeigersinn um das Islandtief zirkulieren, strömt an seiner Westseite kontinuierlich kalte Luft polaren Ursprungs nach Süden. Diese trifft auf die an der Westflanke des Azorenhochs nach Norden strömende feuchtwarme Luft und verstärkt so die Polarfront. Aufgrund der gleichsinnigen Bewegung weichen die unterschiedlich temperierten Luftmassen Richtung Osten aus und strömen entlang der Polarfront nahezu parallel auf das europäische Festland zu. Dieser west-ost-gerichtete Grundstrom über dem Nordatlantik ist in unseren Breiten die vorherrschende Strömungskonstellation. Man spricht daher auch von der Westwindzone. In Abbildung 2 ist dieser Bereich durch einen grauen Pfeil hervorgehoben.

1.2 Entstehung und Ausprägung von Winterstürmen

Im Winterhalbjahr ist der Temperaturgegensatz zwischen Azorenhoch und Islandtief besonders groß und dementsprechend die Polarfront starkausgeprägt. Einerseits kühlt das Meer im Herbst langsamer ab als die kontinentalen Landmassen, und andererseits führen Kaltluftausbrüche, die aus dem Raum Ostkanada/Grönland nach Südvordringen, über dem noch wärmeren Nordatlantik zu großen Temperaturgegensätzen an der Polarfront. Aufgrund des damit verbundenen starken Druckgefälles von Süd nach Nord bildet sich daher im Winterhalbjahr oft ein besonders kräftiger, längs der Polarfront von West nach Ost gerichteter Grundstrom über dem Nordatlantik aus. Dabei kommt es – vor allem vor der kanadischen Ostküste – regelmäßig in Bodennähe zu einem Vordringen warmer Luft nach Norden. Dies führt zu einem Druckfall gegenüber der kühleren Umgebung, und als Konsequenz daraus beginnt eine Zirkulation im Gegenuhrzeigersinn um die Druckdepression. Auf einer Wetterkarte ist das süd-nord-gerichtete Vordringen der Warmluft an einer wellenförmigen Auslenkung der Polarfront zu erkennen (Abbildung 2). Es hängt von dem Temperaturgegensatz der beteiligten Luftmassen ab, ob es bei einer kleinen, nicht wetterwirksamen Wellenstörung bleibt oder ob sich diese bis zu einem Sturmtief verstärkt. Grundsätzlich gilt, um so stärker der Temperaturunterschied, desto größer ist die Verstärkungsneigung. Weist die in das entstehende Tief einströmende Warmluft darüber hinaus einen hohen Anteil an Wasserdampf auf, so wird bei den Kondensations- und Gefrierprozessen im Zuge der Wolkenbildung eine große Menge an zusätzlicher Wärmeenergie freigesetzt. Dadurch wird die aufsteigende Luftbewegung und damit der Druckfall im Tiefkern verstärkt – es entsteht ein Sturm- oder sogar ein Orkantief.

Die Wellenstörungen bzw. die frisch gebildeten Tiefdruckgebiete werden mit der von West nach Ost gerichteten Grundströmung nach Europa transportiert. Ihre Zugbahn wird hierbei im Wesentlichen durch die Lage und Ausprägung des Islandtiefs beeinflusst. Das Islandtief fungiert als steuerndes Zentraltief, an dessen südlichem Rand die stürmischen Randtiefs in Richtung europäisches Festland geführt werden. Teilweise ziehen die Randtiefs in ihrer Spätphase wieder über das Baltikum und Skandinavien nordwärts, um sich mit dem ursprünglichen Islandtief zusammenzuschließen und dieses somit immer wieder zu verstärken.

Abbildung 3 zeigt im oberen Teilbild eine Bodenwetterkarte, in der ein Tiefdruckgebiet in einem frühen Entwicklungsstadium dargestellt ist. In dünner Strichstärke sind die Linien gleichen Luftdrucks (Isobaren) dargestellt. Das Tief zieht von links nach rechts. Die im Warmsektor enthaltene warme Luft dringt hierbei nach rechts oben gegen die kühle Luftmasse vor – die Grenzfläche zwischen beiden heißt entsprechend Warmfront (Symbol ). Ebenfalls gegen den Uhrzeigersinn dringt von der Rückseite her kühle Luft gegen den Warmsektor vor. Dieser Frontabschnitt heißt aufgrund der nachfolgenden kühlen Luft Kaltfront (Symbol ). Bei den schräg im Raum liegenden Kalt- und Warmfronten, die im unteren Teilbild im Vertikalschnitt schematisch dargestellt sind, handelt es sich um Übergangszonen mit starker horizontaler Temperaturänderung auf kurzer Strecke. Es gibt dabei keine scharfen Grenzflächen, sondern es kommt vielmehr durch Querkirkulationen zum Luftaustausch über diese Übergangszonen hinweg.

Vorboten der Passage eines Tiefdruckgebietes sind oft hochreichende schleierartige Eiswolken (Cirren), die das Herannahen der Warmfront anzeigen (Abbildung 3, unten). Entlang der Warmfront gleitet warme Luft

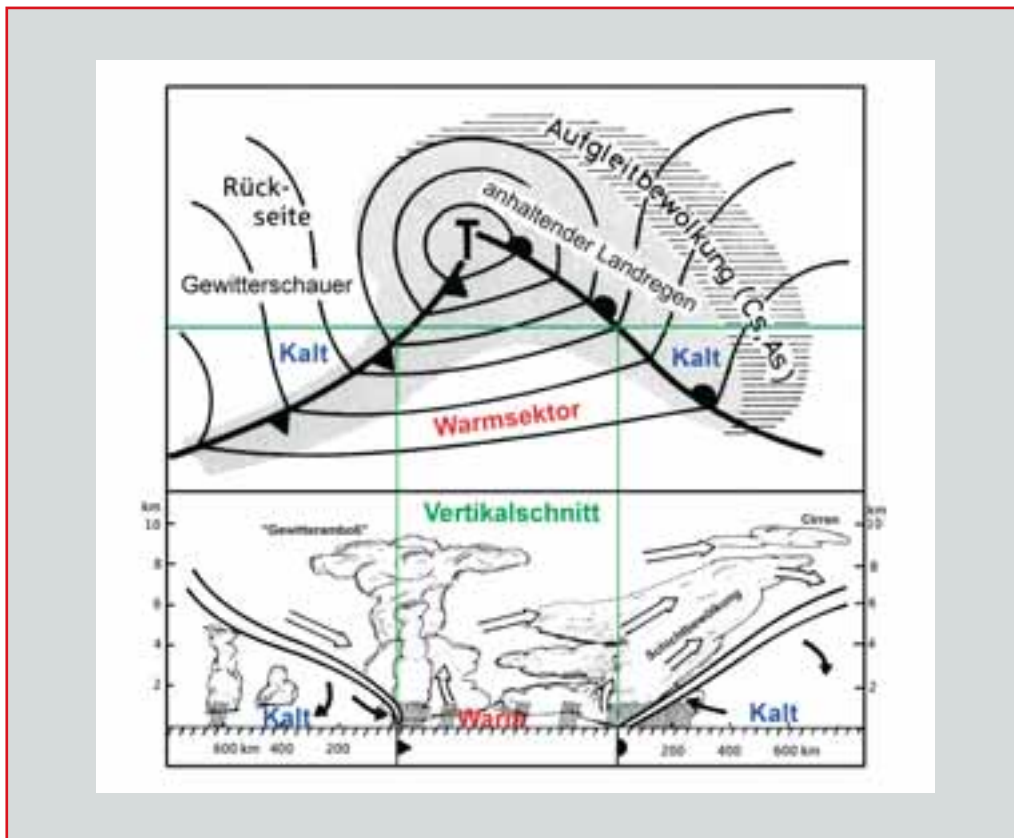


Abbildung 3: Idealtypisches Schema eines Tiefdruckgebietes im Reifestadium; Oben: Sicht von oben mit Frontverläufen (fett), Linien gleichen Luftdruckes (Isobaren, dünn), Bewölkung (schraffierte Flächen: Cs = Cirrus-Schleierbewölkung, As = hohe Schichtbewölkung); Unten: Vertikalschnitt längs der grünen, gestrichelten Linie mit Fronten im Raum, Bewölkungsverteilung und Querkirkulation an den Fronten (DWD 1987; verändert).

auf kältere Luft auf. Aufgrund der flach im Raum liegenden Frontfläche erfolgt das Aufsteigen warmer Luft hierbei vergleichsweise langsam. Es bildet sich eine großflächige Schichtbewölkung, aus der langanhaltender „Landregen“ fallen kann. Nachfolgend schiebt sich entlang der Kaltfront relativ kältere Luft wie ein Keil unter die vor ihr liegende wärmere Luft und zwingt diese zu raschem Aufsteigen. Dies führt häufig zu Kondensationsprozessen und zur Bildung von hochreichenden Wolken, aus denen kräftiger schauerartiger Niederschlag fällt – oft entstehen im Sommer an der Kaltfront Gewitterzellen. Außer durch den Niederschlag macht sich die Kaltfrontpassage in der Regel als Minimum des Luftdrucks und durch ein markantes Drehen des Windes

(„Windsprung“ im Uhrzeigersinn, meist von Südwest nach Nordwest) sowie durch einen spürbaren Temperaturrückgang bemerkbar. Aufgrund ihres schnelleren Vorankommens holt die Kaltfront die Warmfront meist ein und vereinigt sich mit ihr zu einer gemeinsamen Front, der so genannten Okklusionsfront (Symbol $\blacktriangle\blacktriangle$). Der Warmsektor des Tiefdruckgebietes wird hierbei aufgrund der geringeren Dichte wärmerer Luft durch die Kaltluft vom Erdboden in die Höhe gehoben. Hierdurch kommt es häufig zu Niederschlägen. Der Tiefdruckwirbel hat in diesem Stadium seine größte Intensität erreicht. Der Kern wird jetzt langsam verlagert als zuvor, und als Konsequenz beginnt das Frontensystem im Gegenuhrzeigersinn um den Kern herumzuschwenken. Mit dem Okklusions-

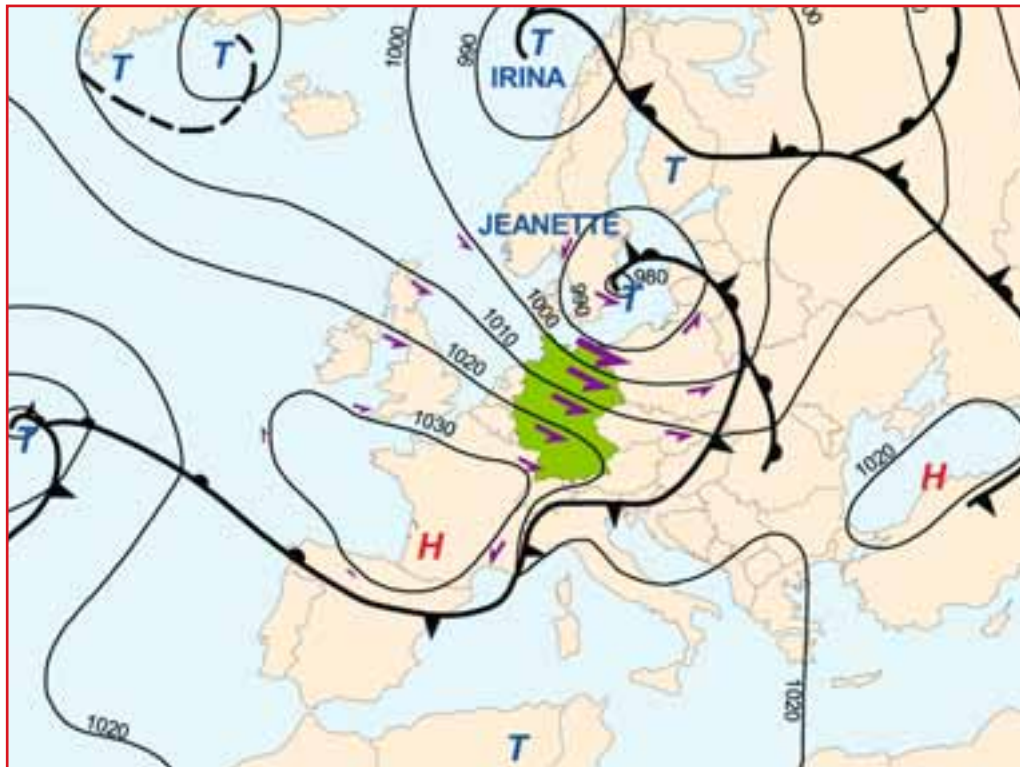


Abbildung 4: Bodenkarte vom 28.10.2002 während der Passage des Sturmtiefs JEANETTE; violette Pfeile deuten Windstärke und -richtung an; Linien und Symbole siehe Ausklapplegende (Datenbasis: Berliner Wetterkarte).

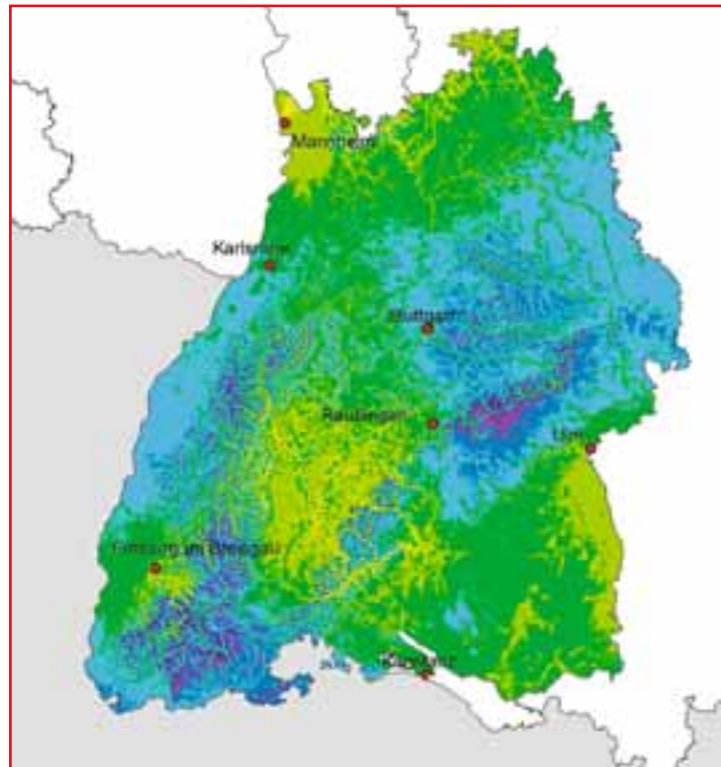
stadium ist der Höhepunkt in der Entwicklung des Tiefs überschritten. Der Temperaturgegensatz der Luftmassen schwindet aufgrund der Verwirbelung und Durchmischung. Das Tief löst sich allmählich auf.

Abbildung 4 zeigt die Bodenkarte vom 28. Oktober 2002 während der Passage des Sturmtiefs JEANETTE. Der Kern des Tiefs (Symbol „T“), in dem der niedrigste Druck herrscht, lag zu diesem Zeitpunkt über Südschweden. Die Windgeschwindigkeiten, die durch die Passage der artiger Tiefdruckgebiete verursacht werden, resultieren zunächst aus ihrer Verlagerungsgeschwindigkeit. Diese ist abhängig von der Stärke der west-ost-gerichteten Grundströmung in der Westwindzone. Noch entscheidender für die Stärke des Windes ist in der Regel aber die Größe des Druckabfalls in Richtung des Tiefdruckzentrums. Um so größer der Druck-

abfall, d. h. um so größer die so genannte Druckgradientkraft, die senkrecht auf den Isobaren steht und vom hohen zum tiefen Druck hin gerichtet ist, desto höher die Windgeschwindigkeit. Der höchste Druckabfall ist auf einer Bodenwetterkarte anhand der eng beieinander liegenden Isobaren erkennbar.

Da Luftmassen grundsätzlich gegen den Uhrzeigersinn um ein Tiefdruckzentrum herumströmen, ergeben sich – betrachtet man den Sturm ohne Berücksichtigung seiner Gesamtverlagerung – südlich der Kernposition Winde aus westlichen Richtungen, nördlich der Kernposition jedoch Winde aus östlichen Richtungen. Verlagert sich nun der Wirbel von West nach Ost, so wirkt diese Verlagerungsgeschwindigkeit südlich der Kernzugbahn in die gleiche Richtung wie die dortige Luftströmung aus

Abbildung 5: Maximalböenfeld für den Bereich Baden-Württemberg während der Passage des Orkans LOTHAR am 26.12.1999 erzeugt mit dem Sturmmodell der Deutschen Rück; Farbgebung siehe Ausklappende.



Westen, muss also zu dieser noch addiert werden. Nördlich der Kernzugbahn wirkt die Windrichtung aus Osten entgegen, sie muss also subtrahiert werden. Aus diesem Grund liegt der Korridor der stärksten Windgeschwindigkeiten und Sturmschäden in unseren Breiten normalerweise südlich der Zugbahn des Tiefkerns. Die Windmaxima werden dabei im Allgemeinen an der Kaltfront, bei einem bereits okkludierten Tief häufig auch erst im Bereich des nachfolgenden Troges (wegen der trogartigen Ausbuchtung der Isobaren) erreicht. Dies ist in der Bodenkarte in Abbildung 4 anhand der Isobarendrängung südwestlich des Tiefzentrums und der violetten Pfeile zu erkennen, die die Windstärke und -richtung andeuten. Die Luftströmung in der Höhe verläuft nahezu parallel zu den Isobaren. Mit abnehmender Höhe, also geringerer Entfernung zur Erdoberfläche, nimmt die Windgeschwindigkeit durch den zunehmenden Einfluss der Reibung an den Strukturen der Bodenoberfläche ab. Es ändert sich aber auch

die Windrichtung im Sinne einer zunehmenden Abweichung in Richtung des Tiefzentrums – auch dies auf Grund des Reibungseinflusses. Neben der aerodynamischen Rauigkeit der unterschiedlichen Strukturen wie landwirtschaftliche oder bebauten Gebiete hat die Geländeform einen entscheidenden Einfluss auf die lokale Windgeschwindigkeit. Beispiele hierfür sind Kanalisationseffekte durch Täler oder so genannte Speed-up-Effekte bei der Überströmung von Höhenzügen. Die Abbildung 5, in der das Maximalböenfeld des Orkans LOTHAR (26. Dezember 1999) für das Gebiet Baden-Württemberg dargestellt ist, macht deutlich, wie sich die genannten Effekte auf die lokale maximale Böengeschwindigkeit auswirken. So sind anhand der Farbgebung die erheblich höheren Windgeschwindigkeiten in den Kuppenlagen des Schwarzwaldes und der Schwäbischen Alb zu erkennen.

In Abbildung 5 sind die mit dem Sturmmodell der Deutschen Rück abgeleiteten maxi-

Beaufort-Skala				
Bft	Bezeichnung	Mittlere Windgeschwindigkeit in 10 Meter Höhe		
		m/s	km/h	Knoten
0	Windstille	0 - 0,2	0 - 1	0 - 1
1	Leiser Zug	0,3 - 1,5	1 - 5	1 - 3
2	Leichter Wind	1,6 - 3,3	6 - 11	4 - 6
3	Schwacher Wind	3,4 - 5,4	12 - 19	7 - 10
4	Mäßiger Wind	5,5 - 7,9	20 - 28	11 - 15
5	Frischer Wind	8,0 - 10,7	29 - 38	16 - 21
6	Starker Wind	10,8 - 13,8	39 - 49	22 - 27
7	Steifer Wind	13,9 - 17,1	50 - 61	28 - 33
8	Stürmischer Wind	17,2 - 20,7	62 - 74	34 - 40
9	Sturm	20,8 - 24,4	75 - 88	41 - 47
10	Schwerer Sturm	24,5 - 28,4	89 - 102	48 - 55
11	Orkanartiger Sturm	28,5 - 32,6	103 - 117	56 - 63
12	Orkan	32,7 - 36,9	118 - 133	64 - 74
13		37,0 - 41,4	134 - 149	75 - 80
14		41,5 - 46,1	150 - 166	81 - 89
15		46,2 - 50,9	167 - 183	90 - 99
16		51,0 - 56,0	184 - 201	100 - 109
17		> 56,0	> 202	> 109

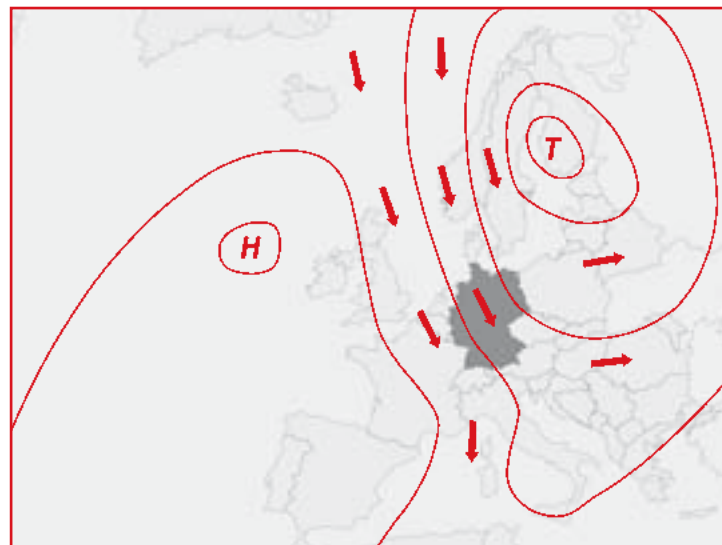
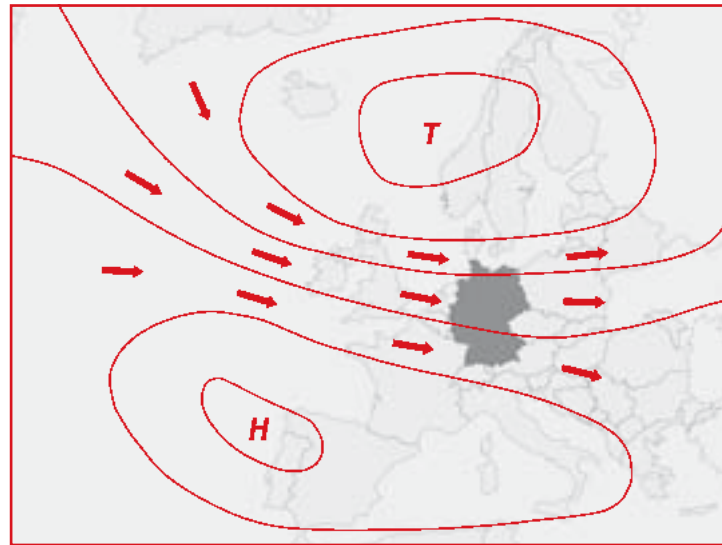
malen Böengeschwindigkeiten in Meter pro Sekunde (m/s) dar gestellt. Häufig wer den Windgeschwindigkeiten auch in den Maß-einheiten Knoten (kn) oder Kilometer pro Stunde (km/h) angegeben. ZurBeschreibung der Windwirkungen wird üblicherweise die nach Sir Francis Beaufort (1774 bis 1857) benannte Skala genutzt. Um auch hohe Windgeschwindigkeiten in Orkanstärke ge-nauer zu unterteilen, wurden der ursprüng-lich 12-teiligen Beaufort-Skala nachträglich die Grade 13 bis 17 hinzugefügt. Ab einer Windstärke von Beaufort 8 herrscht im ver-sicherungstechnischen Sinne Sturm.

Die Sturm- und Orkantiefs des Winterhalb-jahrs lassen sich charakteristischen Wetter-lagen zuordnen (Abbildung 6). Die Namen dieser Wetterlagen beschreiben die Rich-tung, aus der die Luft nach Eur opa geführt wird. Bei Westwetterlagen, die am häufigsten für Sturmsituationen v erantwortlich sind, werden die stürmischen Randtiefs mit dem von West nach Ost führenden Grundstrom

nach Europa transportiert. Westwetterlagen, die das Grundchar akteristikum unser es Klimas bilden, k önnen über mehrere Tage anhalten und dabei hintereinander mehrere Tiefs, so genannte Zyklonenfamilien, mit hoher Verlagerungsgeschwindigkeit nach Europa transportieren. Verschiebt sich das Azorenhoch nach Nor dosten und liegt das Zentrum tiefen Luft drucks eher über dem Nordmeer und Skandinavien, so st ellt sich die so genannte Nordwestlage ein. Vor allem im Winter erzeugt diese Wetterlage neben Sturm und Sturmflut bzw. windstaubeding-ten Ho chwasserständen in der deutschen Bucht auch ergiebige Niederschläge mit der Folge von Flus süberschwemmungen. B ei der reinen Nordlage gelangt häufig sehrkal-te Luft von Skandinavien nach Mitteleuropa und bewirkt einen dr astischen Temperatur-sturz. Bei dieser Anströmrichtung kann es vor allem an der Ostseeküste zu sturmbe-dingten Überflutungen kommen.

Abbildung 6:
Schematische Darstellung
typischer Wetterlagen:

Westlage (oben) und Nord-
lage (unten); die Pfeile
deuten die Richtung der
Luftströmung an (WIEDERSICH
1996; stark verändert).



1.3 Klimatologische Einflüsse

Das Gegenüber von Azorenhoch und Islandtief bestimmt das europäische Sturmklima des Winterhalbjahres. Die durch die variierende Lage und Ausprägung von Azorenhoch und Islandtief hervorgerufene Variabilität des Bodenluftdrucks wird als Nordatlantische Oszillation (NAO) bezeichnet. Der so genannte NAO-Index beschreibt die Druckdifferenz zwischen Azorenhoch und Islandtief. Sie wird meist monatsweise oder saisonal (z. B. Dezember bis März) bestimmt. Je größer diese Differenz ausfällt – was vor

allem durch einen besonders niedrigen Druck des Islandtiefs bewirkt wird –, desto stärker ist die von West nach Ost gerichtete Grundströmung über dem Nordatlantik ausgeprägt. Der Index nimmt dann zunehmend positive Werte an. In diesem Fall herrschen hierzulande die erwähnten Westwetterlagen vor, bei denen stürmische Randtiefs vom Nordatlantik kommend vorwiegend über die britischen Inseln und das nördliche Europa hinweg bis weit nach Osten gelangen (Abbildung 7). Mit dem Sturm bringen sie feuchte und relativ milde Meeresluftmassen mit vielen Niederschlägen und der Gefahr

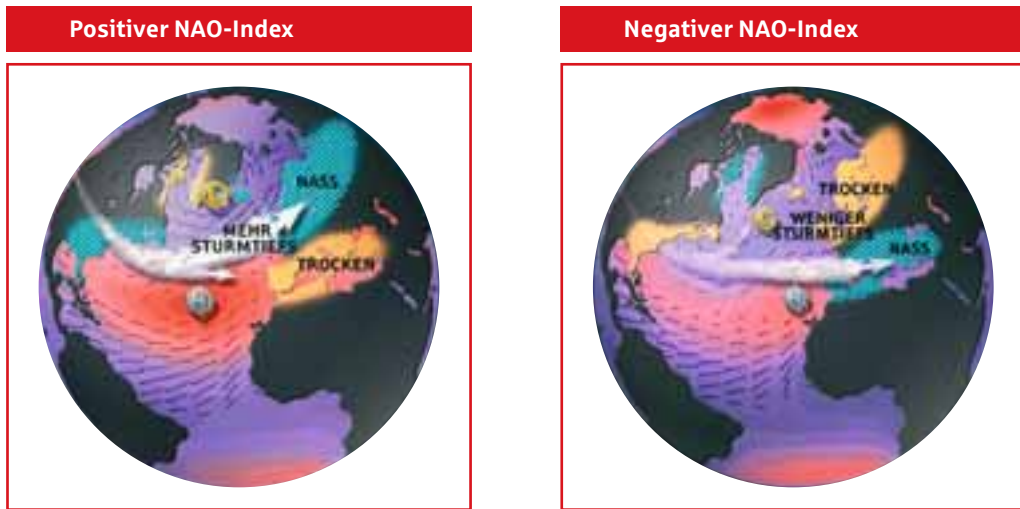


Abbildung 7: Nordatlantische Oszillation (NAO) (M. Visbeck; www.Ideo.columbia.edu/NAO/; verändert)

von Hochwasser nach Mitteleuropa. Allerdings bleibt der Mittelmeerraum dann relativ trocken, da in solchen Wintern nur wenige Tiefs dorthin gelangen. Bei dieser positiven Indexlage der NAO fehlen weitgehend Wetterlagen, bei denen sich flache Kältehochs von Russland aus (meist über Schneeflächen) nach Westen ausbreiten, klirrende Kälte herbeiführen und Sturmtiefs abblocken. Letzteres ist nur bei negativen NAO-Indexwerten der Fall – dann herrschen Winter mit niedrigen Temperaturen, rela-

tiver Trockenheit und geringerer Windgeschwindigkeit in Mitteleuropa vor. In solchen Situationen gelangen häufiger Tiefdruckgebiete und mit ihnen vermehrt Niederschläge in den südeuropäischen Mittelmeerraum (Abbildung 7).

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung des NAO-Index seit 1864. Von ca. 1900 bis ca. 1930 gab es ein relativ hohes, positives Indexniveau, d. h. starke westliche Winde und milde, niederschlagsreiche Winter in Nord-

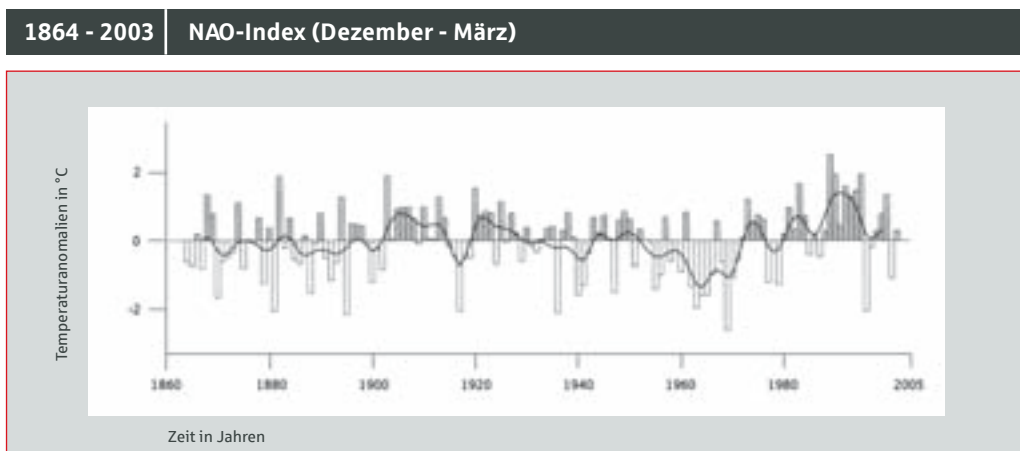


Abbildung 8: Index der Nordatlantischen Oszillation nach HURRELL basierend auf Stationsmessungen (Lissabon/Portugal – Stykkisholmur/Island) für Dezember bis März; Zeitraum: 1864 bis 2003 (HURRELL et al. 2003; verändert).

1861 - 2003 Temperaturanomalie

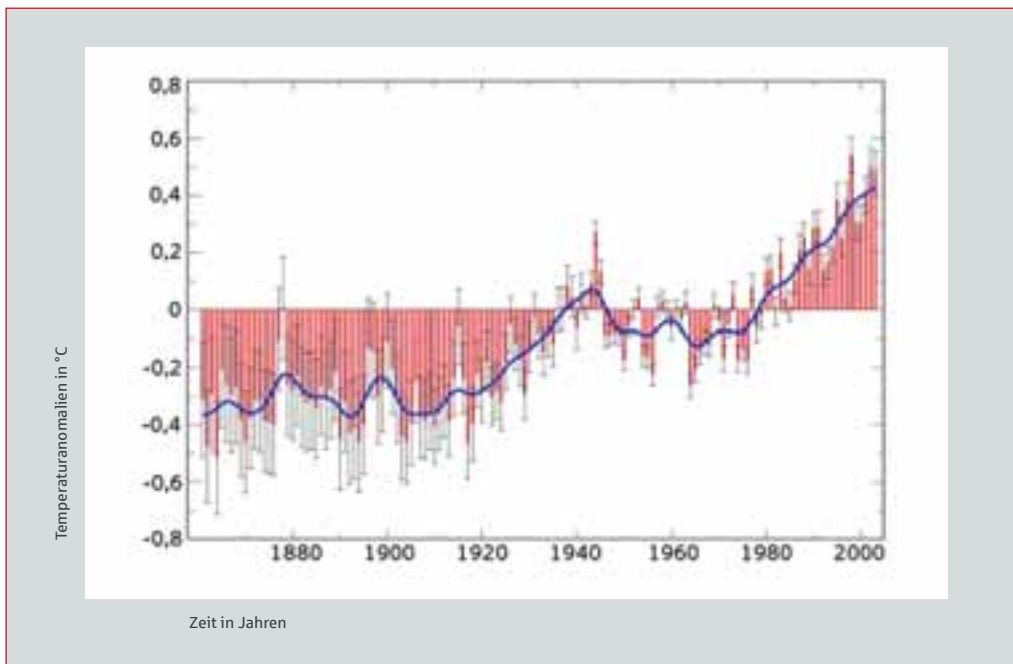


Abbildung 9: Abweichung der globalen oberflächennahen Temperatur der Jahre 1856 – 2003 vom Mittelwert der Klimavergleichsperiode 1961 – 1990 (HADLEY CENTRE 2005; verändert)

und Mitteleuropa. Von den frühen 1940er zu den frühen 1970er Jahren herrschte hingegen ein Abwärtstrend des NAO-Index vor, daher lagen die Wintertemperaturen oft niedrig und die Sturmaktivität war vergleichsweise gering. In den vergangenen 30 Jahren kletterte der Index sehr steil in den positiven Bereich auf Werte, die seit Beginn der Messungen noch nicht erreicht worden waren. Es hat mit dieser Entwicklung zu tun, dass viele Menschen in Deutschland schneereiche und kalte Winter nur noch aus ihrer Kindheit kennen.

Untersuchungen weisen darauf hin, dass die registrierte Erwärmung der außertropischen Nordhalbkugel im Winterhalbjahr seit den 1970er Jahren mit der milden Winterwitterung bei positiven NAO-Indexlagen in Verbindung steht. Das starke Anstiegsverhalten des NAO-Index ab 1970 ist dabei so extrem, dass es außerhalb der mit Klimasilimationsmodellen bestimmten Bandbreite der natürlichen Schwankungen unseres Kli-

masystems liegt (GILLET et al. 2003). Es liegt daher der Schluss nahe, dass eine externe Einflussgröße für das starke Anstiegsverhalten des NAO-Index verantwortlich ist: Die Erwärmung des Klimas durch anthropogen verursachte Treibhausgas-Emissionen.

Oberflächennahe globale Mitteltemperaturen, abgeleitet aus instrumentellen Daten, liegen für den Zeitraum seit 1861 vor. In Abbildung 9 sind die Abweichungen der jeweiligen Jahresmittel vom Temperatur-Mittelwert der Periode 1961 bis 1990 dargestellt. Diese Periode wurde international als Klimavergleichsperiode definiert (synonym werden die Begriffe Klimanormalperiode, Referenzperiode und langjähriges Mittel verwendet). Deutlich zu erkennen sind die hohen positiven Temperaturanomalien gegen Ende des 20. Jahrhunderts. Global betrachtet fallen die zehn wärmsten Jahre alle in den Zeitraum 1990 bis 2003. Die Reihenfolge der Jahre variiert dabei je nach Berechnung des globalen Mittelwerts

Temperaturranking		
Rang	Global	Deutschland
1	1998	2000
2	2002	1994
3	2003	1934
4	2004	2002
5	2001	1999
6	1997	1990
7	1995	1989
8	1999	1992
9	2000	2003
10	1990	1949

Datenbasis:
HADLEY CENTRE (2005)
UBA (2004)
DWD (2004)

geringfügig. 1998 war global gesehen aber das mit Abstand wärmste Jahr. In Deutschland, wo flächendeckende Temperaturmessungen seit 1901 vorliegen, war das Jahr 2000 das bisher wärmste Jahr. Insgesamt gesehen brachte der Klimawandel für Deutschland im 20. Jahrhundert eine Erwärmung im Mittel um 0,8 °C mit sich, regional sogar bis 1,2 °C.

Das von den Vereinten Nationen berufene Forschergremium des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) nimmt in seiner Erklärung vom Januar 2001 die anthropogene Verursachung der globalen Temperaturentwicklung direkt ins Visier: „... most of the observed warming over the last 50 years is likely to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations“ (KERR 2001). Forschungsergebnisse zeigen, dass neun der zwölf untersuchten, weltweit führenden globalen Klimasimulationsmodelle bei vermehrtem Treibhausgasgehalt in der Atmosphäre auch ein Anstiegsverhalten des NAO-Index als Folge zeigen (GILLETT et al. 2003). Es gibt somit ernsthafte Indizien dafür, dass die globale Erwärmung und der Anstieg des NAO-Index in den vergangenen 30 Jahren sowie die damit verbundene Zunahme stürmischer und milder Winter in Mittel- und Nordeuropa zwei Seiten derselben Medaille sind.

2 Gewitter und Tornados im Sommerhalbjahr

Im Sommerhalbjahr treten immer wieder Situationen auf, bei denen sich Gewitter bilden. Der eigentliche Auslöser der Gewitterentstehung ist hierbei der erzwungene Aufstieg bzw. die Hebung einer feuchtwarmen Luftmasse. Ein Grund dafür kann die direkte Aufheizung bodennaher Luft durch Sonneneinstrahlung sein, die zum raschen Aufsteigen dieser Luft bis in große Höhen führen kann. Die hierdurch entstehenden Gewitter bezeichnet man als Wärmegewitter. Sie nehmen in unseren Breiten selten große Ausmaße an. Auch Hänge begünstigen solche Aufstiegsprozesse, da sie die horizontale Luftströmung nach oben ablenken. Schwere Gewitter werden jedoch meist durch eine großflächige Hebung von Luftmassen ausgelöst. Dies kann an einer Kaltfront geschehen, an der die bodennahe Warmluft angehoben wird (Abschnitt 1.2), oder aber durch eine großflächige Abnahme des Luftdrucks beim Herannahen eines Tiefs in der höheren Atmosphäre (Höhentief) hervorgerufen werden.

Im Einzelnen geschieht bei der Hebung einer Luftmasse folgendes: Der Wasserdampf in der feuchtwarmen Luft im unteren Teil der Luftsäule beginnt im Zuge der Hebung zu kondensieren und setzt dabei Kondensationswärme frei. Die wärmere Luft ist leichter als die Umgebung und steigt durch den daraus resultierenden Auftrieb nach oben. Gelingt die aufsteigende Luft über die Frostgrenze hinaus nach oben, so wird durch den einsetzenden Gefrierprozess erneut Wärmeenergie abgegeben, die das weitere Aufsteigen der Luft unterstützt. So besitzt sie stets Auftrieb gegenüber ihrer jeweiligen Umgebung und wird daher über eine weite Strecke nach oben beschleunigt. Dies führt zu hochreichenden Gewitterzellen, die in unseren Breiten bis zu 12 km Höhe erreichen können und oft einen cha-



Abbildung 10: Gewitterwolke (*Cumulonimbus capillatus incus*) über der Schwäbischen Alb
(Quelle: D. Schalberger, Tübingen)

Charakteristischen Wolkenschirm im obersten Bereich entwickeln (Cumulonimbuswolke; Abbildung 10).

Großflächige Hebungsprozesse führen nicht selten zu ganzen Gruppen von Gewitterzellen, die entweder linienhafte oder auch haufenförmige Anordnung aufweisen und Ausdehnungen von mehreren 100 km erreichen können (Mesoskalige konvektive Systeme). Die linienhafte Ausprägung entsteht entlang von Kaltfronten (so genannte squalline). Besonders intensive Gewitterzellen induzieren in ihrer Umgebung immer wieder neue Gewitter. Dadurch können räumlich und zeitlich fortschreitende Gewitterzüge entstehen.

In allen Fällen der Gewitterauslösung entsteht eine vom Bodenniveau aufwärts gerichtete Strömung in die Gewitterzelle hinein, die Aufwindzone (Abbildung 11). Durch die Aufwinde werden Wolkentröpfchen und Eisteilchen nach oben beschleunigt. Dabei wachsen diese Niederschlagsteilchen an und werden immer schwerer. Die seitwärts in die Gewitterzelle einströmende, meist trockenere Luft nimmt die aus der Aufwindzone ausfallenden Niederschlagspartikel auf und führt diese nach unten. In der so

entstehenden Abwindzone verdunsten die Wolkentröpfchen und Niederschlagspartikel teilweise und entziehen der Luft dabei Verdunstungswärme. Die hierdurch abgekühlte Luft ist spezifisch schwerer als die Umgebung und fällt beschleunigt in der Abwindzone nach unten. Die mit hoher Geschwindigkeit aus der Gewitterwolke ausfließende und am Boden horizontal umgelenkte Luft

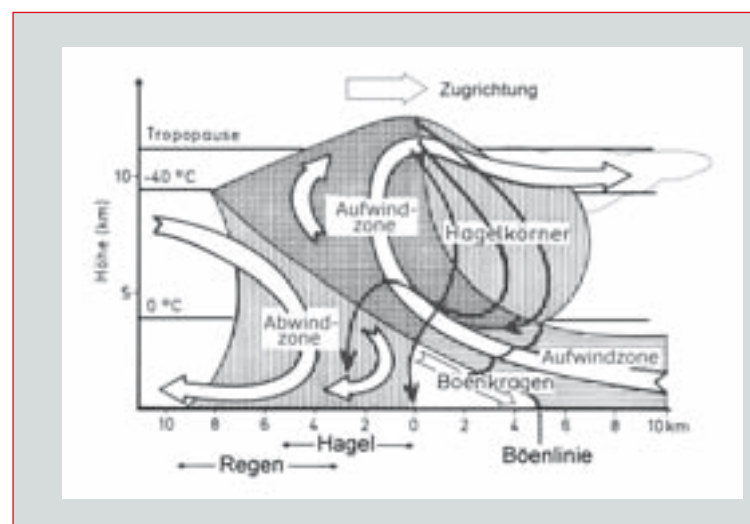


Abbildung 11: Schema einer Starkwind und Hagel produzierenden Gewitterzelle im Querschnitt; Zugrichtung der Gewitterzelle: von links nach rechts; weiße Pfeile zeigen die Luftströmungen an; schwarze dünne Pfeile markieren mögliche Bahnen von Hagelkörnern; entlang der Böenlinie können Sturmschäden auftreten (Kurz 1990; verändert).



Abbildung 12: Böenkragen (Böenwalze) eines herannahenden Gewitters am Abend des 17.07.2004 (Quelle: A. Hergemöller; www.wetterstation-mettingen.de)

bildet in Zugrichtung des Gewitters eine Böenlinie aus, die man als Böenkägen oder Böenwalze bezeichnet (Abbildung 12). Man nennt die am Boden eintreffenden Fallwinde auch Downbursts. Sie können erhebliche Sturmschäden nach sich ziehen und sind für den Luftverkehr in der Start- und Landephase äußerst gefährlich.

Bei schweren Gewittern kann sehr grobkörniger Hagel entstehen, indem Eiseilchen aus dem oberen, nach vorn gebogenen Teil der Luftströmung ausfallen, in den tieferen Niveaus aber erneut von der Aufwindzone erfasst und nach oben getragen werden (Abbildung 11). Bei diesem Kreislauf, der mehrere Male durchlaufen werden kann, lagern sie durch Zusammenstöße mit Tröpfchen unterkühlten Wassers, die sofort anfrrieren, zwiebelschalenartig Eisschichten an und wachsen so zu sehr großen Körnern.

Sind sie zu schwer für den aufwärts gerichteten Transport geworden, fallen sie als Hagel aus der Wolke zu Boden. Oftmals werden die Hagelkörner durch bodennahe Böen auch horizontal beschleunigt.

Mitunter lässt sich bei sehr schweren Gewittern beobachten, dass die Basis der Gewitterwolke im Bereich der Aufwindzone aufgrund von Windscherung zu rotieren beginnt. In der Gewitterwolke existieren häufig aber noch weitere Wirbelstrukturen, allerdings mit meist horizontaler Rotationsachse vor allem an der Böenfront oder im Übergangsbereich zwischen Aufwindzone und Abwindzone. Diese horizontalen Rotationswalzen können sich aufrichten und so vertikale, rotierende Windröhren entstehen lassen. Reichen diese bis zum Erdboden, so spricht man von einem Tornado. In Deutschland ursprünglich ebenfalls gebräuchliche Bezeichnungen für diesen Sturmtyp sind Windhose oder Trombe.

Tornados sind stets an Gewitter gebunden. In ihnen herrschen extrem heftige, nach oben gerichtete Winde. Anhand der entstandenen Schäden werden Tornados qualitativ mittels der sechsstufigen Fujita-Skala klassifiziert. Bei dem in Abbildung 13 gezeigten Tornado, der am 23. Juni 2004 in Michelín (Sachsen-Anhalt) auftrat, handelte es sich um einen F3-Tornado. Die Windgeschwindigkeit in der rotierenden Windröhre kann bei einem derartigen Tornado über 300 km/h betragen. Innerhalb der Röhre kann ein Druckabfall gegenüber der Umgebung von mehr als 50 hPa auftreten.

Downbursts oder gar Tornados sind ein sehr kleinräumiges Phänomen und daher mit dem relativ grobmaschigen Netzwerk vorhandener Wetterstationen nur schwer zu erfassen. Anders als bei großflächigen Windfeldern von Sturmtiefs ist es möglich, dass ein Gewitter zwischen benachbarten Wetterstationen hindurchzieht, so dass zwar am Boden

Fujita-Tornadoskala

F	Bezeichnung	Windgeschwindigkeit	
		m/s	km/h
0	Leicht	17,2 - 32,6	62 - 117
1	Mäßig	32,7 - 50,1	118 - 180
2	Stark	50,2 - 70,2	181 - 253
3	Verwüstend	70,3 - 92,1	254 - 332
4	Vernichtend	92,2 - 116,2	333 - 418
5	Katastrophal	> 116,2	> 419



Abbildung 13: Tornado vom 23.06.2004 nahe Micheln, Sachsen-Anhalt (Quelle: T. Fritz, Köthen)

Sturmböen und Schäden ausgelöst werden, die Wetterstationen jedoch diese Starkböen nicht registrieren. Windfelder solcher Gewitterereignisse wären nur durch Radar in Verbindung mit einem Dopplermodule konstruierbar. Solche Anlagen befinden sich bislang aber nur bei wenigen Forschungseinrichtungen im kontinuierlichen Betrieb.

In den Gewitterzellen kommt es innerhalb der Aufwindzone, wo die Niederschlagsbildung sehr intensiv abläuft, zu Ladungstrennungsprozessen, wodurch am Boden und in benachbarten Wolken Gegenladungen induziert werden. Diese Potenzialdifferenzen werden durch Blitzentladungen ausgeglichen. Je stärker die Niederschlagsbildung in der Gewitterzelle verläuft, desto mehr Blitzentladungen werden ausgelöst. Die Blitze sind also eine Art von Intensitätsparameter für die Gewitteraktivität schlechthin. Blitze zwischen den Gewitterwolken und dem Erdboden können aufgrund des von ihnen abgestrahlten elektromagnetischen Wellenspektrums über Antennensysteme geortet werden. Dies ist die Grundlage bei der Darstellung der Gewitteraktivität auf Karten, welche einen Überblick über die Blitzfrequenz je Ort geben (Abbildung 14).

Schwere Sommergewitter ereignen sich in Mitteleuropa bevorzugt bei bestimmten Wetterlagen. Besonders gewitterträchtig sind Konstellationen, bei denen in der Höhe über Westeuropa eine Ausbuchtung tiefen Luft-

drucks nach Süden weist (Höhentrog). Hierbei wird meist schwülwarme Luft aus dem westlichen Mittelmeerraum nach Deutschland herangeführt und dadurch die Entstehung von Gewittern begünstigt. Außer dem kommt es vor dem aus Westen herannahenden Höhentrog aus dynamischen Gründen zu großflächigen Hebungsprozessen, die schwere Gewitter auslösen können. Auch eine Hochdruckbrücke über Mitteleuropa, bei der das Azorenhoch brückenförmig mit einem Hoch über Osteuropa verbunden ist, fördert



Abbildung 14: Gewitterübersicht für den 18.07.2004; Farbgebung und Symbole siehe Ausklapplegende (Datenbasis: Meteorological Office UK).

die Bildung von Gewittern. Nordwärts dieser Hochdruckzone werden längs der Polarfront von West nach Ost Tiefdruckgebiete verlagert, deren Kaltfronten die Hochdruckbrücke



Abbildung 15: Typische Sturmschäden im Leebereich von Dachfirst und Ortgang

durchbrechen und in der warmen Luftmasse schwere Gewitter auslösen können.

3 Sturmschäden – Typik und Mechanismen

Die meteorologisch unterschiedlichen Sturmtypen ziehen auch unterschiedliche Belastungsformen und Schäden an Bauwerken nach sich.

Bei Winterstürmen kann der Korridor, in dem hohe schadenverursachende Windgeschwindigkeiten auftreten, mehr als 500 km breit sein. Die Turbulenzen in der Atmosphäre sorgen dafür, dass immerwieder Luft aus größerer Höhe, die dort sehr schnell strömt, durch Wirbel mit horizontaler Rotationsachse bis zum Bodenniveau herabtransportiert wird. Auf diese Weise entstehen bodennahe, stoßweise Starkwindbewegungen (Sturmböen). Die Besonderheit dieses Sturmtyps liegt vor allem darin, dass über einen längeren Zeitraum hinweg pul-

sierender Starkwind (Böen) auftreten kann. In der Regel dominiert dabei eine Vielzahl von kleineren Schäden das Bild – besonders die Dächer und hier vor allem die Randbereiche sind gefährdet. Bei einem Satteldach sind gerade die Ortgang- (seitliche Kante eines geneigten Daches) und Firstziegel starken Belastungen ausgesetzt. Oft bilden sich hinter der Firstkante Luftwirbel mit horizontaler Achse längs des Firstes aus, die auf der windabgewandten Seite des Daches (Lee) ein temporäres Unterdruckfeld unterhalb des Wirbels entstehen lassen. Die hierdurch erzeugten Sogkräfte führen häufig zum Abwehen der Dachziegel auf der Lee-seite (Abbildung 15).

Ähnliche Effekte zeigen sich auch an anderen Stellen im Lee von Kanten, wo sich stets Wirbel ablösen und temporär zu Unterdruck und Sog führen. Besonders gefährdet sind Flachdächer. Bei Flachdächern vom Typ der so genannten Warmdächer kann die Sog-

wirkung zur Ablösung der Dachhaut oder von Abdeckblechen im Dachrandbereich führen. Beim Flachdachtyp der Kaldächer dient die oberste massive Betondecke meist schon als Gebäudeabschluss nach oben, so dass die darauf platzierte Tragekonstruktion zur Aufnahme der Dachfläche meist relativ leicht ausgeführt ist. Die auf die plattigen Dachflächen wirkenden großen Sogkräfte unter randnahen Wirbeln können hier zum Abheben der Dächer führen – vor allem, wenn die Tragekonstruktionen unzureichend mit den Massivdecken verankert sind. Auch weit auskragende Dachüberstände oder Pultdächer bieten den Windstößen günstige Angriffsflächen (Abbildung 16).

Bei Wirtschaftsgebäuden in ländlichen Gebieten werden die tragenden Unterkonstruktionen oft sehr knapp bemessen, da häufig relativ leichte Bauplatten aus Metall oder Kunststoffen für Wände und Dächer verwendet werden. Die gerade bei großformatigen, plattigen Oberflächen durch Windwirkung entstehenden enormen Unterdruck- und Sogkräfte führen dann oft zur



Abbildung 16: Abgewehtes Pultdach einer Schule in einem Neubaugebiet



Abbildung 17: Durch Winddruck umgestürzter Verladekran im Duisburger Rheinhafen

des Windes schadenauslösend. Dies gilt insbesondere für Schäden an windexponierten Neben den Sogkräften durch Verwirbelungen ist natürlich auch allein der Staudruck des Windes schadenauslösend. Dies gilt insbesondere für Schäden an windexponierten Gebäudeteilen wie Antennen, Kaminaufbauten und Masten, die umgedrückt werden können. Darüber hinaus können bauliche Strukturen in ungünstige Schwingungen versetzt und dadurch Schäden ausgelöst werden. Neben Gebäuden werden daher auch immer wieder Schiebetore, Zeltkonstruktionen, Windkraftanlagen, Verlade- und Baukräne (Abbildung 17), Baustelleninventar und Bauzäune durch den Staudruck der Böen und die entstehenden Schwingungen beschädigt. Auf Brücken werden häufig Autos und vor allem Anhänger vom Sturm erfasst und von der Fahrbahn gedrängt. In den Seehäfen reißen die Böen in großer Regelmäßigkeit Schiffe von den Leinen und

treiben sie in Karambolagen.

Besondere schadenauslösende Bedeutung haben Äste oder Bäume, die vom Sturm auf Dächer, Gebäudewände oder Autos geworfen werden. Bei Gebäuden entsteht dadurch häufig der Initialschaden. Gerade in dicht bebauten städtischen Arealen, in denen zwar die mittleren Windgeschwindigkeiten aufgrund der Verwirbelung der Strömung an vielen Dach- und Hauskanten reduziert ist, werden Schäden oft durch Trümmer verursacht, die vom Wind aufgenommen und



Abbildung 18: Hagelkörner werden durch Windböen oft auch horizontal beschleunigt und bewirken so Schäden unter anderem an Rolläden wie hier nach einem Hagelunwetter am 08.07.2004 in Stockach (Quelle: J. Braun, Stockach).

auf Dächer, Hauswände und Fassadenverkleidungen geschleudert werden.

Winterstürme rufen wegen ihrer langen Dauer und der dabei durch stoßweise Böen und Materialermüdung bewirkten Effekte ein besonders breites Spektrum von Sturmschäden hervor. Da an den Fronten winterlicher Sturmtiefs durchaus Gewitter entstehen können, ist es in vielen Fällen jedoch nicht möglich, die schadensstiftenden meteorologischen Prozesse eindeutig zu unterscheiden.

Aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung und der über einen längeren Zeitraum auftretenden Starkwinde kommt den Winterstürmen in Mitteleuropa unter dem Gesichtspunkt des Gesamtschadenaufwandes je Ereignis das größte Schadenpotenzial zu. Sommerliche Gewitterereignisse verursachen hingegen zwar häufig deutlich höhere Schäden an Einzelobjekten, diese sind aber in der Regel lokal begrenzt. Hierbei sind es die Fallwinde (Downbursts), die eine relativ kurze, aber gegebenenfalls heftige Böenaktivität bewirken. Auch hier sind sowohl der Staudruck des Windes als auch im Besonderen die durch Verwirbelungen hervorgerufenen Sogkräfte schadenauslösend. Da schwere Gewitter überwiegend im Sommerhalbjahr auftreten, bieten Bäume Äste durch das ausgebildete Blattwerk saisonal bedingt viel Angriffsfläche und können auf Fahrzeuge oder Häuser geworfen werden. Bei schweren Gewittern ist oft der assoziierte Hagelschlag für eine Vielzahl von Schäden an Kraftfahrzeugen, aber auch an Dächern und Dachfenstern verantwortlich. Oftmals erfahren die Hagelkörner durch die begleitenden Windböen eine horizontale Bewegungskomponente und beschädigen dann auch vertikale Strukturen wie Häuserfassaden, Fensterscheiben, Leuchtreklamen, Rollläden, etc. (Abbildung 18).

Die Höhe der einzelnen Sachschäden hängt dabei maßgeblich von der Größe der Hagelkörner ab. In der Landwirtschaft können schon bereits Hagelkörner mit geringen Durchmessern zu sehr hohen Ernteschäden führen. Der Korridor der Schadenwirkung quer zur Richtung der Zugbahn einer einzelnen Gewitterzelle ist jedoch meist nicht sehr breit und liegt in der Größenordnung einiger Kilometer bis maximal wenige 10 Kilometer.

Die schadenauslösende Wirkung eines Tornados wird durch die Kombination aus



Abbildung 19: Durch einen Tornado am 18.07.2004 total zerstörtes Gebäude in der Nähe von Tönisvorst / Nordrhein-Westfalen (Quelle: T. Sävert; www.naturgewalten.de)

extremen Windgeschwindigkeiten und extremem, plötzlich auftretendem Druckfall und Druckanstieg hervorgerufen, der beim Überströmen eines Gebäudes auftritt. Im Druckdefizit, in das ein Gebäude bei einem Kontakt mit einem Tornado plötzlich gerät, führt der temporäre Überdruck innerhalb des Gebäudes regelrecht zu einer Explosion exponierter Stellen wie Dachbedeckungen oder Türen/Fenster. Gelöste Gegenstände werden in dem „Saugrüssel“ des Tornados nach oben geschleudert. In Verbindung mit den extremen Windgeschwindigkeiten am

Rande der rotierenden Windröhre werden aufgenommene Kleinteile zu zerstörerischen Geschossen, die sich in Mauerwerk bohren können oder – wenn der Tornado Bodenmaterial oder Sand aufgenommen hat – wie ein Sandstrahlgebläse wirken. Die extremen Kräfte können Häuser komplett zerstören (Abbildung 19). Allerdings ist der Korridor der Schadenwirkung meist sehr schmal – in der Regel kaum mehr als einige hundert Meter. Die Länge der Zugbahn beträgt oft nur wenige Kilometer und die Dauer des Phänomens nur wenige Minuten.

Witterungsrückblick und Sturmdokumentation des Jahres **1997**

1997

1 Witterungsrückblick 1997

Das Jahr 1997 im Überblick

Das Jahr 1997 begann stürmisch. Im ersten Quartal wurde die Witterung in Deutschland durch die Passage zahlreicher Sturmtiefs beeinflusst: **ARIANE** am 13. Februar, **DANIELA** am 19./20. Februar, **GISELA** und **HEIDI** am 25. Februar, **SONJA** am 27./28. März und **WALTRAUD** am 11. April. Vielerorts waren sturmbedingte Schäden zu verzeichnen. Als das meteorologische Extremereignis des Jahres 1997 ist das Oderhochwasser im Juli zu werten. Zwei Starkniederschlagsereignisse (4. bis 9. Juli sowie 18. bis 21. Juli) im Einzugsgebiet der Oder führten in Polen, Tschechien und in Brandenburg zu schweren Überschwemmungen.

In Deutschland betrug die mittlere Temperatur im Jahr 1997 8,9 °C. Damit wurde die mittlere Jahrestemperatur der Klimavergleichsperiode 1961 bis 1990 um 0,65 °C übertroffen. Die mittlere Niederschlagshöhe für Deutschland lag mit 713 l/m² etwa 10 % unterhalb des langjährigen Mittels (1961 bis 1990).

Die globale gemittelte Temperatur in zwei Metern über der Erdoberfläche war im Jahr 1997 die bis dahin höchste seit Beginn der Messungen im Jahr 1860. Sie lag um 0,39 °C über dem langjährigen Durchschnitt der klimatologischen Vergleichsperiode von 1961 bis 1990. Damit wurde der bisherige Höchstwert aus dem Jahr 1995 noch um 0,05 °C übertroffen.

Januar

Im Januar lag Deutschland unter sehr kalter Luft subpolaren Ursprungs. Damit setzte sich der teilweise strenge Frost, der bereits seit Dezember 1996 geherrscht hatte, fort. Dies zeigt sich insbesondere im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Klimaelemente: Der Januar war unterhalb von 800 Meter um 2 bis 3 °C zu kalt, im Oberrheintal war es sogar bis zu 4 °C zu kalt. Auf den Bergen oberhalb von 1000 Meter war der Januar dagegen zu mild (z. B. Wendelstein um 4,8 °C). In Norddeutschland gab es zudem Dauerfrost bis zu -26 °C, wobei starke Frostschäden auftraten.

Mit der strengen Kälte und dem Hochdruckeinfluss korrespondierte die große Trockenheit in ganz Deutschland. Im Voralpenland und in Vorpommern wurden sogar nur 5 % des in diesem Monat üblichen Niederschlages gemessen. Insgesamt kann der Januar als kalt und sonnig (Sonnenscheindauer mit 150 bis 200 % des Vergleichswertes) charakterisiert werden. Ebenso passt der Januar mit seinen sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten in das Bild, dass bei Hochdruck und Frost nur selten stärkere Winde gemessen werden.

Februar

Die ruhige Januar-Witterung setzte sich im Februar nicht fort. Tiefdruckgebiete wurden mit einer starken westlichen Höhenströmung über den gesamten Nordatlantik weit nach Nordeuropa und Nordwestsibirien getragen. Insgesamt wurden dort im Februar an 23 von 28 Tagen Tiefdruckgebiete mit einem Kerndruck von unter 970 hPa registriert. Diese Häufung innerhalb eines Monats ist ungewöhnlich. Die in der Atmosphäre umgesetzte Energiemenge für den Antrieb dieser großen Anzahl von Tiefs ist immens. Ein Indiz hierfür ist, dass der Februar um 3 bis 5 °C über den vieljährigen Vergleichswerten lag. In Süddeutschland wurden Temperaturmaxima von bis zu 19 °C erreicht, was einen bemerkenswerten Kontrast zu dem Dauerfrost des Januars bedeutet. Auch der Unterschied in der Niederschlagsmenge war markant: Im Februar fielen mancherorts bis zu 300 % des in diesem Monat üblichen Niederschlages.

Deutschland wurde von einer ganzen Reihe der Tiefdruckgebiete in Sturmstärke getroffen. Zunächst entwickelte sich das Orkantief ZACHARIA zu einem stationären Kerntief bei Island, das seinerseits ein Tiefdruckwirbel an seiner Südflanke nach Nordeuropa führte. Ein erster Höhepunkt wurde am 13. Februar mit dem Orkan **ARIANE** erreicht, bei dem insbesondere in Baden-Württemberg und Bayern hohe Windgeschwindigkeiten und entsprechende Schäden zu verzeichnen hatten (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **ARIANE**).

Im Anschluss setzte sich mit Hoch **CHRISTOPH** eine kurze Phase der Wetterberuhigung durch, bevor sich die Wirkung der isländischen Orkanzyklonen erneut bis nach Mitteleuropa ausbreitete. Die zugehörigen Sturmwindfelder erreichten Nord- und besonders Westdeutschland zuerst am



Sturm **DANIELA** ließ am 21.02.1997 einen Baukran auf das Dach eines Krankenhauses in Köln-Niehl stürzen (Quelle: dpa).



Sturmböen des Tiefs **ARIANE** am 13.02.1997 entwurzeln in Nürnberg Bäume und beschädigen Autos (Quelle: photopool.de).

20. Februar mit dem Sturmtief **DANIELA**, das vor allem im südlichen Rheinland Schäden verursachte (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **DANIELA**). Ab diesem Zeitpunkt erreichte Nordeuropa fast täglich ein neues Sturmtief. Bei den Sturmtiefs **GISELA** und **HEIDI** traf einfließende polare Kaltluft auf ungewöhnlich warme Festlandsluft, und es traten Gewitter auf. Die damit verbundenen starken Hebungs vorgänge an der Grenzfläche dieser unterschiedlichen Luftmassen führte zu kräftigen Sturmböen (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **GISELA** und **HEIDI**).

März

Die südlich von Grönland verlaufende Westwindzone im Nordatlantik hatte sich zum Monatsbeginn zwar etwas abgeschwächt, blieb aber insgesamt erhalten. Dementsprechend wechselten sich Hoch- und Tiefdruckeinflüsse in Deutschland ab. Zur Monatsmitte verlief die Trennlinie zwischen polarer Kaltluft und tropischer Warmluft (nordatlantische Frontalzone) mit zum Teil bemerkenswerten Temperaturgegensätzen von der Nordsee nach Südeuropa. Die wechselhafte Witterung hielt an und brachte am 28. März den Sturm **SONJA** über Südeuropa nach Norddeutschland (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **SONJA**). Die höchsten Windgeschwindigkeiten wurden in Ostdeutschland registriert und verursachten dort nennenswerte Schäden. Erst zum Ende des März beruhigte sich das Wetter mit aufkommendem Einfluss des Hochs MICHAEL. Der März war um 1 bis 2 °C zu warm. Überdurchschnittlich viel Regen fiel im östlichen Bayern, Sachsen und Thüringen, wogegen in Nord- und Westdeutschland gebietsweise weniger als 50 bis 75 % der Vergleichswerte gemeldet wurden.

April

Die Witterung des März setzte sich mit sehr ausgeprägten Temperaturgegensätzen grundsätzlich fort. Die teilweise frühlingshaften Temperaturen von über 20 °C am Oberrhein fielen an manchen Tagen innerhalb weniger Stunden um 10 °C und mehr. Das war insbesondere ab dem 10. April so, als Wind- und Niederschlagsfelder von Norden und Nordwest auf Deutschland übergriffen und ein kräftiges Sturmtief namens **WALTRAUD** am 11. April für „Staubstürme“, eine nicht sehr häufige Wettererscheinung, sorgte. Besonders betroffen war Mecklenburg, wo die Sichtweite großräumig auf 20 Meter und mancherorts deutlich darunter sank. Starke Winde wurden auch in Sachsen-Anhalt und Sachsen registriert (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **WALTRAUD**). Bis zum 22. April bestimmten kalte Luftmassen in Deutschland die Temperaturverhältnisse, was sich auch in der entsprechenden Bilanz ausdrückt: Abgesehen von den deutschen Küsten war es im gesamten Land um 1 bis 2 °C zu kalt.

Mai

Mit nur noch wenigen Tagen erhöhter Windgeschwindigkeit zum Beginn des Monats Mai endete die Sturmsaison des Winters und Frühjahrs 1997. Der Mai war in der Bilanz ein Monat der Gegensätze: Während am Pfingstmontag (18. Mai) in subtropischer Luft im südlichen Brandenburg Temperaturmaxima um 30 °C erreicht wurden, führte nur eine Woche später die Zufuhr von arktischer Kaltluft zu Nachtfrösten im Nordosten Deutschlands. Im Norden war es insgesamt geringfügig zu kalt, in Teilen Bayerns und Baden-Württembergs war es um 1 bis 2 °C zu warm. Auch in der Niederschlagsverteilung ergaben sich bemerkens-



Umgeknickter Strommast in der Nähe von Peine in Niedersachsen nach einem Gewitter am 29.06. 1997 (Quelle: dpa)

werte Unterschiede, denn während nördlich der Mittelgebirge die Trockenheit der letzten beiden Monate durch reichlich Regen kompensiert wurde, fielen in weiten Gebieten Süddeutschlands weniger als 50 % des Erwartungswertes und ließen das gesamte Frühjahr 1997 erheblich zu trocken werden.

Juni

Der Juni war von einigen langanhaltenden Tiefdruckwetterlagen dominiert und dem-

entsprechend niederschlagsreich. So bekamen der Westen und Norden Deutschlands bis zu 200 % der üblichen Regenmenge ab, während der Osten ein Defizit von 50 % und mehr aufwies. Gegen Ende des Monats trafen subtropische Luft aus Südosteuropa und kalte subpolare Luft in Mitteleuropa aufeinander, wodurch zu dem Teil schwere Gewitter, teilweise mit Hagelschlag und starken Böen, auftraten. Besonders in Niedersachsen führte ein schwerer Hagelschlag zu hohen Schäden.

Juli

Sehr schadenreich war das im Juli dominierende meteorologische Extremereignis: das Oderhochwasser. Auf der Vorderseite eines Tiefs über Westeuropa fiel bereits am 4. und 5. Juli im Odereinzugsgebiet teils ergiebiger, gewittriger Regen. In den Folgetagen führte das Tief XOLSKA mit südöstlicher Strömung feuchtheiße Luft aus dem östlichen Mittelmeerraum und dem Schwarzen Meer heran. An der ausgeprägten Luftmassengrenze zu kühler Luft aus dem Baltikum entstanden langanhaltende, ergiebige Niederschläge. Dies führte in Polen und Tschechien zu einer Überschwemmungskatastrophe, die zahlreiche Menschenleben forderte. Vom 18. bis 21. Juli brachte Tief ZOE, dessen Kern sich von Norditalien nach Böhmen verlagerte (so genannte Vb-Zugrichtung), der Region erneut ergiebige Regenfälle. In Südpolen und Osttschechien fielen verbreitet mehr als 300 %, im B ergland sogar 400 bis 500 % der sonst im Juli üblichen Niederschlagsmenge. In Sachsen-Anhalt und im östlichen Brandenburg waren es 200 bis 300 %. Die Folge war eine zweite Hochwasserwelle. Dem Druck der neuerlichen Wassermassen hielten die Deiche nicht mehr stand, so dass es entlang der Oder in Brandenburg zu schweren Überschwemmungen kam. Am

schwersten wogen dabei die Deichbrüche in der Ziltendorfer Niederung, wo ein Gebiet von ca. 5 000 ha überflutet wurde.

August und September

Fast im gesamten August herrschte unter beständigem Hochdruckeinfluss ein sehr warmes und trockenes Sommerwetter. In Deutschland wurde dank regelrechter Hitzewellen ein Wärmeüberschuss von 2 bis 4 °C registriert, im südlichen Mecklenburg sogar bis 5 °C. Bemerkenswert war die hohe Anzahl von Sommertagen, d. h. von Tagen, die eine Temperatur von 25 °C oder mehr erreichten. In Berlin beispielsweise gab es 27 Sommertage, so viele wie noch in keinem Sommermonat im 20. Jahrhundert. Dies korrespondierte überall mit einer ausgeprägten Trockenheit. In Mecklenburg, in der Rhön und im Spessart fiel nicht einmal ein Viertel des Niederschlagsolls.

Im September ereignete sich dank der kräftigen West- bis Nordwestströmung mit dem Tief MARGA am 9. und 10. September der erste Herbststurm mit vereinzelt Windböen bis zu 115 km/h an den deutschen Küsten. Die zweite Monatshälfte war vorwiegend hochdruckdominiert, und es herrschte typischer Altweibersommer mit allgemeiner Trockenheit in Süddeutschland.

Oktober

Zu Beginn des Monats traten aufgrund des Tiefs RITA verbreitet Sturmböen mit ergiebigen Regenfällen an der Ostseeküste und in Ostdeutschland auf. Ein Intermezzo spätsommerlich warmen Wetters wurde ab dem 10. Oktober von dem über England zum Baltikum ziehenden Sturmwirbel WANDA beendet. Hier waren die gesamte



Überschwemmungen während des Oder-Hochwassers im Juli 1997 (Quelle: ddp)

deutsche See, aber auch die Mittelgebirgsregionen betroffen. Die herangeführten arktischen Luftmassen brachten die ersten Nachtfroste, die sich im Verlauf des Monats noch verstärkten.

Nur selten waren die Temperaturgegensätze in einem Oktober so ausgeprägt wie 1997. Während in der ersten Hälfte des Monats noch Sommertage registriert wurden, traten zehn Tage später bereits Nachtfroste bis -8°C auf. An der Station Berlin-Dahlem wurde in der Nacht zum 28. Oktober die bis

dahin in niedrigste Oktobertemperatur seit 75 Jahren gemessen. Dies gab auch den Ausschlag dafür, dass es im ganzen Land Wärmedefizite von 1 bis 2 °C gab.

November

Im November herrschte zunächst in Deutschland dank Hochdruck im Süden heiteres, im Norden eher trübes Wetter vor. Bei einem kurzen Intermezzo subtropischen Luftzuflusses wurden nochmals verbreitet Temperaturen bis zu 15 °C, im Alpenvorland sogar bis zu 20 °C erreicht. Auch in der zweiten Novemberrhälfte gab es Hochdruckeinfluss, bei dem insbesondere im Süden nur mäßig kalte Luft die Temperaturen bestimmte. Es war größtenteils schwachwindig.

Dezember

Eine dauerhaft e Schneedecke erhielt Deutschland erst im Dezember mit dem Tief QUENA, das vom Nordostatlantik über Westeuropa zum Mittelmeer zog. Doch schon bald brachten milde Meeresluftmassen mit erreglichem Regen und auffrischenden Winden die Gewitter zum Verschwinden. Erst in der Monatsmitte setzte sich wieder kältere Luft durch, so dass Tiefstwerte von ca. -13 °C registriert wurden. Pünktlich zu Weihnachten gelangte mit einem stärkeren Windfeld wieder mildere Meeresluft nach Deutschland. Zunächst gab es in ganz Deutschland südwestlichen Wind mit stärkeren Böen, später größere Windgeschwindigkeiten im Bereich der Deutschen Bucht. Die vorherrschenden Westlagen führten dazu, dass es im Dezember um 1 bis 2 °C zu warm war.

2 Sturmdokumentation 1997

Die Entwicklung des Sturmtiefs ARIANE (12. bis 14. Februar 1997)

Das Tief druckgebiet **ARIANE** lag am 12. Februar bei Irland. Dessen Wolken- und Niederschlagsfelder erreichten mittags schon Frankreich. Das Tief verlagerte sich bis zum 13. Februar ostwärts nach Südnorwegen. Im Randbereich von **ARIANE** frischte der Wind in West- und Mitteleuropa stark auf.

Schon in der Nacht zum 13. Februar erreichten einzelne Böen am Westeingang des Ärmelkanals Windgeschwindigkeiten von 90 bis 120 km/h. Die Warmfront zog dann am frühen Morgen über Norddeutschland hinweg und brachte ergiebige Niederschlagsmengen. Der Kaltfrontdurchgang fand mittags gegen 14 Uhr mit orkanartigen Sturmböen in Süddeutschland statt und hinterließ bei München und Ingolstadt eine Schneise der Verwüstung. In Bayern und Baden-Württemberg entstanden Schäden in Millionenhöhe. Hunderte Bäume knickten um. Auch in Passau und Regensburg wurden viele Bäume entwurzelt und Masten umgerissen. Auf der Autobahn München-Nürnberg fegte der Sturm Lastwagenanhänger von der Straße. Auch ein Todesopfer war zu beklagen: Ein Waldarbeiter wurde von einem umstürzenden Baum erschlagen. Die stärksten Böen wurden mit Windgeschwindigkeiten bis 150 km/h auf der Zugspitze gemessen. In Baden-Württemberg gab es Sturm mit heftigen Gewittern und Schneefällen. Abgedeckte Dächer, lahmgelegte Leitungen durch Blitzschlag waren die Folge.

In den frühen Morgenstunden des 14. Februar ging ein weiteres Sturmwindfeld über Norddeutschland hinweg. Im Binnenland wurden Windböen von bis zu 85 km/h gemessen, an der Küste 95 km/h. Die entstandenen Schäden waren allerdings nur geringfügig. Im Süden flaute der Wind allmählich wieder ab.

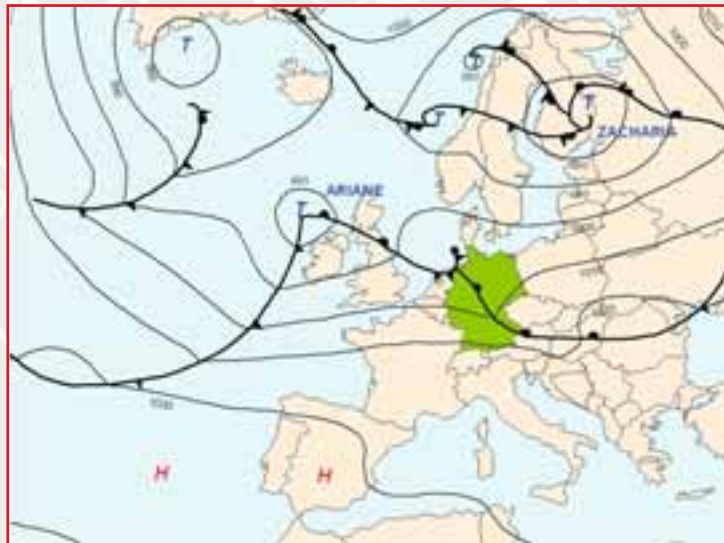
Auch in Nordfrankreich und Süngland richtete das Sturmtief **ARIANE** mit seinen starken Westwinden Schäden in Millionenhöhe an.

Bodenkarte

Sturmtief ARIANE

12.02.1997

1 Uhr MEZ

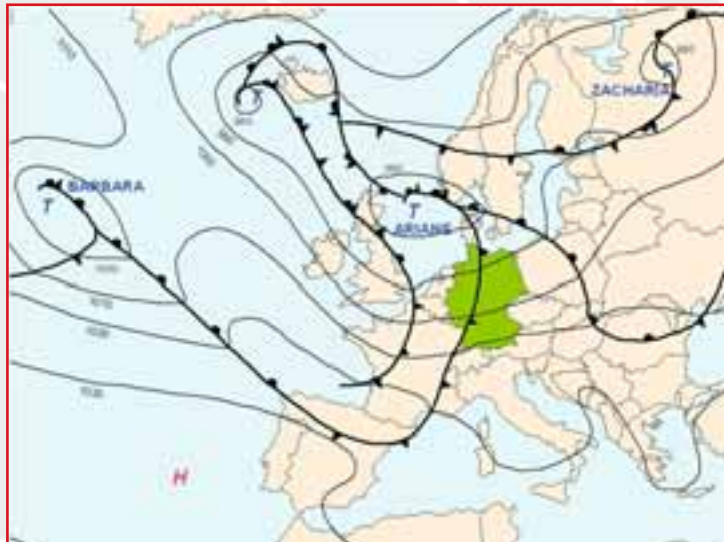


Bodenkarte

Sturmtief ARIANE

13.02.1997

1 Uhr MEZ

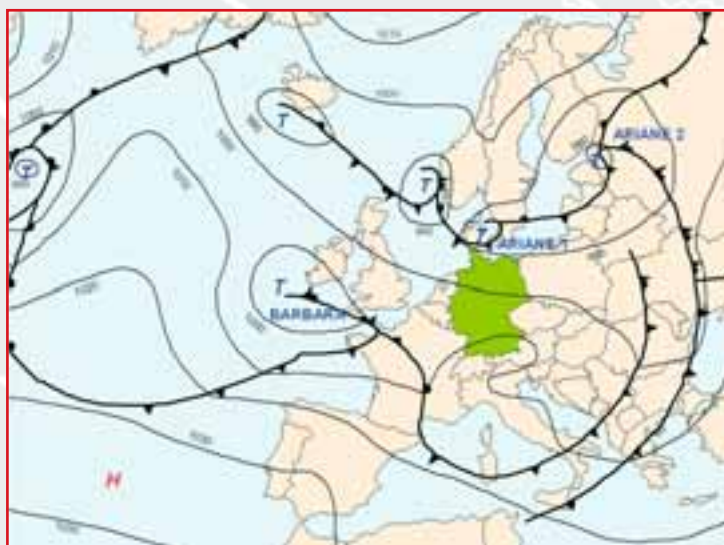


Bodenkarte

Sturmtief ARIANE

14.02.1997

1 Uhr MEZ

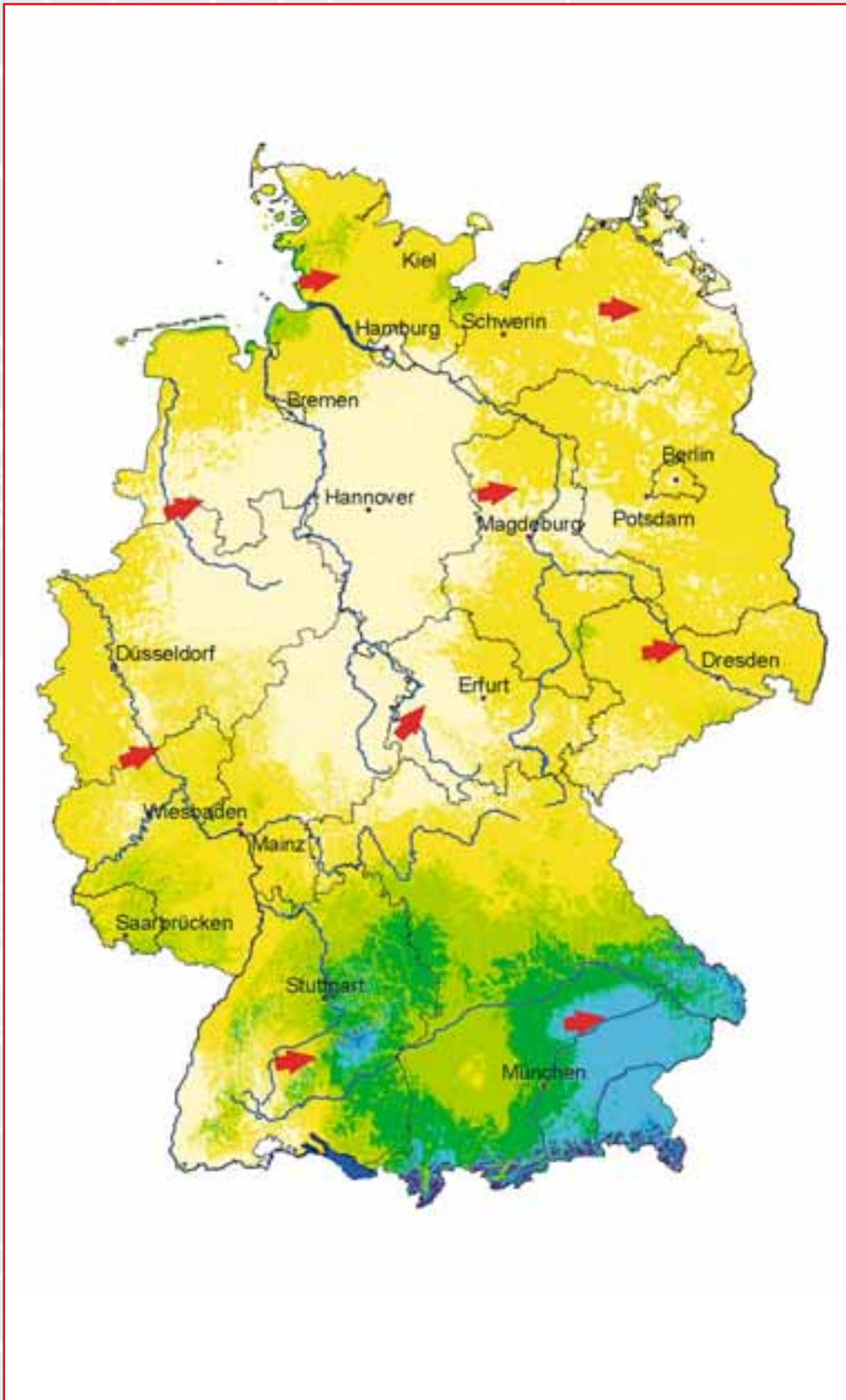


ZACHARIA

Maximalböenfeld

Sturmtief ARIANE

12.-14.02.1997



Die Entwicklung des Sturmtiefs DANIELA (19. bis 20. Februar 1997)

Am 19. Februar befand sich das Zentrum des Orkanwirbels CAROLINE bei Island. Der Sturmwirbel DANIELA lag zu diesem Zeitpunkt noch vor Irland und entwickelte sich mit hoher Geschwindigkeit zu einem Orkantief nördlich von Schottland. Die umfangreichen Niederschlagsfelder griffen schon in der Nacht zum 20. Februar auf ganz Deutschland über. In der Nacht und in den frühen Morgenstunden erreichte die Front Deutschland. Die damit verbundenen Wettervorgänge waren so heftig, dass in Nordwestdeutschland Gewitter mit kräftigen Schauern und orkanartigen Böen auftraten. An der deutschen und holländischen Nordseeküste wurde Sturm mit Windgeschwindigkeiten von 90 bis 115 km/h gemessen, in Flensburg wurden sogar 120 km/h überschritten. Die höchste Windgeschwindigkeit wurde mit 163 km/h auf dem Brocken im Harz registriert.

Obwohl fast ganz Deutschland vom Sturm betroffen war, konzentrierte sich der Schwerpunkt des nächtlichen Sturms vor allem auf einen Streifen vom südlichen Rheinland bis zum Westerwald, und hier besonders auf die Region zwischen Köln und Düsseldorf. Die Kölner Feuerwehr musste

zwischen 3 Uhr nachts und 8 Uhr morgens 120 Einsätze fahren. In einem nördlichen Stadtteil stürzte ein Baukran auf den Seitenflügel eines Krankenhauses und beschädigte das Dach. Am Flughafen Köln/Bonn schob eine Windböe zwei kleinere Flugzeuge ineinander. Im Kreis Viersen nahe der holländischen Grenze hatte um 2 Uhr morgens eine Böe die Turmspitze einer Kirche einstürzen lassen. Zudem wurden viele Bäume und Masten umgeknickt, Äste und Dachziegel flogen umher. Zusätzlich zu dem Sachschaden in Millionenhöhe kamen sieben Menschen ums Leben.

Der Sturm verursachte auch in weiten Teilen Englands erhebliche Schäden. Der Fähr- und Flugverkehr war zeitweise beeinträchtigt. Auch in Belgien wurden zahlreiche Dächer abgedeckt und Bäume entwurzelt.

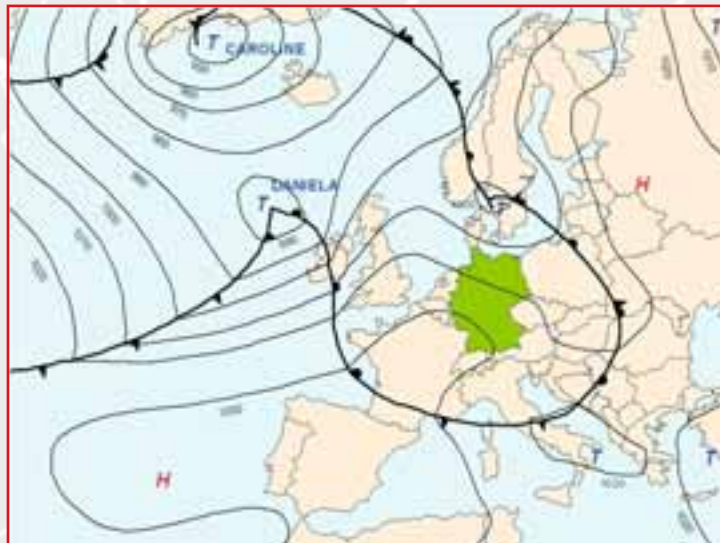
Vormittags flaute der Wind wieder ab, trotzdem wurden fast überall immer noch Windgeschwindigkeiten zwischen 65 und 85 km/h erreicht. Die Niederschlagsmengen blieben insgesamt meist relativ gering, weil die Regengebiete mit etwa 100 km/h ostwärts zogen. Am 21. Februar verlagerte sich DANIELA mit seinem Kern weiter in Richtung Island, und in Deutschland setzte die Wetterberuhigung ein.

Bodenkarte

Sturmtief DANIELA

19.02.1997

1 Uhr MEZ

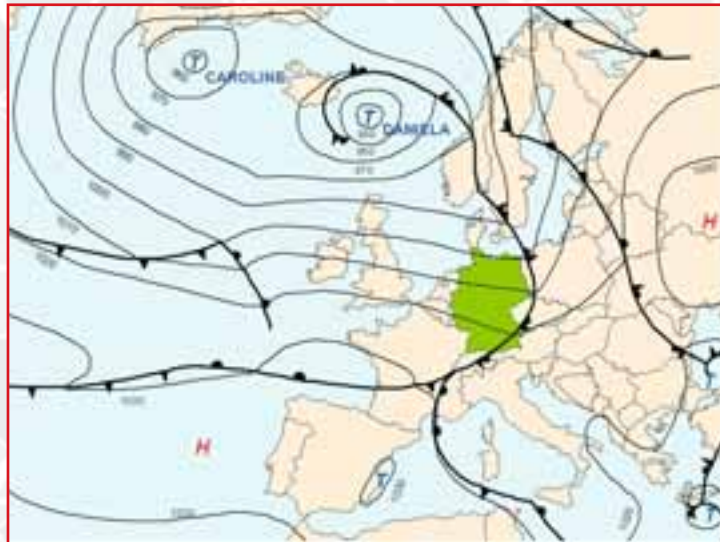


Bodenkarte

Sturmtief DANIELA

20.02.1997

1 Uhr MEZ

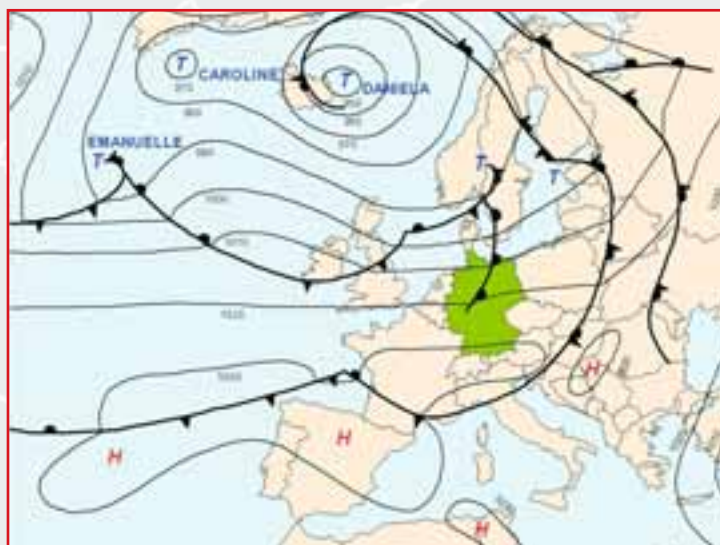


Bodenkarte

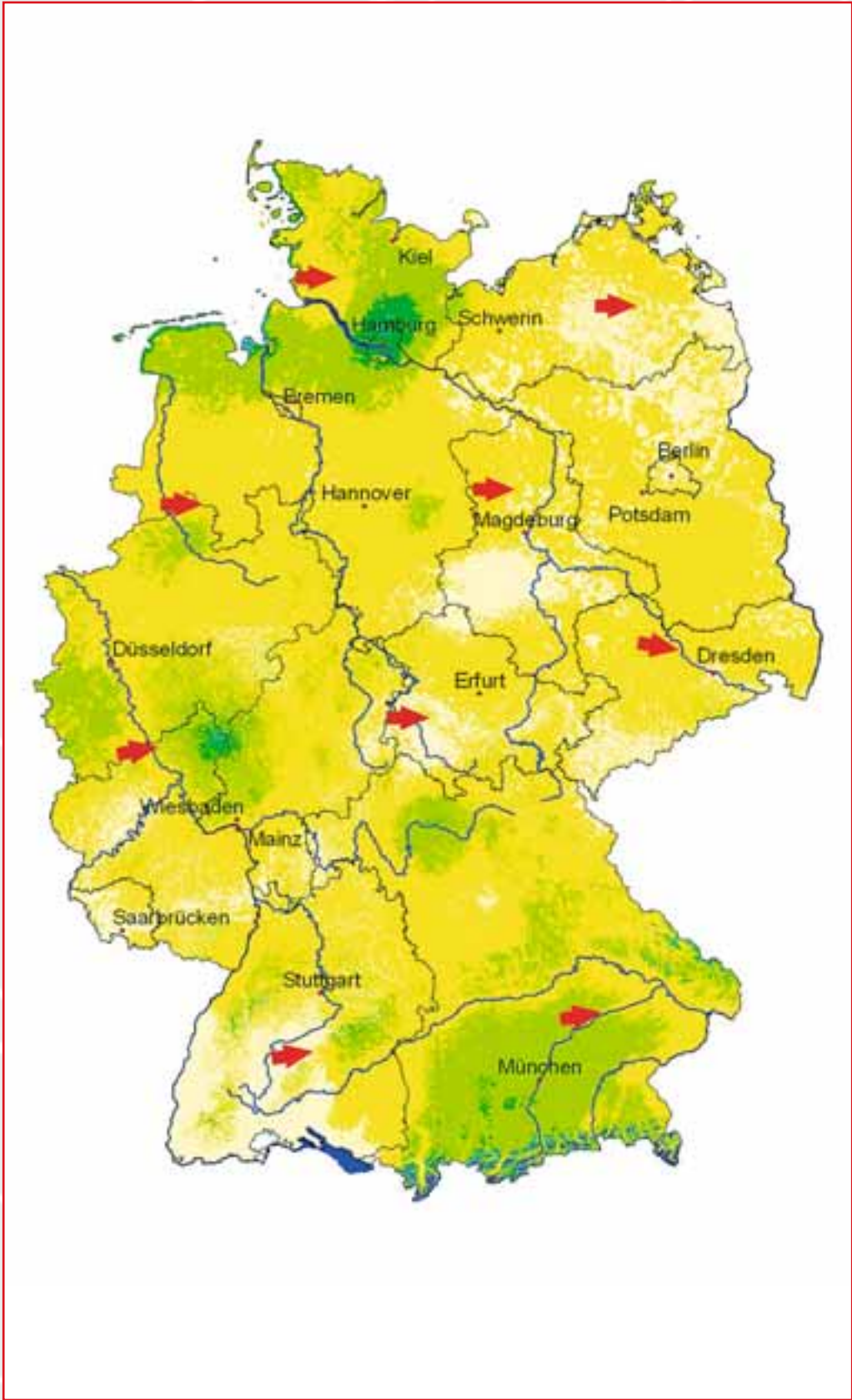
Sturmtief DANIELA

21.02.1997

1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld | Sturmtief DANIELA | 19.-20.02.1997



Die Entwicklung der Sturmtiefs GISELA und HEIDI (24. bis 26. Februar 1997)

Am 23. und 24. Februar herrschte dank Hoch DIETER noch recht trockenes Wetter. Jedoch kündigte sich das Orkantief GISELA, das mit seinem Kern noch zwischen Schottland und Island lag und sehr schnell ostwärts zog, mit starkem Wind in Westeuropa an. In England hatte der Wind bereits Sturmstärke. Am 25. Februar lag das Zentrum von GISELA über dem Skagerrak. Von diesem Wirbel hatte sich ein weiteres Randtief abgespalten, das vom Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin den Namen HEIDI erhielt. Auf der Bodenkarte des 25. Februar sind im skandinavischen Bereich die drei benannten Tiefdruckkerne zu erkennen.

In England hatte sich zu diesem Zeitpunkt ein starker Orkan entwickelt. Am Rand des Tiefdruckwirbels traten auch in ganz Deutschland Sturmböen, im Norddeutschen Binnenland sogar orkanartige Böen auf. An einigen Stationen wurden 120 km/h überschritten. Auf der Südseite des Sturmwirbels gelangte vorübergehend sehr milde Luft subtropischen Ursprungs in den größten Teil Deutschlands, wo durch den Temperaturkontrast an der Grenzfläche der verschiedenen Luftmassen erheblich verschärft wurde. Der Durchgang der Kaltfront zwischen 9 und 10 Uhr morgens wurde von starkem Regen und Sturmböen begleitet, und in Potsdam wurde volle Orkanstärke gemessen. Die höchste Böenspitze wurde mit 175 km/h auf dem Brocken im Harz registriert.

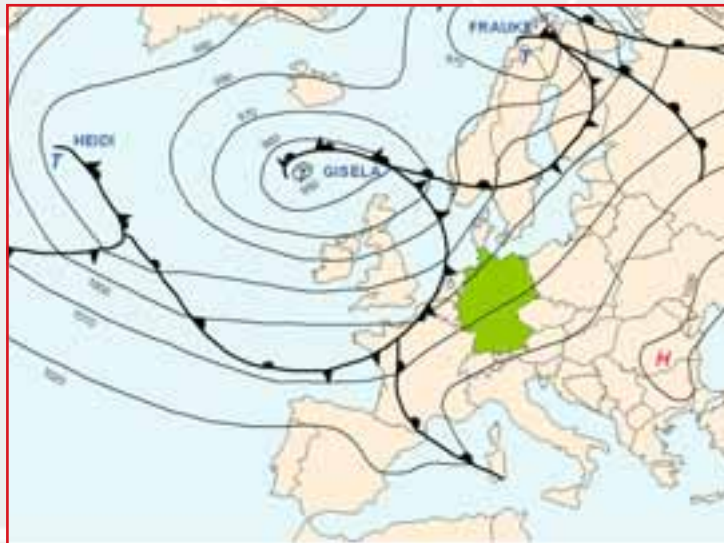
Trotz der hohen Windgeschwindigkeiten entstanden keine nennenswerten Sachschäden. Jedoch ereigneten sich etliche Verkehrsunfälle auf regennassen Fahrbahnen, bei denen eine Person ums Leben kam. Nur vereinzelt wurden Bäume entwurzelt, Straßenschilder und Bauzäune umgerissen sowie Dachziegel herabgeweht. Während sich der Sturm wieder beruhigte, setzten sich die heftigen Regenfälle die ganze Nacht über bis zum 26. Februar fort. Als Folge der teilweise extremen Niederschlagsmengen wurden viele Straßen im Saargebiet, dem Schwarzwald und dem Oberrheingebiet überschwemmt.

Viel schlimmer sah die Situation in England aus: Der Orkan forderte dort in zwei Tagen elf Todesopfer. Sie kamen bei Verkehrsunfällen, bei denen sintflutartige Regenfälle eine Rolle spielten, ums Leben. Orkanböen von 120 km/h und mehr entwurzten in allen Landesteilen Bäume und zerrißen Oberleitungen. Der Fährverkehr im Ärmelkanal konnte nur mit Verzögerungen durchgeführt werden. In Nordirland wurden über 100 Meter Gleise von Schlammmassen weggeschwemmt.

Noch am 26. Februar erfolgte eine Wetterberuhigung, und in den nächsten Tagen setzte sich das Hochdruckgebiet EUGEN durch.

Bodenkarte

GISELA und HEIDI
24.02.1997
1 Uhr MEZ



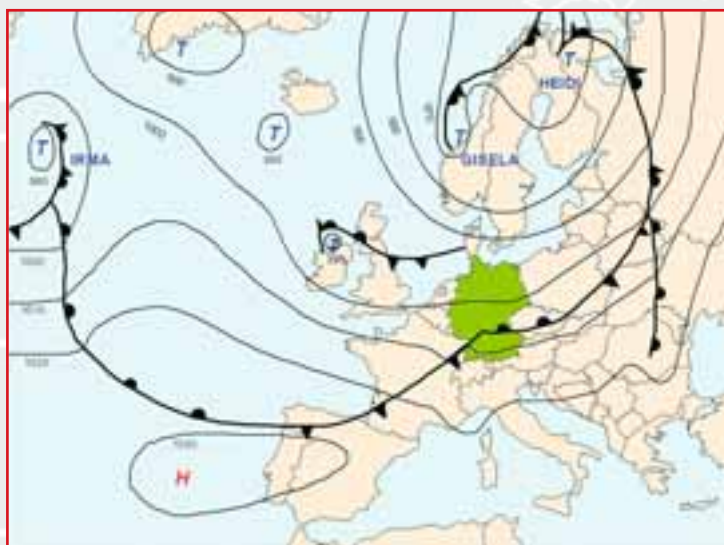
Bodenkarte

GISELA und HEIDI
25.02.1997
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

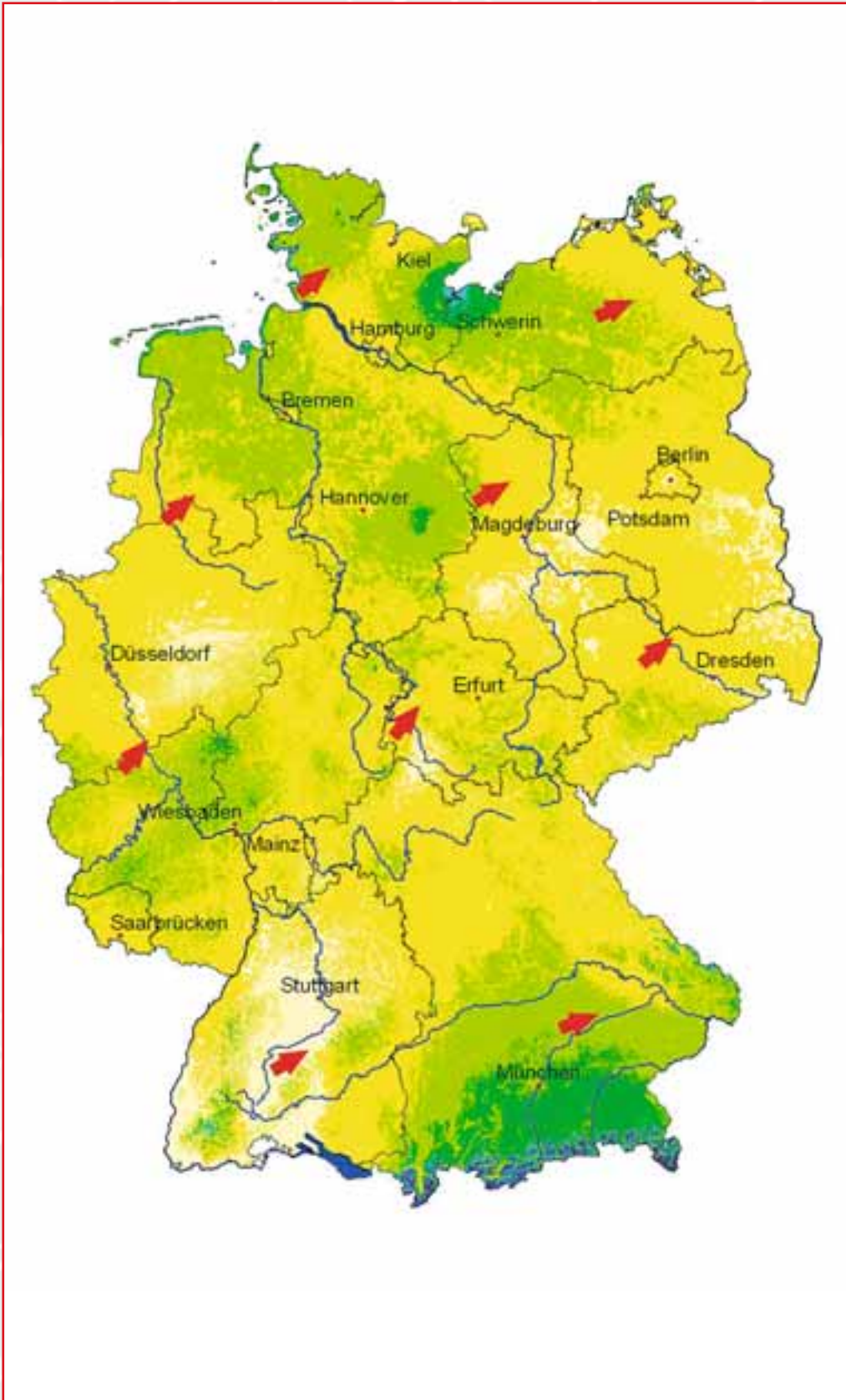
GISELA und HEIDI
26.02.1997
1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld

Sturmtiefs GISELA und HEIDI

24.-25.02.1997



Die Entwicklung des Sturmtiefs SONJA (27. bis 28. März 1997)

In der Zeit vom 27. bis 29. März bestimmte der umfassende Tiefdruckwirbel RUTH, der fast unverändert sein Zentrum über Skandinavien beibehielt, das Wetter in Nordeuropa. Das zunächst kleine Randtief **SONJA**, das am Morgen des 27. März noch vor der Küste Irlands lag, zog im Verlauf der nächsten Tage rasch nach Osten und entwickelte sich dabei selbst zu einem Wirbel. Dieses Tief **SONJA**, das in der Nacht vom 27. auf den 28. März die Deutsche Bucht überquerte, wurde von einem konzentrierten Sturmfeld begleitet, das wenige hundert Kilometer südlich vom Tiefdruckkern über Deutschland lag. Daher wurden an den Küsten mit maximalen Windgeschwindigkeiten von 65 bis 85 km/h geringere Windgeschwindigkeiten gemessen als im norddeutschen Binnenland.

Betroffen waren vor allem die Bundesländer nordöstlich des Mains. In Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Berlin, Brandenburg, Thüringen und Sachsen wurden Spitzenböen von 100 km/h und mehr beobachtet. Dort wurden Bäume entwurzelt, Dächer abgedeckt und Ampelanlagen so-

wie Strom- und Telefonleitungen zerstört. Dadurch kam es zu Unfällen und Behinderungen auf Schiene und Straße. In Frankfurt am Main stürzten Teile eines großen Gerüsts morgens um 6 Uhr auf die Oberleitung der Straßenbahn. Schließlich forderte der Sturm sogar ein Todesopfer: In Brandenburg wurde eine Frau von einem umstürzenden Bauwagen erschlagen.

Volle Orkanstärke erreichte der Wind mit mehr als 120 km/h in den Kammlagen der Mittelgebirge, wobei auf dem Brocken im Harz Böen bis 180 km/h gemessen wurden. Im südlichen Sachsen-Anhalt gab es Spitzenwerte von bis zu 146 km/h. Beispielsweise wurden im Großraum Berlin zuletzt während des Orkans VIVIAN am 26. Februar 1990 ähnlich starke Windböen gemessen (Station Berlin-Dahlem). Begleitet wurden die Windböen von schauerartigen Niederschlägen, gelegentlich vermischt mit Hagel.

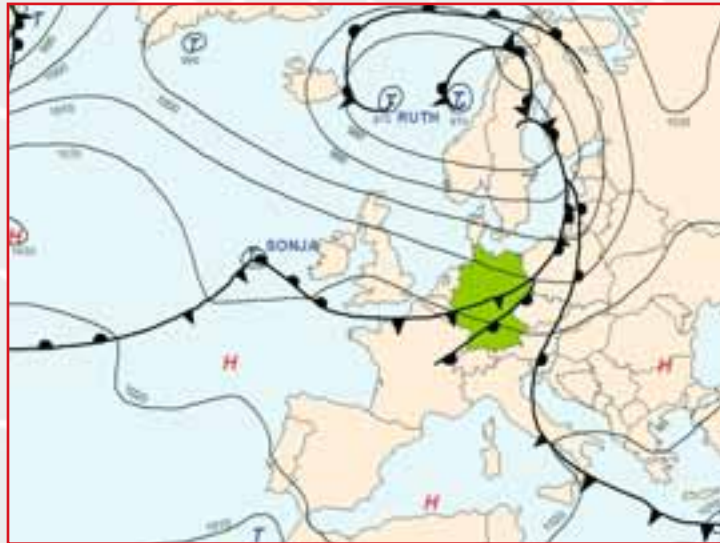
Obwohl die Küsten nicht so stark betroffen waren, gab das Seewetteramt Hamburg für den 28. März eine Sturmflutwarnung für die gesamte Nordseeküste heraus. Zu diesem Zeitpunkt lag **SONJA** bereits über Polen und zog am 29. März nach Russland ab, woraufhin in den folgenden Tagen das Hoch **MICHAEL** wetterbestimmend wurde.

Bodenkarte

Sturmtief SONJA

27.03.1997

1 Uhr MEZ

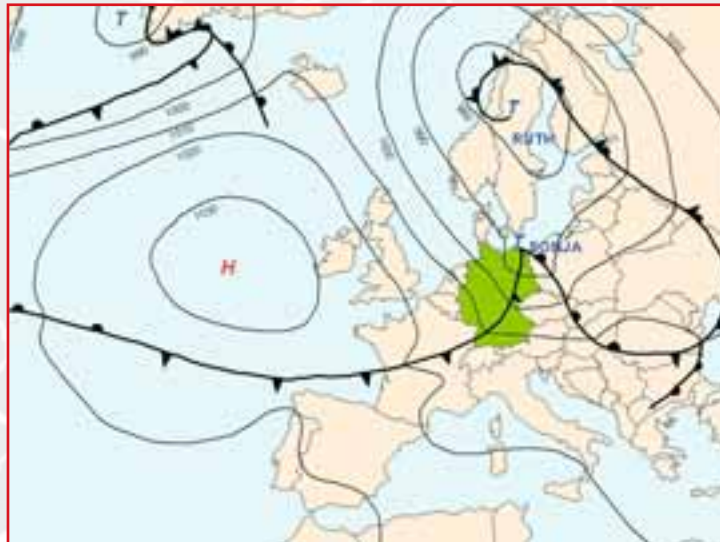


Bodenkarte

Sturmtief SONJA

28.03.1997

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

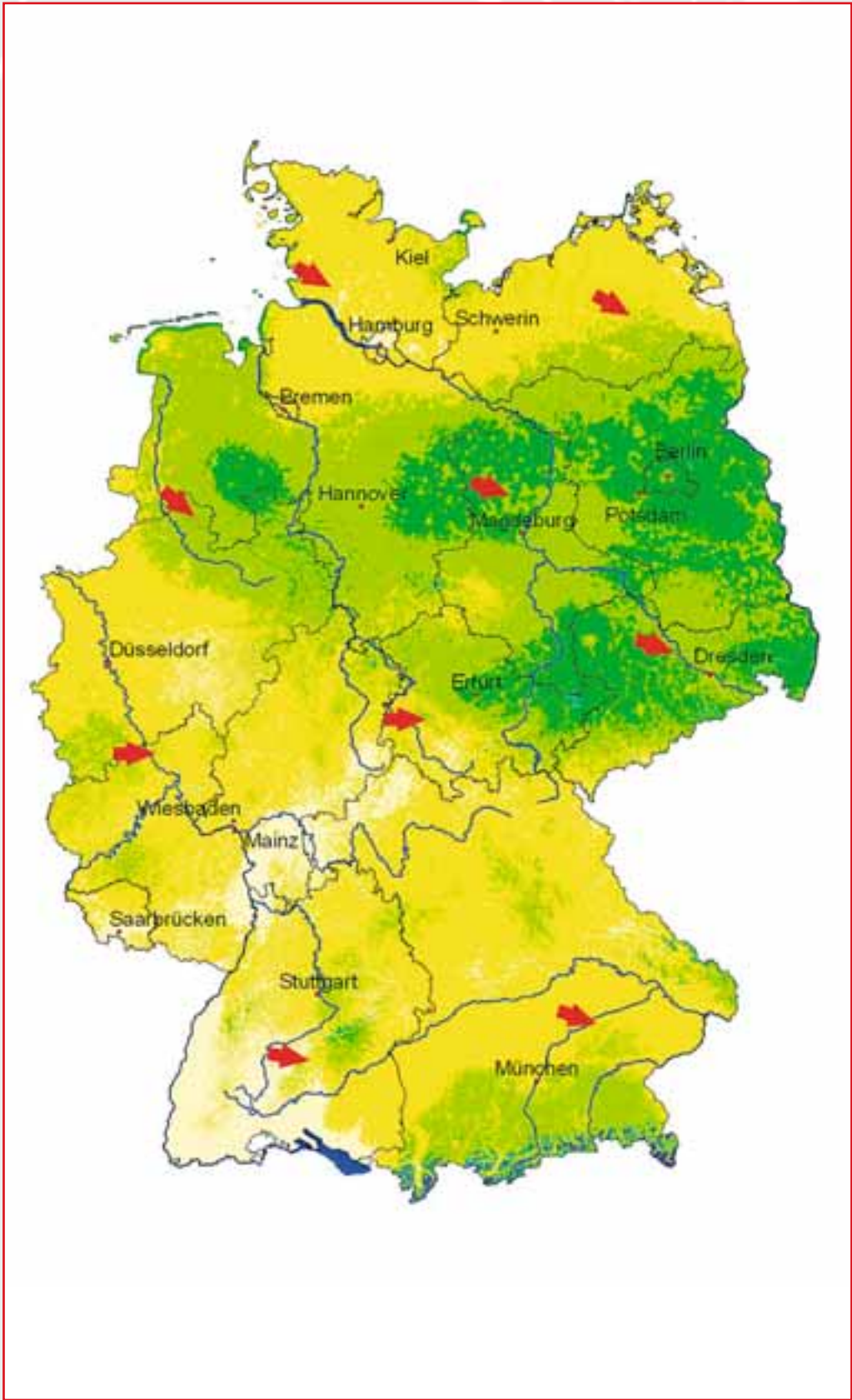
Sturmtief SONJA

29.03.1997

1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld Sturmtief SONJA 27.-28.03.1997



Die Entwicklung des Sturmtiefs

WALTRAUD

(11. April 1997)

Am 10. April sorgten Hoch OLIVER bei den Britischen Inseln und Hoch NIKKI über dem Balkan noch für allgemein hohen Luftdruck in Europa und frühlingshafte Temperaturen. Der Tiefdruckwirbel **WALTRAUD**, der zu diesem Zeitpunkt noch vor der norwegischen Westküste lag, zog bis 11. April zum Baltikum. Durch die außerordentlich starke nordwestliche Luftströmung setzte sich kalte Luft arktischen Ursprungs in ganz Mitteleuropa durch.

Während im Bereich des Hochs OLIVER die Temperaturen in England, Frankreich und Süddeutschland (Oberrhein) auf 20 °C stiegen, sanken sie mit Durchzug der Kaltfront in Nordostdeutschland auf etwa 5 °C und weniger ab. Es kam zu Gewittern mit Regen- und Graupelschauern. In einem Streifen von der Deutschen Bucht bis zur Lausitz traten orkanartige Böen bis zu 115 km/h auf.

Im Norden und Osten Deutschlands wurde durch den Sturm so viel Sand und Staub aufgewirbelt, dass im Straßenverkehr, be-

sonders in Mecklenburg-Vorpommern, ein Fortkommen kaum mehr möglich war – die Sicht betrug teilweise nur noch zwei Meter. Hier wurden ganze Äcker bei Windstärke 10 abgetragen. In Warnemünde wurden große Mengen an Sand vom Badestrand in die Stadtmitte verlagert.

In Berlin herrschte bei der Feuerwehr Ausnahmezustand. Wegen umgeknickter Bäume und beschädigter Dächer fuhr sie in nur einer Stunde 120 Einsätze. Im schleswig-holsteinischen Itzehoe kam eine Frau ums Leben, die in ihrem Auto von einem entwurzelten Baum getroffen wurde. Hamburg wurde von heftigen Hagelschauern überrascht, und auf der Ostsee, besonders zwischen Dänemark und Südschweden, wurden Fährlinien eingestellt. Auch in Süddeutschland kehrte der Winter zurück: Bayern erlebte am 11. April einen Temperatursturz von 15 °C auf 3 °C und heftige Schneefälle.

Am 12. April war **WALTRAUD**, das den Höhepunkt seiner Entwicklung schon erreicht hatte, bereits über Russland angelangt. Nach kurzem Hochdruckeinfluss folgte erneut ein Vorstoß arktischer Luft.

Bodenkarte

Sturmtief WALTRAUD

10.04.1997

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief WALTRAUD

11.04.1997

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief WALTRAUD

12.04.1997

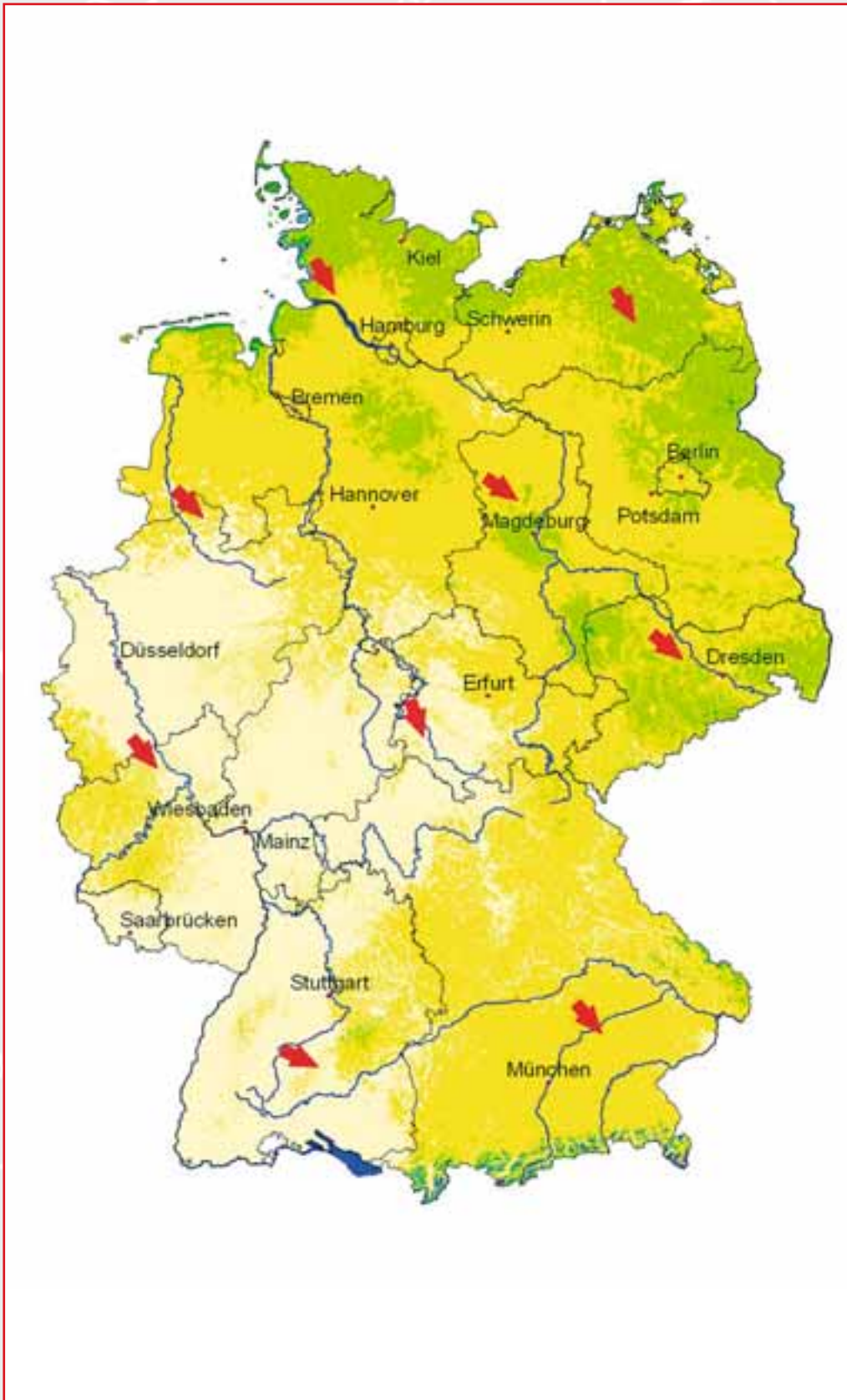
1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld

Sturmtief WALTRAUD

11.04.1997



Witterungsrückblick und Sturmdokumentation des Jahres **1998**

1998

1 Witterungsrückblick 1998

Das Jahr 1998 im Überblick

Kurz nach Jahresbeginn überquerten nacheinander die Fronten der Sturmtiefs **DESIREE** (4. Januar) und **FANNY** (5. Januar) Deutschland und verursachten typische Sturmschäden. Noch höher fielen die Schäden aus, die durch die Sturmtiefs **ELVIRA** und **FARAH** am 4. und 5. März in der Mitte und im Südosten Deutschlands angerichtet wurden. Der Herbststurm **XYLIA** (27./28. Okt.) führte ebenfalls verbreitet zu Sturmschäden. Die außerordentlichen Regenmengen, die dieses Tief mit sich brachte, bildeten den mengenmäßigen Höhepunkt der sehr niederschlagsreichen Monate September und Oktober und führten vielerorts in Deutschland zu Überschwemmungsschäden.

Mit einer mittleren Jahrestemperatur von 9,1 °C waren in Deutschland im Jahr 1998 um 0,8 °C wärmer als das Mittel der Referenzperiode. Im Flächenmittel fielen mit 917 l/m² etwa 16 % mehr als im langjährigen Durchschnitt. Hervorzuheben ist der Monat Oktober, der mit knapp 300 % der sonst üblichen Niederschläge gebietsweise der bisher nasseste seit 100 Jahren war.

Ein absoluter Rekord wurde 1998 für die globale Mitteltemperatur aufgestellt: Sie lag um 0,54 °C über dem langjährigen Durchschnitt der klimatologischen Vergleichsperiode 1961 bis 1990. Sogar das Jahr 1997, das bis dahin wärmste Jahr, wurde deutlich übertroffen.

Januar

Die seit Weihnachten anhaltende westliche Strömung führte in der ersten Januardekade kräftige Sturmtiefs über Deutschland hinweg. Das Tief **DESIREE** und besonders dessen nachfolgendes Randtief **FANNY** richteten verbreitet Sturmschäden an (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **DESIREE** und **FANNY**). In der zweiten Dekade setzte frühlingshaft milde Witterung ein, da ein Hoch subtropische Meeresluft aus Südwesten nach Deutschland lenkte. Zu einer grundlegenden Veränderung der atmosphärischen Zirkulation kam es zu Beginn des letzten Monatsdrittels, als sich ein von der Nordsee und Südkandinavien bis nach Südrussland reichendes Hochdruckgebiet etablierte, das die Westströmung über Mitteleuropa blockierte. Es führte subpolare Festlandsluft aus dem Osten in die zentralen Teile Deutschlands, so dass sich erst jetzt winterliche Kälte ausbreitete.



Ein Schlepper kämpft am 05.01.1998 im Hamburger Hafen gegen das vom stürmischen Wind aufgewühlte Wasser der Elbe (Quelle: dpa).

Durch die Vorherrschaft milder Meeresluftmassen fiel der Januar im Vergleich zum langjährigen Mittelwert zu warm aus: nördlich der Mittelgebirge sogar um 3 bis 4 °C, sonst um 2 bis 3 °C. Im norddeutschen Tiefland, besonders längs einer Linie Lübeck – Berlin, fielen bis zu 200 % mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel. In den westlichen und zentralen Teilen Deutschlands sowie in Bayern war es trockener als im langjährigen Durchschnitt.

Februar

Die im Februar vorherrschende Wetterlage war durch ein ausgedehntes, Süddeutschland einbeziehendes Gebiet hohen Luftdrucks charakterisiert, dem weit im Norden auf einer Linie Island – Skandinavien eine verstärkte Aktivität von Tiefdruckzentren gegenüberstand. Durch die auf den süddeutschen Raum übergreifenden Hochdruckgebiete wurden mehrfach milde subtropische Meeresluftmassen herangeführt – am 21. Februar stieg die Temperatur in Stuttgart auf 20,7 °C. Auch die Deutschland überstreichenden Tiefausläufer führten eher milde Meeresluft mit sich. Gegen Monatsende stellte sich eine stürmische Westströmung ein.

Auf Grund der häufigen Hochdrucklagen war es in der Monatsbilanz in West- und Süddeutschland erheblich zu trocken, in Rheinland-Pfalz und im Saarland sogar in extremer Weise (17 %). In ganz Deutschland war es für die Jahreszeit zu warm, nordöstlich der Elbe sogar um 5 °C.

März

Die westliche Strömung der ersten März-tage führte neben milder subtropischer Luft auch den Sturmwirbel **ELVIRA** und dessen stürmisches Randtief **FARAH** mit sich

(→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **ELVIRA** und **FARAH**). Orkanböen bis 120 km/h verursachten in zentralen und östlichen Teilen (4. März) sowie in östlichen und südöstlichen Teilen Deutschlands (5. März) typische Sturmschäden.



Vom Sturm heruntergewehte Dachpappe einer Lagerhalle in Dortmund am 04.03.1998
(Quelle: dpa)

In der zweiten Monatsdekade lag Mitteleuropa unter einer Strömung aus Nordwesten. Die darin eingelagerten Tiefdruckgebiete brachten vor allem dem Norden und Osten Deutschlands erregliche Niederschläge; milde Meeresluftmassen herrschten vor. Der Winter meldete sich erst am kalendarischen Frühlingsbeginn zurück, als es nach einem Vorstoß kalter Meeresluft in den Mittelgebirgen und am Alpenvorland zu Schneefällen und chaotischen Verkehrsverhältnissen kam. Jedoch wurde es am Monatsende unter dem Einfluss subtropischer Luftmassen aus Süden wieder mild, am 30. März wurde in Bonn-Friesdorf mit 25,7 °C sogar ein verfrühter Sommertag registriert.

Die Vorherrschaft mit der Meeresluft ließ auch den März in der Monatsbilanz wärmer als der langjährige Durchschnitt sein – im Nordwesten und im Rhein-Main-Gebiet um 2 °C. In Norddeutschland sowie in den Staulagen der Schwäbischen Alb und am Alpen-nordrand war es zu nass, unmittelbar südlich der Mittelgebirgsschwelle zu trocken.

April

Fast der gesamte Monat war durch wechselhaftes Wetter und die Passage von teils niederschlagsreichen Tiefdruckausläufern charakterisiert. Im ersten Monatsdrittel kam es besonders im Norden und Westen, gegen Ende der zweiten Dekade besonders im Westen, zu ergiebigem Regen. Am 27. führte eine Kaltfront, die auf eine vortags eingeflossene subtropische Luftmasse traf, zu den ersten schweren Gewittern des Jahres mit Starkniederschlägen im Rhein-Main-Gebiet. Keller und Tiefgaragen standen unter Wasser.

In der Monatsbilanz fiel der April gegenüber dem langjährigen Mittel zu warm aus, am deutlichsten mit 2 bis 3 °C auf dem Gebiet der neuen Bundesländer. Mit Ausnahme von Bayern und Sachsen war es auch zu nass, besonders an der Nordseeküste und im Saarland mit mehr als 200 % der durchschnittlichen Niederschlagsspende.

Mai

Während der ersten Maitage ereigneten sich ergiebige Niederschläge, darunter Hagelgewitter. Gegen Ende des ersten Monatsdrittels kam Deutschland jedoch unter den Einfluss warmer Festlandsluft im Zuge einer west-ost-gerichteten Hochdruckbrücke, deren Ausbildung für den Monat Mai typisch ist. Diese sehr warme Phase wurde am 13. Mai durch herangeführte subpolare Luft

beendet; es kam zu Gewittern mit Hagel und Starkregen, die vor allem im Landkreis Passau Keller überfluteten und den Verkehr lahm legten. Ein derartiger Kaltlufteinbruch ist für diese Zeit der Eiseiligen typisch. Gegen Monatsende löste ein Frontensystem erneut Gewitter mit Starkniederschlägen und Hagel aus. In weiten Teilen Deutschlands wurden Straßen, Keller und Städte überflutet.

Der Mai fiel gegenüber dem langjährigen Mittelwert zu warm aus, um mehr als 2 °C im Westen sowie in zentralen Teilen Bayerns, in Sachsen-Anhalt und im südlichen Brandenburg. Der Monat war in allen Bundesländern zu trocken, besonders im Südwesten, in Teilen Niedersachsens und in Sachsen-Anhalt.

Juni

Die für Deutschland wetterwirksamen Tiefs zogen im Juni im Mittel längs eines Südwest-Nordost-orientierten Streifens vom Seegebiet westlich von Irland zum Baltikum. Ihre Tiefausläufer brachten vor allem dem Norden Deutschlands häufige Niederschläge. In der ersten Dekade wurden dabei mehrfach auch subtropische Luftmassen herangeführt, so dass am 6. Juni Rekordwerte der Temperatur seit den 50er Jahren gemessen wurden (Mühlendorf/Inn: 33,5 °C; Cottbus: 37,2 °C). Abgesehen vom Beginn der zweiten Monatshälfte, wo Süd- und Mitteleuropa für wenige Tage unter den Einfluss eines von West nach Ost wandernden Hochdruckgebietes kam, bestimmte eine niederschlagsreiche Witterung mit ständigem Wechsel von Tiefdruckgebieten und Zwischenhochkeilen die restlichen Tage des Monats. Bemerkenswert waren vor allem die Gewittertage im Juni:

Am 6./7. Juni beendeten frontgebundene Gewitter mit Starkniederschlägen, Hagel

(Durchmesser bis 4 cm) und starken Böen die vorausgegangene Warmepisode unter subtropischer Luft. Weitere Gewitter mit Starkregen gab es zwischen dem 11. und 16. Juni (Verkehrsunterbrechungen im Rhein-Main-Gebiet) und mit besonders schadenintensiver Ausprägung am 22. Juni (Starkniederschläge, Hagel, Sturmböen). An diesem Gewittertag entstanden im Vogtland zwei Tornados, die eine 250 Meter lange Schneise in einen Wald schlugen. Am 26. Juni schließlich brachte eine Gewitterfront besonders im Süden Deutschlands durch Starkregen, Hagel, Sturmböen und Blitzschlag erhebliche Schäden. Im Berchtesgadener Land wurde wegen Sturzflut Katastrophenalarm gegeben.



*Durch eine umgestürzte Eiche zerstörtes Dach nach einem Unwetter im Juni 1998
(Quelle: C. Weber, Minden)*

Der wechselhaften, nassen Witterung der Siebenschläferzeit in der letzten Juniwoche folgen nach der Bauernregel weitere

Wochen Regenwetter. Tatsächlich ist dieses Siebenschläferwetter ein Indikator für die Stabilität eines monsunartigen Zirkulationsystems für Europa, das auf der fortschreitenden Erwärmung des Kontinents beruht. Insofern zeigte die feuchte Witterung Ende Juni einen kräftig ausgebildeten europäischen „Sommermonsun“ an.

In der Monatsbilanz war auch der Juni 1998 wie die fünf vorausgehenden Monate des Jahres zu warm – südlich der Mittelgebirge um bis zu 2 °C, nördlich um bis zu 1 °C. Entsprechend den Großwetterlagen war es im Norden erheblich zu nass (> 200 %), im Süden zu trocken (50 bis 100 %).

Juli

Zu Monatsbeginn kam mit einer nordwestlichen Strömung kühle Meeresluft bis nach Süddeutschland, eine Kaltfront mit heftigen Gewittern, Temperatursturz (um bis zu 10,8 °C) und Starkniederschlägen brachte sogar arktische Meeresluft aus dem Nordmeer herbei (7./8. Juli). Die zu Beginn des zweiten Monatsdrittels sich ausbildende westliche Strömung führte bereits mildere Luftmassen heran, doch wurde es erst am 20./21. Juli durch eine tropische Luftmasse aus Nordafrika richtig warm. Im Süden und Osten Deutschlands wurden Temperaturen um 38 °C gemessen (Cottbus-Flughafen: 39,4 °C). Das am 22. Juli nachfolgende Kaltfrontsystem beendete mit Gewittern, die besonders in Bayern (Raum Ulm) heftig ausfielen, die Hitze. Auch am 25./27. Juli beendeten schwere frontgebundene Gewitter mit (in Bayern) starkem Hagelschlag eine durch subtropische Luftmassen bestimmte vorhergehende Warmepisode.

Trotz der Warmepisoden fiel die Monatsbilanz auf Grund des vorherrschenden Einflusses der Tiefausläufer um 1 °C zu kalt

aus. Die Niederschlagsbilanz ließ vor allem im Westen und Süden Deutschlands sowie im Westen Mecklenburg-Vorpommerns und in Sachsen-Anhalt Defizite erkennen (70 bis 80 %), im Nordwesten, im Osten der neuen Bundesländer und in den Mittelgebirgsregionen jedoch moderate Überschüsse (bis 140 %).

August

Kaltfrontpassagen lösten zu Monatsbeginn vor allem in Bayern (2. August) und Sachsen (3. August) Starkniederschläge aus. Die meiste Zeit über verlief die Polarfront in grober West-Ost-Orientierung über das nördliche Mitteleuropa hinweg, so dass der Süden Deutschlands unter dem Einfluss subtropischer Luftmassen gebietsweise zu trocken und auch zu warm war. Über dem Norden Deutschlands, der häufig kühlen subpolaren Luftmassen ausgesetzt war, brachten die Tiefausläufer einen moderaten Niederschlagsüberschuss in zentralen Teilen Niedersachsens, Schleswig-Holsteins, Mecklenburg-Vorpommerns und in nördlichen Teilen Brandenburgs. Besonders die ersten stürmischen Wirbel der zweiten Jahreshälfte am 21. und 24. August, die eine Witterung vorwegnahmen, die meist erst im letzten Septemberdrittel einsetzt, brachten reichliche Niederschläge. Am 26. August kam es im Zusammenhang mit Hagelgewittern bei Gotha auch zur Entstehung eines Tornados.

In der Monatsbilanz wirkte sich die Nähe der Polarfront über dem Norden Deutschlands in einem Temperaturdefizit von bis zu 1,2 °C gegenüber dem langjährigen Mittelwert aus. Entsprechend ergaben sich für dieses Gebiet auch moderate Niederschlagsüberschüsse. In Süddeutschland standen ihnen teils deutliche Defizite (minimal 30 %) gegenüber.

September

Im September wurde der Niederschlagsüberschuss weiter verstärkt. Da die La-Niña-Episode die Hurrikan-Aktivität über dem südwestlichen Nordatlantik stimulierte, waren unter den regenreichen Tiefdruckwirbeln im September einige ehemalige Hurrikane. Sie enthielten in ihren Warmsektoren sehr feuchte tropische Warmluft und damit viel Niederschlag. Die erste Serie solcher ehemaliger tropischer Wirbelstürme (BONNIE, DANIELLE, EARL) brachte Deutschland in der ersten Septemberdekade teils ergiebige Niederschläge. Zur Monatsmitte überzog ein Tiefdrucksystem sowohl die neuen Bundesländer als auch den Süden und den Südwesten Deutschlands mit anhaltendem Regen, in Belgien und Holland traten nach Starkniederschlägen mehrere Flüsse über die Ufer. Gegen Monatsende waren es der Wirbel PAMELA und der ehemalige Tropensturm KARL, die viel Regen nach Deutschland führten.

Den größten Überschuss gegenüber dem langjährigen Mittel der Septemberrniederschläge wies zu Monatsende ein breites Band auf, das diagonal von Holland und Belgien über das mittlere Deutschland bis zum Bayerischen Wald verlief. Hier wurden mehr als 200 %, stellenweise mehr als 300 % des langjährigen Monatsmittels gemessen. Entsprechend fiel der September bei der Temperaturbilanz im Mittelgebirgsraum und auch im Süden geringfügig zu kalt aus, im Norden lagen die Temperaturen geringfügig über dem Durchschnitt.

Oktober

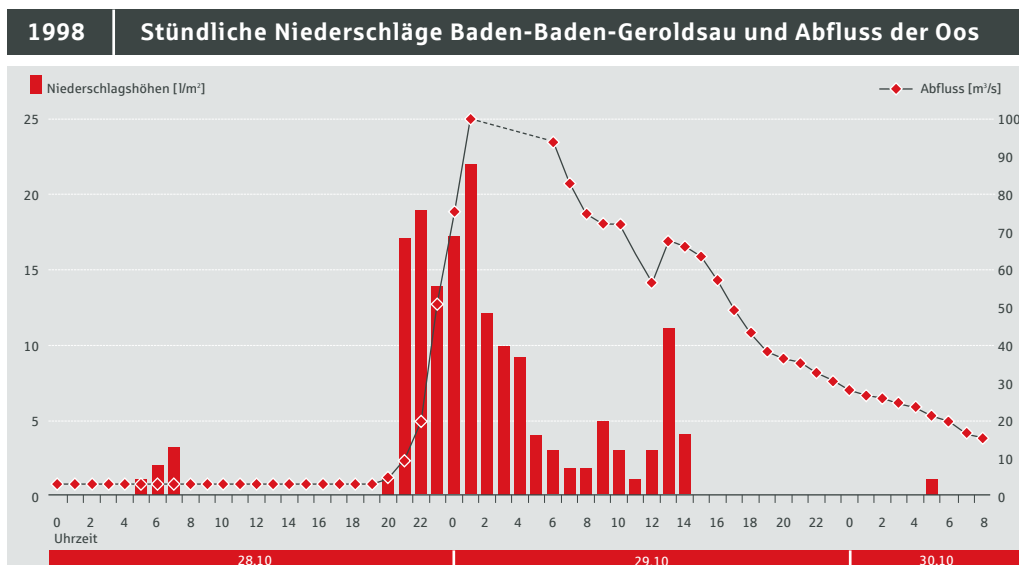
Die aus dem September bekannte diagonale Bandstruktur der weit über dem langjährigen Monatsmittel liegenden Niederschlagssummen ließ sich mit noch höheren Abweichungen, bis 500 %, auch im Oktober

erkennen. Zusätzlich waren aber auch im Osten und im Südwesten Deutschlands ähnlich hohe Überschiebungen bis 400 % zu verzeichnen. Vielerorts verzeichnete man den niederschlagsreichsten Oktober seit über 100 Jahren. Die Hauptmasse dieser Niederschläge fiel in den letzten Oktobertagen. In der ersten Monatsdekade brachten vor allem wieder ehemalige tropische Stürme gebietsweise ergiebigen Regen nach Deutschland (1. Oktober KARL, 7./8. Oktober JEANNE). Gewitter und Regenschauer



Hochwasser an der Oos in Baden-Baden infolge des Sturmtiefs XYLIA Ende Oktober 1998
(Quelle: B. Wagner, Baden-Baden)

führten am 12. Oktober über in einem diagonalen Band von Nordrhein-Westfalen bis Franken zu stellenweise höheren Niederschlagssummen. Am 13. Oktober wurden durch einen kleinen Tornado in Roxel/Münster Schäden verursacht. Unter dem kräftigen Wirbel VALERIE wurde am 23. Oktober über Warmluft subtropischer Herkunft gehoben, und es kam entlang der Mittelgebirge zu Niederschlägen. Ende Oktober schließlich folgte eine Kette sehr niederschlagsreicher Ereignisse: Der Sturmwirbel WINNIE brachte in der Nacht zum 25. besonders im Südwesten und in den Mittelgebirgsregionen große Regenmengen (Freudenstadt/Schwarzwald: 64 l/m² in 24 Stunden; Neuhaus am Rennweg: 40 l/m² in 24 Stunden). Den Höhepunkt der Regenmengen über Deutschland löste der Herbststurm XYLIA (27./28. Oktober) aus, der auch verbreitet Sturmschäden anrichtete (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs XYLIA). Deutschland wurde von Norden nach Süden fortschreitend von ergiebigem und starkem Regen überdeckt, besonders in den Staulagen der Mittelgebirge. Im Münsterland, östlichen Niedersachsen und Harz fielen gebietsweise 60 bis 70 l/m² innerhalb von 24 Stunden, in Teilen Frankens und der Oberpfalz mehr als 50 l/m², in Baden-Baden der Spitzenwert von 131 l/m².



(Datenbasis: HVZ 1998)

Bedingt durch die bereits seit September großflächig niedergegangenen hohen Niederschlagsmengen waren die Böden in Deutschland großenteils wassergesättigt und damit im Zustand einer „Quasiversiegelung“. Die Folge war, dass die Niederschlagsspitzen von XYLIA ohne Zwischenspeicherung im Boden unmittelbar in den Oberflächenabfluss gelangten und verbreitet Sturzfluten sowie den Ablauf von Hochwasserwellen in allen größeren deutschen Flüssen und deren Zuflüssen auslösten (DEUTSCHE RÜCK 1998). Besonders brisant war die Situation in Baden-Baden. Die starken Niederschläge führten dort zu einem steilen Anstieg des Abflusses der Oos. Die Folge waren starke Überschwemmungen. In der Tiefgarage des Hotels Badischer Hof versanken etwa 60 Autos und unzählige Keller mussten ausgepumpt werden.

November

Zu Monatsbeginn brachte im Rahmen einer lebhaften westlichen Strömung zunächst der Wirbel YAMURA den Mittelgebirgsregionen starken Regen, so dass die Hochwasserlage von Ende Oktober noch beunruhigend blieb. YAMURA bildete am 1. November über Sachsen, Thüringen und Ostbayern auch ein begrenztes Sturmböenfeld aus. Demnachfolgende Wirbel brachte am 3. November vor allem dem Schwarzwald Starkniederschläge, erst ab dem 4. November entspannte sich die Hochwasserlage. Eine durchgreifende Änderung der vorherrschenden westlichen Strömung erfolgte ab Monatsmitte, indem ein von der Biskaya bis Ostgrönland reichendes Hoch die westliche Strömung blockierte und die Tiefdruckgebiete auf eine Bahn nach Süd- und Osteuropa abdrängte. Entlang der Ostflanke dieses Hochs flossen ab 18. November hochreichende arktische Luftmassen nach Deutschland, ab 21. November wehte von Osten kontinentale Kaltluft heran. Die Mittagstemperaturen kamen nicht über -5 °C

hinaus. Nach einer Tauwetterepisode regenerierte sich die Ostlage wieder zum Monatsende. Auch diese Ostlage – oft typisch für das zweite Dezembert Drittel – kam um drei Wochen zu früh.

In der Monatsbilanz fiel der November um 2 bis 4 °C zu kalt aus. Entlang eines Diagonalstreifens vom westlichen Niedersachsen bis ins zentrale und östliche Süddeutschland wurden moderat überdurchschnittliche Niederschlagsmengen registriert.

Dezember

Im ersten Monatsdrittel herrschten in Deutschland tiefe Temperaturen vor, zunächst bedingt durch die Fortsetzung der Ostlage von Ende November, anschließend aufgrund eines Tiefdruckwirbels über der Ostsee, auf dessen Rückseite arktische Luft heranströmte. Kräftige Schneefälle hatten eine geschlossene Schneedecke mit der Folge zahlreicher Verkehrsunfälle herbeigeführt. Im zweiten Monatsdrittel kamen mildere atlantische, zur Monatsmitte sogar subtropische Luftmassen nach Deutschland und ließen den Schneeverwinden. Sturmböenfelder waren in die westliche Strömung eingelagert (13. Dezember). Gegen Ende der zweiten Dekade fielen die Temperaturen wieder aufgrund der herangeführten kalten Meeresluft; Eisglätte führte verbreitet zu Verkehrsunfällen. Über die Weihnachtsfeiertage drang erneut milder und schließlich subtropische Meeresluft mit freundlicher Witterung nach Deutschland vor.

In der Monatsbilanz wies nur der äußerste Nordosten Deutschlands leicht negative Temperaturabweichungen auf, im größten Teil Deutschlands gab es leicht positive Abweichungen bis 1 °C . Die Niederschläge fielen, abgesehen von einem schmalen küstennahen Streifen vom nördlichen Niedersachsen bis in das nördliche Mecklenburg-Vorpommern, fast landesweit unterdurchschnittlich aus.

2 Sturmdokumentation 1998

Die Entwicklung der Sturmtiefs DESIREE und FANNY (3. bis 5. Januar 1998)

Zum Jahreswechsel herrschte in Deutschland noch eine ruhige Westwetterlage mit recht milden Temperaturen vor. Doch bereits ab 2. Januar wurde Westeuropa von einer Reihe von Sturmtiefs heimgesucht, die den Kontinent fast im 24-Stunden-Rhythmus trafen. So nahmen die Tiefdruckwirbel ESTHER, **DESIREE**, **FANNY**, GRACE und HETTY bis zum 6. Januar alle einen ähnlichen Verlauf von der Küste Neufundlands über Irland nach Skandinavien. Verantwortlich für Ihre Entstehung war die äußerst kalte Luftmasse über Kanada, die dort zu Eisregen und dem Zusammenbruch der Versorgungslage um die Städte Montreal und Ottawa führte, und die relativ milde Luft über dem noch verhältnismäßig warmen Atlantik. Dort nahmen die Wirbel jene Energie auf, die nötig ist, um Windgeschwindigkeiten in Orkanstärke zu erzeugen.

Sowohl aus Sicht der gemessenen Spitzenböen der Windgeschwindigkeit als auch der entstandenen Schäden war Deutschland von **DESIREE** (4. Januar) etwas weniger stark betroffen als von **FANNY** (5. Januar). Die Windfelder beider Stürme überdeckten fast ganz Deutschland mit nahezu gleich bleibenden Windgeschwindigkeiten mit Spitzenböen von 65 und 85 km/h. In Baden, Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern wurden durch **FANNY** teilweise aber auch Spitzenböen bis zu 115 km/h erreicht.

Solche Windwerte wurden bei **DESIREE** nur vereinzelt, besonders in exponierten Höhenlagen gemessen.

Das Schadenausmaß hielt sich in Deutschland in Grenzen: Herabgefallene Ziegel und umgestürzte Bäume richteten die Hauptschäden an. In Düren wurde das Dach eines Kindergartens komplett abgehoben, und an einer Autobahnraststätte bei Osnabrück flogen mobile Toilettenhäuschen durch die Luft.

Für die großen Schäden in der Bretagne, Südengland und Wales war vor allem **DESIREE** (3./4. Januar) verantwortlich. Etliche Häuser wurden an der französischen Atlantikküste stark beschädigt, und zeitweilig waren eine halbe Million Menschen ohne Heizung, warmes Wasser und Elektrizität, weil Hochspannungsleitungen beschädigt wurden. In Südengland und in Wales traten Flüsse über ihre Ufer und schwemmten Autos mit sich. Auch an der spanischen Atlantikküste und im westlichen Mittelmeer entstand hoher Schaden.

Nach dieser Serie von Stürmen beruhigte sich das Wetter in Deutschland wieder, denn ab dem 7. Januar setzte sich zunehmend der Einfluss des Hochs BERNHARD durch, das mit seinem Kern von Spanien zu den Alpen zog und subtropische Luft aus Nordafrika nach Deutschland brachte, so dass die Temperaturen örtlich auf bis zu 13 °C anstiegen.

Bodenkarte

DESIREE UND FANNY

03.01.1998

1 Uhr MEZ

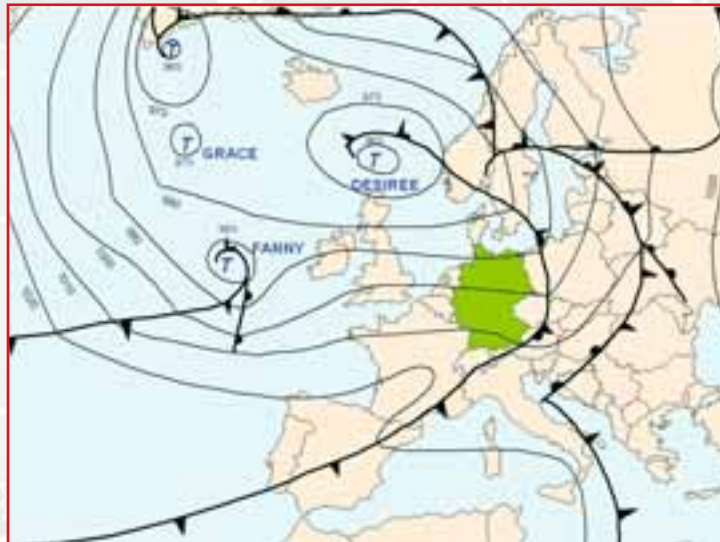


Bodenkarte

DESIREE UND FANNY

04.01.1998

1 Uhr MEZ

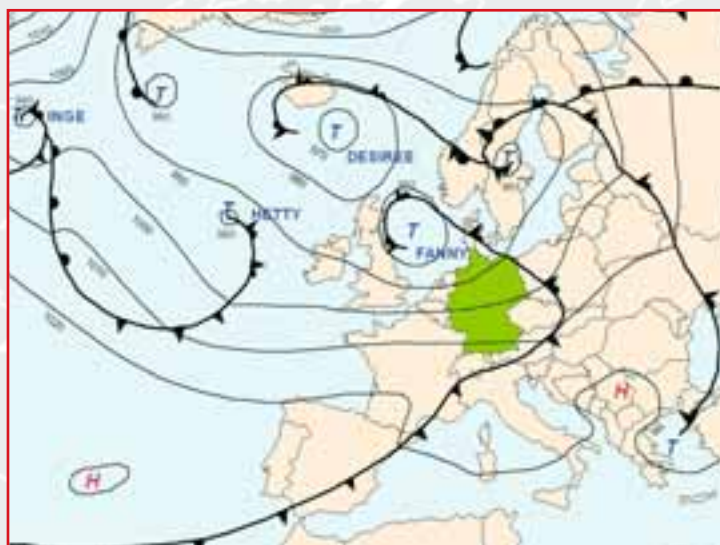


Bodenkarte

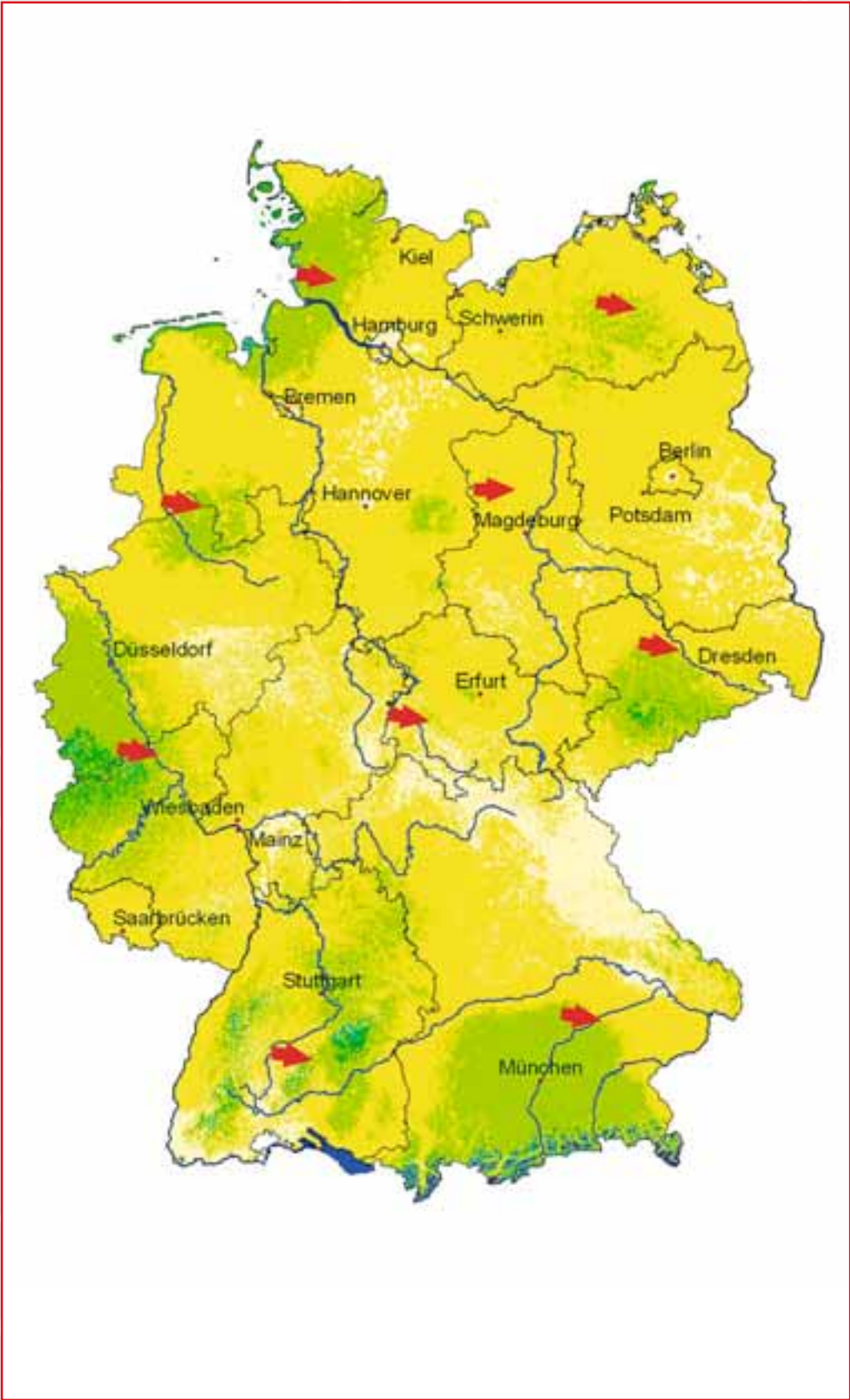
DESIREE UND FANNY

05.01.1998

1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld Sturmtiefs DESIREE und FANNY 03.-05.01.1998



Die Entwicklung der Sturmtiefs ELVIRA und FARAH (4. bis 5. März 1998)

In Mitteleuropa und großen Teilen Osteuropas herrschte am 3. März dank der Wetterfronten des Tiefs DAGMAR, das über Dänemark lag und sich schnell unter Abschwächung zum Baltikum zog, trübes regnerisches Wetter mit mäßigem Wind. Am 4. März floss an der Warmfront des nachrückenden Sturmtiefs **ELVIRA** sehr milde subtropische Meeresluft nach und brächte in Nord- und Mitteldeutschland starke Niederschläge und einen frühlingshaften Anstieg der Temperaturen auf bis zu 20 °C.

Mit diesem Sektor sehr warmer Luft wehte ein starker Sturm über Mitteldeutschland. So wurden am Ostrand des Harzes Orkanböen von über 120 km/h registriert (stark böiger Föhn bei westlicher Anströmung im Lee des Harzes). Besonders betroffen waren das Rheinland, Rheinhessen, die Mittelgebirgslagen von Hessen und Thüringen sowie die Schwäbische Alb und der Schwarzwald. Mit Ausnahme eines Streifens von Berlin bis Magdeburg traten auch in Ostdeutschland hohe Windgeschwindigkeiten auf, die sich in Sachsen zu voller Orkanstärke entfalten.

Rheinhessen erlebte starke Orkanböen, die dort starke Sandaufwirbelungen mit anschließendem Serienunfall auf der Autobahn bei Mainz verursachten. Wegen sehr plötzlichem und nahezu vollständigem Sichtver-

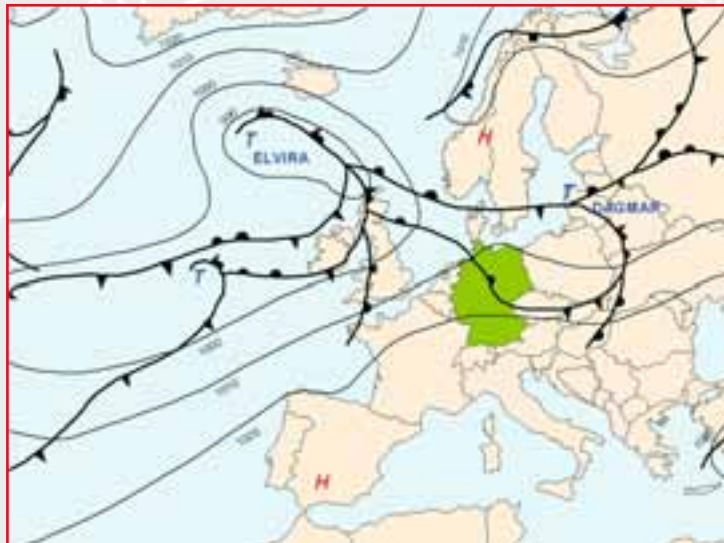
lust prallten etwa 50 Fahrzeuge aufeinander. In allen oben genannten Gebieten kam es zu den bei Sturm üblichen Schäden wie abgedeckte Dächer und umherfliegende Ziegel, umgeknickte Bäume und Beschädigungen an Hochspannungsleitungen. Es gab jedoch auch schlimmere Folgen des Sturmes: In Ostthüringen starb ein LKW-Fahrer, weil sein Fahrzeug von Böen umgerissen wurde, und in Dülmen im Münsterland wurde ein Schulbus mit 18 Kindern in den Straßengraben gedrängt.

Südlich von **ELVIRA** wurde am 4. März ein Randtief namens **FARAH** unter erheblicher Verstärkung über England hinweg nach Nordosten geführt. Dessen Kaltfront überquerte in der Nacht zum 5. März Deutschland, wobei es zu einem empfindlichen Temperaturrückgang kam und aufgrund der starken Temperaturdifferenzen wieder Sturmböen registriert wurden. Betroffen waren wieder Rheinhessen und Mitteldeutschland sowie Sachsen. Hinzu kamen diesmal noch Bayern und Baden-Württemberg, die am vorherigen Tage verschont geblieben waren. Insgesamt berichtet die Presse von Schäden in Millionenhöhe.

In der weiteren Entwicklung zog **FARAH** sehr schnell über das Baltikum ab, während **ELVIRA** sich unter Auflösung zum Nordmeer bewegte. Allerdings bedeutete dies noch keine Wetterberuhigung, denn infolge weiterer Tiefdruckgebiete hielt das windige Schauerwetter noch bis zum 8. März an.

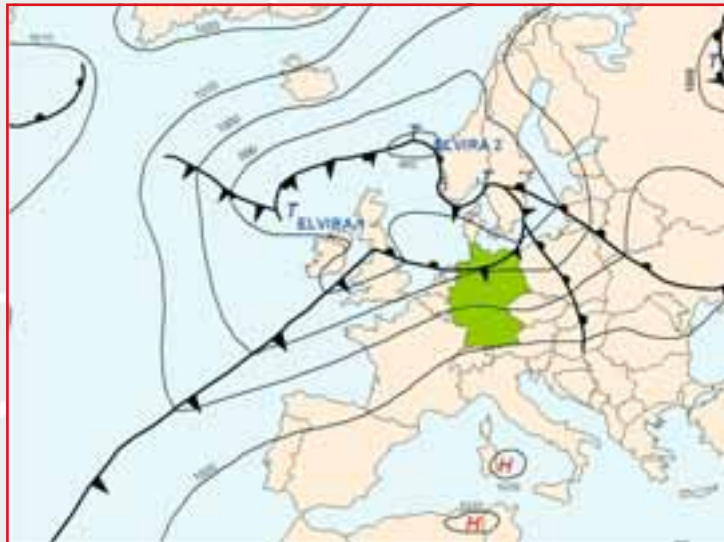
Bodenkarte

ELVIRA und FARAH
03.03.1998
1 Uhr MEZ



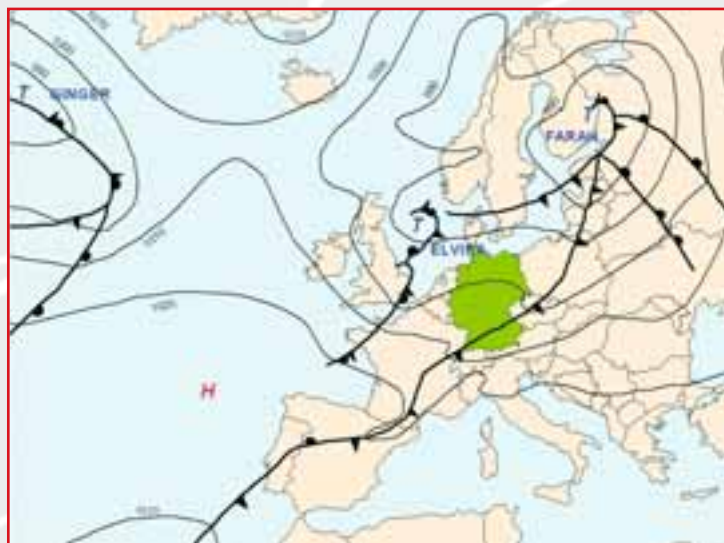
Bodenkarte

ELVIRA und FARAH
04.03.1998
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

ELVIRA und FARAH
05.03.1998
1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld

Sturmtiefs ELVIRA und FARAH

04.-05.03.1998



Die Entwicklung des Sturmtiefs XYLIA (27. bis 29. Oktober 1998)

Am 24. Oktober waren die Sturmböen und das breite Wolkenband des Tiefdruckwirbels WINNIE über die Britischen Inseln hinweggefegt, wobei im Südwesten Englands und in Wales schwere Überschwemmungen verursacht wurden. Auch über Deutschland brachte WINNIE am 24. und 25. Oktober kräftige Böen und ergiebige Niederschläge, jedoch wurden keine größeren Schäden bekannt.

Am 27. Oktober hatte sich über dem Atlantik ein weiteres System von Wirbeln und zugehörigen Fronten, **XYLIA**, entwickelt (→ siehe Bodenkarte vom 27. Oktober), das in der Folge vom östlichen Nordatlantik auf Mitteleuropa übergriff. Die dem Teiltief T2 angeschlossenen Warm- und Kaltfronten überquerten ab den Mittagstunden bis zum folgenden Morgen Deutschland und brachten flächig sehr ergiebigen und anhaltenden Regen. In der Nacht zum 28. Oktober hatte sich der Luftdruck des Hauptwirbels T1, der inzwischen zum südlichen Nordmeer gezogen war, im Kern auf unter 960 hPa vertieft. Sturm aus West bis Nordwest über Nord- und Ostsee sowie über Norddeutschland war die Folge. Im Laufe des Tages wurden auch die mittleren Teile Deutschlands sowie der Süden von den Starkböen erfasst, die hier vor allem aus südwestlichen Richtungen wehten und vielerorts Spitzengeschwindigkeiten von mehr als 100 km/h erreichten.

Im Anschluss an die zugehörigen Fronten des Teiltiefs T2 verlagerte sich im Laufe des 28. und 29. Oktober über die Warm- und Kaltfrontwelle T3 mit relativ geringer Geschwindigkeit über Deutschland hinweg.

Die fortgesetzten Starkniederschläge, besonders in den Staulagen der Mittelgebirge, konnten aufgrund des bereits stark wassergesättigten Bodens kaum versickern und gelangten somit ohne Zwischenspeicherung in die Wasserläufe. Aus flachen Bächen wurden innerhalb von Stunden reißende Ströme. Sehr stark betroffen war der Südwesten, wo in Geroldsau/Baden-Baden innerhalb von 24 Stunden 131 l/m² fielen.

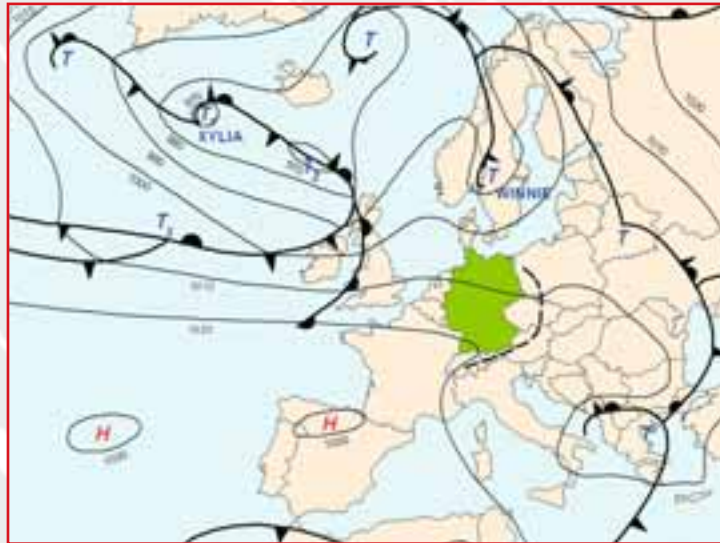
Die Hauptursache für die starken Böen und die großen Niederschlagsmengen, die **XYLIA** über Deutschland brachte, lag in dem ausgeprägten Luftmassenkontrast an ihrem Frontensystem. An dessen Südflanke wurde feuchte und relativ warme Luft subtropischen Ursprungs herangeführt und über schwerere, subpolare Luft gehoben. Aus kondensierender Feuchtigkeit wurde prasselnder Regen. Der große Temperaturunterschied (in Garmisch-Partenkirchen vor der Kaltfrontpassage 20 °C, danach 8 °C) trieb die Winde an, die Entstehung frontaler Wellen (T2, T3) verlangsamte die Verlagerung des Frontensystems nach Südosten.

Bodenkarte

Sturmtief XYLIA

27.10.1998

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief XYLIA

28.10.1998

1 Uhr MEZ

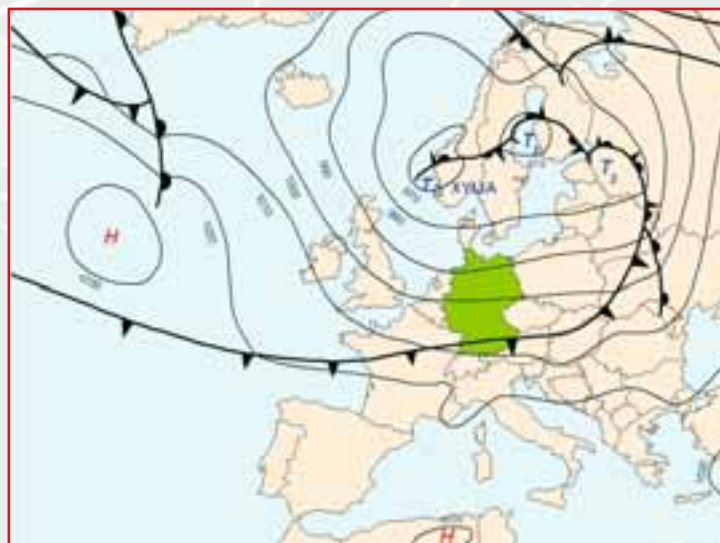


Bodenkarte

Sturmtief XYLIA

29.10.1998

1 Uhr MEZ



Die orkanartigen Böen von **XYLIA**, die ihren Höhepunkt am 28. Oktober erreichten, entwurzten in ganz Deutschland Bäume, deckten Dächer ab, zerrissen Überlandleitungen, kippten Baugerüste. Der Verkehr auf Schiene und Straße war streckenweise durch abgerissene Oberleitungen (z. B. zwischen Hamburg und Berlin) bzw. abgerissene Äste (z. B. in Mecklenburg-Vorpommern) stark beeinträchtigt. In Thüringen starb ein Lastwagenfahrer wegen eines Baumes, der auf das Fahrzeug geworfen wurde; andernorts beschädigten aufgewirbelte Bauteile Fahrzeuge (Autobahn A2). Das in der Presse häufig als „Regensturm“ charakterisierte Ereignis verursachte an vielen Orten Sturzfluten und den damit verbundenen Verkehrskollaps (z. B. Marne und Lübeck in Schleswig-Holstein, Teile Hamburgs, Bad Gandersheim in Niedersachsen, Gemeinden im Gebiet Karlsruhe).

In Itzehoe (Schleswig-Holstein) drückten die Wassermassen das Flachdach eines Supermarktes ein. Katastrophenalarm wurde am

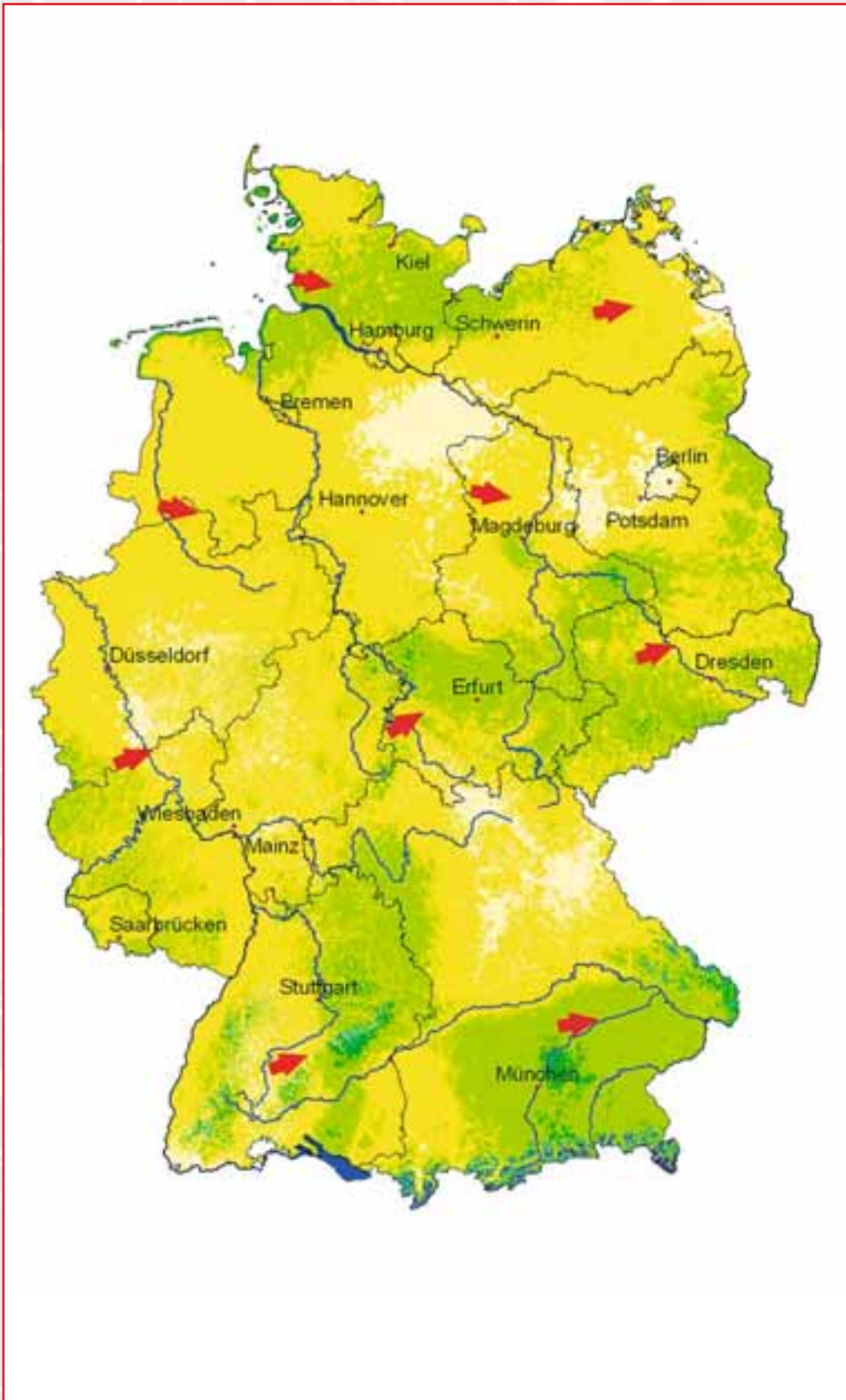
29. Oktober im fränkischen Miltenberg und in Baden-Baden ausgelöst. In der badischen Kurstadt hatten sich die Bäche Oos und Grobbach in reißende Flüsse verwandelt, so dass Dr eiviertel der Innenstadt unter Wasser gesetzt und selbst geparkte Autos verfrachtet wurden. Einer von zwölf Erdbeben im badischen Bühlertal zerstörte in der Nacht zum 28. Oktober ein Einfamilienhaus. Die mit **XYLIA** verbundenen intensiven Niederschläge verursachten in den Folgetagen den Ablauf von Hochwasserwellen in den Flüssen Main, Mosel, Rhein sowie in den Zuflüssen (DEUTSCHE RÜCK 1998).

Der auf **XYLIA** folgende Tiefdruckwirbel **YAMURA** bildete in der zweiten Tageshälfte des 1. November über Sachsen, Thüringen und Ostbayern ein begrenztes Sturmfeld mit Spitzenböen von 118 km/h (Chemnitz) aus. Allerdings wurden keine größeren Schäden bekannt.

Maximalböenfeld

Sturmtief XYLIA

27. - 29.10.1998



Witterungsrückblick und Sturmdokumentation des Jahres **1999**

1999

1 Witterungsrückblick 1999

Das Jahr 1999 im Überblick

ANATOL und **LOTHAR** – 1999 war das Jahr der extremen Sturmereignisse. Während **ANATOL** am 3./4. Dezember in den deutschen Küstenländern starke Schäden verursachte, führte der Orkan **LOTHAR** am 26. Dezember im Südwesten Deutschlands zu katastrophalen Verwüstungen. Für die europäische Assekuranz waren die Schäden durch **LOTHAR** und das nachfolgende Orkantief **MARTIN** (27. Dezember) die höchsten seit der Wintersturmserie 1990. Es waren aber nicht die einzigen schwerwiegenden Naturgefahrenereignisse des Jahres 1999: Am 4./5. Februar überdeckte das Windfeld des Sturmtiefs **LARA** ganz Deutschland und sorgte für Schäden. Das Pfingsthochwasser zu Beginn der dritten Maidekade verursachte schwere Überschwemmungsschäden vor allem an der Donau und ihren südlichen Zuflüssen. Gewitter am 2. Juni und in der ersten Julihälfte führten vor allem in Süddeutschland zu erheblichen Schäden.

Die mittlere Jahrestemperatur betrug 1999 in Deutschland ca. 9,6 °C und lag damit etwa 1,25 °C über der Temperatur des langjährigen Mittels. Außer den Monaten Juni und Oktober, im Süden auch Februar und November, waren alle anderen Monate wärmer als normal. Im Gegensatz dazu war die mittlere Niederschlagshöhe mit 837 l/m² eher durchschnittlich.

Die über die gesamte Erdoberfläche gemittelte Durchschnittstemperatur des Jahres 1999 lag um ca. 0,3 °C über dem Durchschnitt der Klimavergleichsperiode 1961 bis 1990. Damit war 1999 das bis dahin viertärmste

Jahr seit 1860 und liegt, wie die drei noch wärmeren Jahre, in einem Cluster am Ende des 20. Jahrhunderts. Der in dieser Tatsache manifeste Temperaturtrend wird von vielen seriösen Forschern ursächlich mit der anthropogenen Emission von Treibhausgasen (besonders CO₂) in Verbindung gebracht.

Januar

Zu Beginn des neuen Jahres dauerte der seit Weihnachten 1998 vorherrschende Einfluss subtropischer Luftmassen weiterhin an, wurde aber allmählich durch eine zunehmend windige und wechselhafte Westwetterlage verdrängt. Diese war fast den gesamten Monat bestimmend und führte dazu, dass der Januar sehr mild ausfiel. Im Vergleich zum langjährigen Mittel lag die Temperatur verbreitet um 3 bis 4 °C zu hoch, wobei die höchsten Temperaturen in der ersten Woche erreicht wurden.

In der Monatsmitte kam es in Deutschland zu starken Niederschlägen, zum Teil als Schnee, wobei am 14./15. Januar in Niedersachsen und an der mittleren Elbe Hagelniederschläge mit Korngrößen bis zu 2 cm auftraten. Erst gegen Monatsende drehte der Wind zunehmend auf nördliche Richtungen, und es strömte extrem kalte arktische Luft heran, die zum Einbruch des Winters in den Mittelgebirgen, den Alpen und zum Teil im Flachland führte.

Februar

Das kalte Wetter der letzten Januar- und ersten Februartage wurde zu Monatsbeginn

durch milde Meeresluft aus Nordwesten beendet. In den Alpen kam es zu starken Schneefällen und Lawinenabgängen, die am 4. Februar in Teilen Bayerns schwere Verwüstungen anrichteten. Ursache für die Witterungsänderung war das Sturmtief **LARA**, das vom Nordatlantik nach Skandinavien zog (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **LARA**). Dieses Tief verursachte in der Bundesrepublik am 4./5. Februar einen schweren Sturm mit Orkanböen, der stellenweise mit schweren Schäden einherging. In der Nordsee gerieten einige Schiffe in Seenot, und in Hamburg wurde der Hochwasserstand des Sturmflutjahres 1962 erreicht. Aufgrund der erhöhten Deiche blieben die Schäden aber begrenzt.

Nach einer zwischenzeitlichen Kaltluftphase verursachte der häufige Wechsel milder und kalter Luftmassen in der zweiten Monatshälfte wiederholt ergiebige Niederschläge, vor allem in den Mittelgebirgen und den Alpen. Auf Norderney beschädigte am 16. Januar ein Tornado 25 Wohnhäuser und eine Schule und verursachte dabei Schäden in Millionenhöhe.

Die niederschlagsreiche Witterung wurde gegen Monatsende unterbrochen, und es setzten sich vorübergehend sehr milde subtropische Luftmassen von Südwesten her durch. In den Alpen verursachten Lawinenabgänge im Februar 1999 Schäden in dreistelliger Millionenhöhe und forderten zahlreiche Menschenleben.

März

Auch im März setzte sich die milde Witterung mit Tauwetter und starkem Regen fort. Diese Bedingungen führten am 3. März in Thüringen zu einem Hochwasserereignis, bei dem Straßen und Keller überflutet wurden. Die Westwetterlage hielt im

Wesentlichen bis zum Beginn der zweiten Dekade an. Mit auffrischendem Ostwind setzte sich jedoch gegen Monatsmitte die Zufuhr kalter Festlandsluft von Osten in ganz Deutschland durch.

Ab 19. März veränderte sich die Wetterlage in Deutschland erneut, und es wurden wieder nordatlantische Systeme bestimmend. Hierdurch kam es in der dritten Dekade insbesondere im Süden Deutschlands wiederholt zu Gewittern, zum Teil mit Hagel. Aufgrund eines nächtlichen Gewitters mussten in Teilen Südhessens am 27./28. März Straßen wegen Überflutung und umgestürzter Bäume gesperrt werden. Gegen Monatsende waren subtropische Warmluftvorstöße dafür verantwortlich, dass stellenweise Maximaltemperaturen von über 20 °C erreicht wurden. Insgesamt war der März um ca. 2 °C wärmer als das vieljährige Mittel.

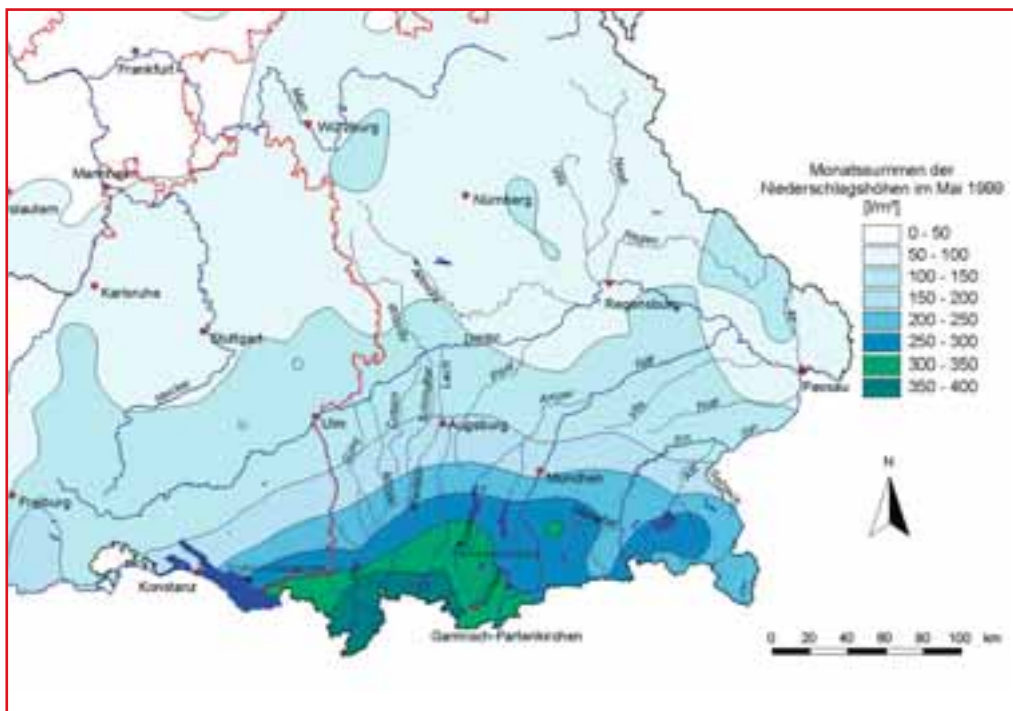
April

Deutschland lag Anfang April an der Südflanke eines skandinavischen Hochs im Zustrom warmer Festlandsluft, die zu frühlinghaften Temperaturen führte. Anschließend wurde das Bundesgebiet von mehreren Tiefdruckausläufern aus nordwestlicher Richtung überquert. Nach dem 14. April gelangte Deutschland sukzessive unter den Einfluss subpolarer und arktischer Kaltluft. Ein sich von Italien nordwärts verlagerndes Tief brachte Schnee und Glatteis in weite Teile Deutschlands mit der Folge zahlreicher Verkehrsunfälle und erhöhter alpiner Lawinengefahr (16. bis 20. April). Im letzten Monatsdrittel kam es in labil geschichteten Luftmassen zwischen dem 22. und 26. April zu Gewittern, gebietsweise mit Hagel bis zu 3 cm Korngröße. Sie bewirkten im Osten Deutschlands zum Teil Blütenschäden an Obst- und Gartenkulturen.

Mai

Die bemerkenswerten Regenfronten, die Deutschland von West nach Ost zwischen dem 5. und 8. Mai überquerten, folgten an der Südwestflanke eines von Mitteleuropa bis nach Grönland ausgedehnten Hochdruckkeils, der sich langsam ostwärts verlagerte. Im süddeutschen Raum brachten zwischen dem 10. und 15. mehrere Wellen-

gelegen hatte. Zusammen mit der gleichzeitigen Schneeschmelze in den Alpen verursachten die Niederschläge katastrophale Überschwemmungen am Bodensee sowie im Bereich der Donau und ihrer südlichen Zuflüsse (DEUTSCHE RÜCK 1999). Die Höchststände der Pegel wurden am 24. Mai erreicht. Die Schäden beliefen sich in Bayern und Baden-Württemberg auf rund 500 Mio. € (MÜLLER 2000).



Verteilung der im Mai 1999 gemessenen Niederschlagshöhen im südlichen Bayern und in Baden-Württemberg (Datenbasis: DWD, Witterungsreport Daten, Mai 1999)

tiefs, die sich längs der über dem Alpenbogen schleifenden Front nach Osten verlagerten, intensive Niederschlagsmengen mit Hochwasserabflüssen in den südlichen Donauzuflüssen und am Oberrhein. Die nach diesen Ereignissen quasi wassergesättigten Böden waren nicht mehr in der Lage, die zu Beginn der dritten Monatsdekade südlich der Donau auftretenden Starkniederschläge aufzunehmen. Diese wurden durch das Niederschlagsband eines mehrkernigen Tiefs hervorgerufen, das mehr als einen Tag lang (20. bis 22. Mai) über dem Südosten Deutschlands ortsfest



Überschwemmungen durch das Pfingsthochwasser im Mai 1999 in Neustadt an der Donau (Quelle: R. Pritsch, www.keh.net)

An den letzten Maitagen herrschte in Deutschland überwiegend Hochdruckeinfluss, der die erste sommerliche Witterungsperiode einleitete. In den subtropischen Luftmassen wurden einige Gewitter ausgelöst. Das hessische Gebiet im Süden der Wetterau wurde von Starkniederschlägen heimgesucht, die Überschwemmungen und Schlammfluten zur Folge hatten. Am 29./30. Mai traten im Rheinland starke Hagelschläge auf.

Juni

Eine Gewitterfront mit nachfolgender kühler Meeresluft, die Deutschland von Westen her überquerte, löste am 2. Juni Gewitterzellen aus, die das ganze Spektrum gewittertypischer Schäden vor allem im süddeutschen Raum verursachten: Hagelschläge, unter anderem südwestlich von Ludwigshafen, wo schwere Schäden an Wein-, Gemüse- und Obstkulturen entstanden, Starkniederschläge, die vielerorts Keller und Straßen überfluteten, Blitzeinschläge, die zu Funktionsausfällen technischer Systeme und zu Bränden führten. Die meisten Schäden entstanden durch orkanartige Böen, die Dächer abdeckten und tausende von Bäumen in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Südhessen und Bayern umwarfen. Dadurch wurden zahlreiche Straßen und Schienenwege blockiert. Die Schäden lagen im zweistelligen Millionenbereich. Auch im weiteren Verlauf der ersten Dekade kam es immer wieder zu Regenfällen, so dass sich die Hochwassersituation, die sich im Mai südlich der Donau eingestellt hatte, erst gegen Monatsmitte entspannte.

Mit Ausnahme kurzer Unterbrechungen wurde das Wetter in der zweiten Junidekade durch eine ostatlantische Hochdruckzone bestimmt, die sich bis nach Mitteleuropa ausdehnte. Erst gegen Monatsende wurde ein nordatlantisches Tiefdruckgebiet wetter-

wirksam, dessen Frontensysteme Deutschland in rascher Folge überquerten. Hierdurch kam es zu einem häufigen Wechsel grönländischer Polarluft, mäßig warmer Meeresluft und atlantischer Tropikluft, der verbreitet zu Regen führte.

Juli bis September

Zu Beginn des Juli lag Deutschland weiterhin im Einflussbereich atlantischer Tiefdruckgebiete. Im Zuge einer Kaltfrontpassage traten ab dem 5. Juli sehr heftige Gewitter mit Starkniederschlägen, Hagelschlag, Blitzeinschlägen und Sturmböen auf. Starke Verkehrsbehinderungen und Schäden in Millionenhöhe waren die Folge. Schwere Orkanshäden gab es im Raum Viersen am Niederrhein. In Süddeutschland kam es flächendeckend zu Hagelschlägen, und im Münsterland vernichtete Hagel mit Korngrößen bis zu 4 cm Teile der Ernte. Im mittleren Erzgebirgskreis entstanden ebenfalls schwere Schäden. Trotz zwischenzeitlichem Hochdruckeinfluss kam es auch zu Beginn der zweiten Julidekade zeitweise zu starken Gewittern mit sintflutartigen Niederschlägen, Hagel und Sturmböen, die Schäden im zweistelligen Millionenbereich, vor allem im Rhein-Main-Gebiet und in Süddeutschland, verursachten. Hagelschlag trat ebenfalls am 18./19. Juli flächendeckend in Deutschland auf.

Erst ab dem 23. Juli etablierten sich in Mitteleuropa Hochdruckgebiete, die die westliche Strömung über dem Ostatlantik vollständig blockierten und Deutschland bis zum 5. August eine trocken-warme Witterung bescherten. In der Nacht vom 9. auf den 10. August verursachten Gewitter in Süddeutschland große Schäden, vor allem in der Oberpfalz. Das Wetter im weiteren Verlauf des Monats August wurde überwiegend durch atlantische Tief-



Unwetterkatastrophe im Mittleren Erzgebirgskreis im Juli 1999 (Quelle: ddp)

drucksysteme bestimmt, deren Ausläufer Deutschland aus westlichen Richtungen überquerten. Lediglich zu Beginn der zweiten und der dritten Augustdekade konnte sich kurzzeitig Hochdruckeinfluss durchsetzen.

In der ersten Septemberhälfte kam es in Mitteleuropa zu lang anhaltendem Hochdruckeinfluss, wodurch warme Festlandsluft aus östlichen Richtungen nach Deutschland geführt wurde. Lediglich am 6./7. September verursachte kühle Meeresluft aus südwestlicher Richtung heftige Gewitter mit starken Niederschlägen, wobei zahlreiche Keller im Rheinland und im Ruhrgebiet unter Wasser gesetzt wurden. Ab Mitte September griffen nordatlantische Tiefdruckgebiete allmählich wieder auf Mitteleuropa über, deren Warmsektoren Deutschland häufig unter den Einfluss subtropischer Warmluft brachten.

Ebenso wie die Monate der ersten Jahreshälfte waren die Monate Juli, August und September im Vergleich zum vieljährigen

Mittel zu warm. Im Norden und Osten Deutschlands war der September gebietsweise sogar der bis dahin wärmste des 20. Jahrhunderts.

Oktober

Die erste Oktoberhälfte war allgemein durch wechselhaftes und zeitweise sehr windiges Wetter charakterisiert. Zu Monatsbeginn wurde das Bundesgebiet von den Frontensystemen eines umfangreichen Tiefs überquert, wobei an der Nordseeküste Sturmböen sowie auf Mittelgebirgs- und Alpengipfeln sogar Orkanböen auftraten. Anschließend entwickelte sich eine blockierende Antizyklone (Hochdruckgebiet) über Nordeuropa, so dass sich zur Monatsmitte die Großwetterlage umstellte und bis zum 21. Oktober kalte Luft arktischen Ursprungs aus Osten nach Deutschland geführt wurde.

Das letzte Monatsdrittel war wiederum durch den Einfluss nordatlantischer Tiefs gekennzeichnet, die sich zum Teil aus tropi-

schen Wirbelstürmen entwickelt hatten und größtenteils milde Luft nach Deutschland führten. Trotz der zuletzt milden Luftmassen war der Oktober im Vergleich zum vieljährigen Mittel überwiegend zu kalt.

November

Anfang November setzte sich zunächst das milde Westwindwetter des Vormonats mit einem erneuten Vorstoß feuchter Luftmassen subtropischen Ursprungs aus Südwesten fort. Ausgehend von einem Hoch über den britischen Inseln etablierte sich in Deutschland ab dem Beginn des zweiten Monatsdrittels vermehrt ruhiges Hochdruckwetter. Zur Monatsmitte gab es eine erste winterliche Kälteperiode, die durch arktische Meeresluft eingeleitet wurde und etwa eine Woche anhielt.

Die kühle Witterungsperiode wurde durch den Vorstoß milder und feuchter Meeresluft aus Westen und Nordwesten beendet.

Dies führte vom 22. bis 24. November insbesondere in den Staulagen der Mittelgebirge und der Alpen, aber vielerorts auch bis in die Niederungen, zu ergiebigem Schneefall mit der Folge von Verkehrsbehinderungen.

In den letzten fünf Tagen des Monats geriet Deutschland in eine südwestliche Strömung, wobei im Norden und Westen im Allgemeinen mildes und zum Teil sehr windiges Wetter herrschte, während im Süden kalte Festlandsluft unter Hochdruckeinfluss bis zum Monatsende erhalten blieb. Anschließend setzte sich auch hier deutlich mildere Festlandsluft durch.

Dezember

Der Dezember 1999 war durch ungewöhnlich heftige und zahlreiche Sturmereignisse gekennzeichnet. Zum 3. Dezember entwickelte sich aus einem flachen Wellentief westlich von Irland der kräftige Orkanwirbel **ANATOL** (↻ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **ANATOL**). Dieser zog rasch ostwärts und erreichte den Höhepunkt seiner Entwicklung in der Nacht vom 3. auf den 4. Dezember mit einem Kerndruck von 955 hPa über Südschweden. Die Windgeschwindigkeiten betrug dabei in Süd-Dänemark verbreitet außergewöhnliche 140 bis 180 km/h. In der Bundesrepublik waren besonders die nordfriesischen Inseln und die Küstenländer betroffen.

Die stürmischen westlichen bis südwestlichen Strömungen hielten bis etwa zur Monatsmitte an, wobei am 12. Dezember ein Sturm in Baden-Württemberg Schäden verursachte. Gegen Monatsmitte drang hinter einer Kaltfront arktische Meeresluft bis zu den Alpen vor. Dies führte verbreitet zu Niederschlägen, überwiegend als Schnee.



Die Kurpromenade von Westerland/Sylt nach dem Sturm ANATOL am 04.12.1999 (Quelle: Sylt-Picture)

Zu Beginn der dritten Monatsdekade setzte sich in Deutschland Zwischenhocheinfluss durch, der jedoch bereits zu den Weihnachtsfeiertagen durch übergreifende nordatlantische Tiefdruckgebiete abgelöst wurde. Der Luftdruckgegensatz und damit die Polarfront über dem Nordatlantik war in diesen Tagen extrem ausgeprägt, so dass die Wellentiefs, die in diese starke Strömung eingebettet waren, mit großer Geschwindigkeit vorankamen. Am 25. Dezember entwickelte sich aus einem flachen Wellentief der Orkan **LOTHAR** über dem Nordwestatlantik (→ siehe Die Entwicklung des Orkans **LOTHAR**). Dieser kleinräumige kompakte Wirbel, der aufgrund seiner hohen Verlagerungsgeschwindigkeit und seines geringen Kerndrucks von minimal ca. 960 hPa zu extrem hohen Orkanwindstärken führte, verursachte auf seinem Weg über die Bretagne, Nordfrankreich und Baden-Württemberg katastrophale Verwüstungen.

Die höchsten Windgeschwindigkeiten traten in Süddeutschland am 26. Dezember mit verbreitet 125 bis 160 km/h auf, und die maximale Spitzengeschwindigkeit von 259 km/h wurde auf dem Wendelstein registriert. Bereits am 27. Dezember entwickelte sich über dem Atlantik der nachfolgende Orkanwirbel **MARTIN**, der am 28. das europäische Festland erreichte. Dieser Unwetterwirbel, der ebenfalls mit sehr hohen Windgeschwindigkeiten assoziiert war, richtete erneut katastrophale Schäden an. Aufgrund der weiter südlich gelegenen Zugbahn waren Frankreich, Spanien, die Westschweiz und Italien, nicht aber Süddeutschland, betroffen. In den letzten Tagen des Monats beruhigte sich das stürmische Wetter unter Hochdruckeinfluss, wobei jedoch am Monatsende Tiefausläufer aus nordwestlicher Richtung wiederum nach Deutschland vordringen konnten.



*Der Orkan **LOTHAR** verursachte am 26.12.1999 extreme Forstschäden im Schwarzwald und brachte auch diese Lok zum Entgleisen (Quellen: ddp, dpa).*

2 Sturmdokumentation 1999

Die Entwicklung des Sturmtiefs LARA (4. bis 5. Februar 1999)

Am 3. Februar lag über Westeuropa ein starkes Hochdruckgebiet mit Zentrum über der Bretagne (→ siehe Bodenkarte vom 3. Februar). An seiner Nordost- und Ostseite gelangte milde Meeresluft nach Deutschland. Im Norden wehte ein frischer Westwind, der die Temperaturen im Laufe des Tages bis weit über 7 °C ansteigen ließ. Auch in Südbayern ging das Frostwetter zu Ende, hier stiegen aufgrund der schwachen Winde die Temperaturen jedoch meist nur auf Werte um 2 °C an. Über dem Nordatlantik hatte sich der Tiefdruckwirbel **LARA** gebildet, der sich aufgrund der starken Temperaturunterschiede zwischen subtropischer Meeresluft im Süden und subpolarer Meeresluft bei Island zu einem umfangreichen Orkantief entwickelte.

Am 4. Februar stand Deutschland unter dem Einfluss des Warmsektors von **LARA**. Das Hauptzentrum des Wirbels war in der Nacht vom 3. auf den 4. Februar wenig südlich von Island vorbeigezogen und hatte bis 10 Uhr MEZ bereits das Nordmeer vor der mittelnorwegischen Küste erreicht. Der Kerndruck des Orkans war auf fast 955 hPa abgesunken.

Das Zentrum von **LARA** wanderte rasch weiter und erreichte am 5. Februar Finnland (→ siehe Bodenkarte vom 5. Februar). Der starke Luftdruckgegensatz zwischen dem Tiefdruckgebiet, dessen Kerndruck in der Zwischenzeit auf weniger als 950 hPa abgesunken war, und dem Hochdruckgebiet über dem Atlantik sorgte für die lang anhaltenden, stürmischen, westlichen bis nordwestlichen Winde, die Hamburg die erste schwere Sturmflut in diesem Jahr bescherten. Vor allem im Norden und Nordosten Deutschlands traten Orkanböen mit Windgeschwindigkeiten bis 133 km/h (Kap Arkona auf Rügen) an der

Küste und 115 km/h im Landesinneren (Neubrandenburg) auf. Zahlreiche Bäume und Baugerüste stürzten um, vereinzelt mussten Straßen gesperrt werden, in der Nordsee sank ein dänischer Frachter. An der Nordseeküste wurde bereits im Verlauf des 4. Februar die Sturmflutwarnung ausgesprochen und die Katastrophenstäbe in Bereitschaft versetzt. Für den folgenden Tag wurde am Pegel St. Pauli in Hamburg ein um 3,50 Meter höherer Hochwasserstand vorhergesagt. Tieferliegende Hafenteile werden dann bereits überflutet und müssen gesperrt werden. In der Nacht vom 4. zum 5. Februar waren etwa 500 Polizisten, Feuerwehrleute und Mitarbeiter von THW und Deichwacht im Einsatz. Glücklicherweise war die Sturmflut an der Nordseeküste nicht so schwer wie erwartet, die angerichteten Schäden hielten sich in Schleswig-Holstein und Hamburg in Grenzen. Bereits am 6. Februar konnte die Sturmflutwarnung aufgehoben werden.

Zusammen mit den stürmischen Winden brachte die Kaltfront des Sturmtiefs **LARA** ab dem 5. Februar hochreichende kalte Meeresluft nach Deutschland, die verbreitet für Regen, Schnee- und Graupelschauer sorgte, vielfach verbunden mit kurzen Gewittern. Bevorzugt im Norden und Osten Deutschlands traten Hagelschauer auf, in Celle wurden z. B. Hagelkörner mit einem Durchmesser von 1 cm aufgefangen. In Süddeutschland kam es infolge der Schneefälle zu Massenkarambolagen auf den Autobahnen, auf der A8 und A9 steckten zeitweise 6 000 Autos in schneefallbedingten Staus.

Nachdem sich **LARA** über Deutschland ausgetobt hatte, wanderte das Sturmtief unter Abschwächung weiter nach Russland. Am 6. Februar traten nur noch vereinzelt Sturm böen auf, die im Laufe des Tages nachließen.

Bodenkarte

Sturmtief LARA

03.02.1999

1 Uhr MEZ

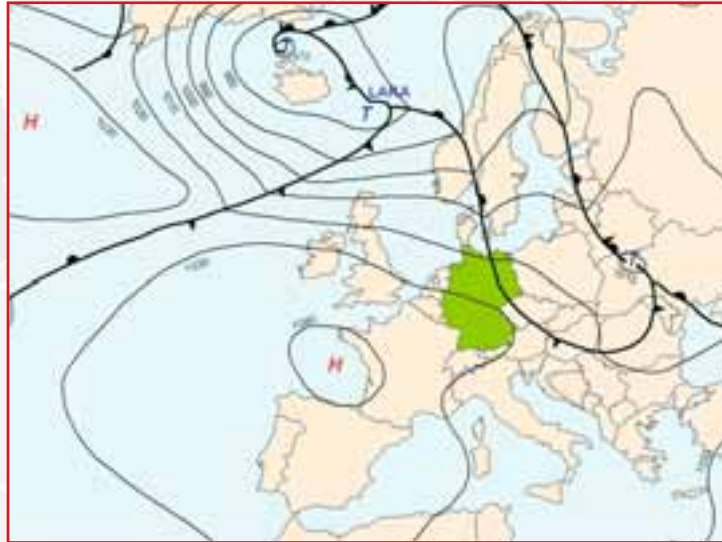


Bodenkarte

Sturmtief LARA

04.02.1999

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief LARA

05.02.1999

1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld Sturmtief LARA 04.-05.02.1999



Die Entwicklung des Orkans ANATOL (3. bis 4. Dezember 1999)

Am letzten Novembertag und am darauf folgenden ersten Dezembertag 1999 fegten die Sturmböen des Wirbels ZUBIN über den Norden Deutschlands, ohne jedoch große Schäden anzurichten. Das ihm folgende Tief **ANATOL**, das sich innerhalb kürzester Zeit über dem östlichen Nordatlantik entwickelte und am Vormittag des 3. Dezembers auf Deutschland übergriff, bezog seine Energie aus dem Temperaturkontrast der Luftmassen, die an seinen Fronten aufeinandertrafen: Subpolarer Meeresluft auf der nördlichen, kalten Seite des Frontverlaufs stand milde Meeresluft subtropischer Herkunft auf der südlichen Seite gegenüber. Dieser Temperaturunterschied gab die Energie für eine Zirkulation mit stürmischen Winden. Der Kerndruck des Tiefs – ein Maß für die Stärke des sich entwickelnden Sturmes – betrug als das Zentrum nördlich von Irland lag noch 995 hPa (→ siehe Karte vom 3. Dezember; Satellitenbild vom 3. Dezember, 1 Uhr MEZ), sechs Stunden später über Schottland nur noch bei 980 hPa und wiederum sechs Stunden später war der Kerndruck über der zentralen Nordsee schon auf ca. 960 hPa abgefallen. Dieser steile Kerndruckabfall um 20 hPa in sechs Stunden und die korrespondierende Ausbildung eines Windfeldes in Orkanstärke stehen mit dem Übergang des Tiefs zu einem Stadium im Zusammenhang, bei dem die Kaltfront die Warmfront bereits eingeholt hat – Druckfall und intensiverte Sturmwinde begleiten einen solchen Übergang typischerweise. Das Satellitenbild vom 3. Dezember, 13 Uhr MEZ, zeigt das sich spiralartig eindrehende breite Wolkenband des Tiefs, das ein charakteristisches Kennzeichen dieses Stadiums ist. Zur Heftigkeit des entstehenden Sturmes trug u. a. bei, dass die noch relativ warmen Meeresoberflächen des östlichen Nordatlantiks und der Nordsee (9 bis 10 °C) den Temperaturkontrast der Luftmassen unterstützten, der das Windfeld antrieb. Das Monatsmittel der Oberflä-

chentemperatur in der Nordsee lag für November 1999 stellenweise sogar um fast 2 °C über dem langjährigen Novembermittel. Die schnellste Böe im DWD-Messnetz wurde am Freitagabend mit 51 m/s (= 184 km/h) in List/Sylt registriert, also an der nördlichsten Stelle Deutschlands, die auch die größte relative Nähe zur Kernzugbahn von **ANATOL** aufwies (→ siehe Satellitenbild vom 3. Dezember, 19 Uhr MEZ). Eine solche Böenspitze hat auf Sylt eine Wiederkehrperiode von 100 Jahren.

Die Orkanböen **ANATOLS** richteten vor allem im Norden Deutschlands, in Schleswig-Holstein, Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern starke Schäden an. Für das ganze nördliche Europa wurde eine Gesamtsumme an versicherten Schäden von 2,25 Mrd. € ermittelt, wobei mit 2 Mrd. € der überwiegende Teil auf das besonders stark betroffene Dänemark entfiel (MÜNCHENER RÜCK 2001). An der Nordseeküste lief eine schwere Sturmflut auf, die in Hamburg einen Pegelhöchststand von 5,95 m ü. NN bewirkte (1962: 5,70 m ü. NN, 1976: 6,45 m ü. NN, Februar 1999: 5,70 m ü. NN). Glücklicherweise kamen die Orkanböen **ANATOLS** aus südwestlichen Richtungen, so dass der bei Sturmrichtung aus Nordwest gefürchtete Windstau in der Elbe, der noch höhere Wasserstände hervorgerufen hätte, nicht eintrat. Zwei Frachter gerieten vor Sylt in Seenot und bedrohten mit ihrer Schwerölladung die Küste, ein dritter lief bei Stade auf Grund; Fährverbindungen in Nord- und Ostsee (z. B. Puttgarden – Roedby Havn) sowie Bahnverbindungen waren unterbrochen, windexponierte Brücken des Straßenverkehrs sowie Flughäfen wurden gesperrt. Die Inseln vor der deutschen Nordseeküste, insbesondere Sylt und Amrum, mussten erhebliche Dünenabbrüche hinnehmen. Im nördlichen Nordseeküstengebiet knickten vielfach vor Häusern stehende Nadelbäume um und schlugen auf die Dachfirste, die dabei zerbrachen.

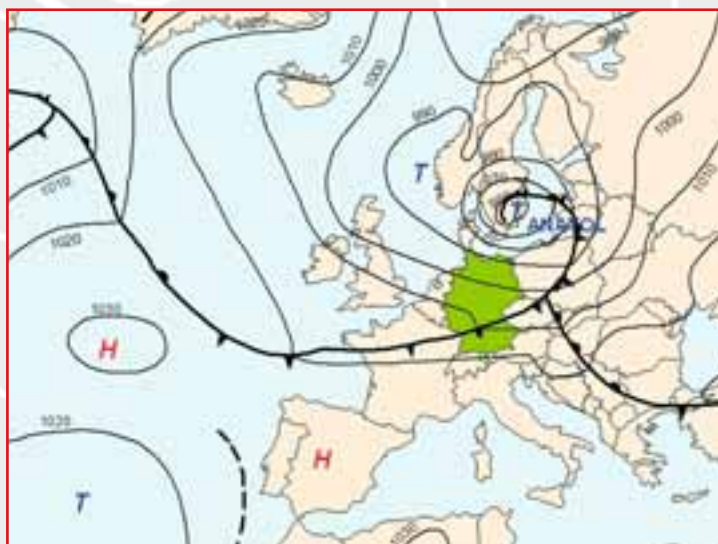
Bodenkarte

Orkan ANATOL
03.12.1999
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Orkan ANATOL
04.12.1999
1 Uhr MEZ



Die meisten Sturmschäden erlitten Flachdächer und Ziegeldächer, Schieferdächer hielten besser stand. Auf dem Festland war am stärksten der Kreis Schleswig-Flensburg betroffen. In Niedersachsen, das glimpflich davonkam, war es der Regierungsbezirk Lüneburg und in Mecklenburg-Vorpommern wurden erhebliche Schäden aus der Gegend östlich von Schwerin gemeldet. Neben zahlreichen Bäumen, die Häuser und Autos beschädigten und sogar Menschenleben und Verletzte forderten, warf der Sturm auch Leitungsmasten der Elektrizitätsversorger um. Nahe Schwerin waren in der Nacht zum 4. Dezember 48 000 Haushalte wegen 45

abgeknickter Strommasten ohne elektrische Energie. Ähnlich bedingte Stromausfälle gab es auch in Schleswig-Holstein.

Insgesamt wüteten die Orkanböen **ANATOLS** in England, Dänemark, Norddeutschland, Südschweden (wo ein Kernkraftwerk abgeschaltet werden musste), Polen und den baltischen Staaten, wobei 17 Menschen ihr Leben verloren und viele verletzt wurden. Das wechselnde, durch die Passage ständig neuer, aus Westen nach Mitteleuropa vordringender Tiefdruckwirbel bestimmte Wetter in der ersten Dezemberhälfte führte am Sonntag, den 12. Dezember, zu einer

Satellitenbild vom
03.12.1999, 1 Uhr MEZ
mit Kern von ANATOL
(rotes Dreieck)



Satellitenbild vom
03.12.1999, 7 Uhr MEZ
mit Kern von ANATOL
(rotes Dreieck)
und vorangegangener
Position (rosa Dreieck)



Satellitenbild vom
03.12.1999, 13 Uhr MEZ
mit Kern von ANATOL
(rotes Dreieck)
und vorangegangenen
Positionen (rosa Dreiecke)



Satellitenbild vom
03.12.1999, 19 Uhr MEZ
mit Kern von ANATOL
(rotes Dreieck)
und vorangegangenen
Positionen (rosa Dreiecke)



Satellitenbild vom
04.12.1999, 1 Uhr MEZ
mit Kern von ANATOL
(rotes Dreieck)
und vorangegangenen
Positionen (rosa Dreiecke)



(Datenbasis:
Dundee Satellite
Receiving Station)

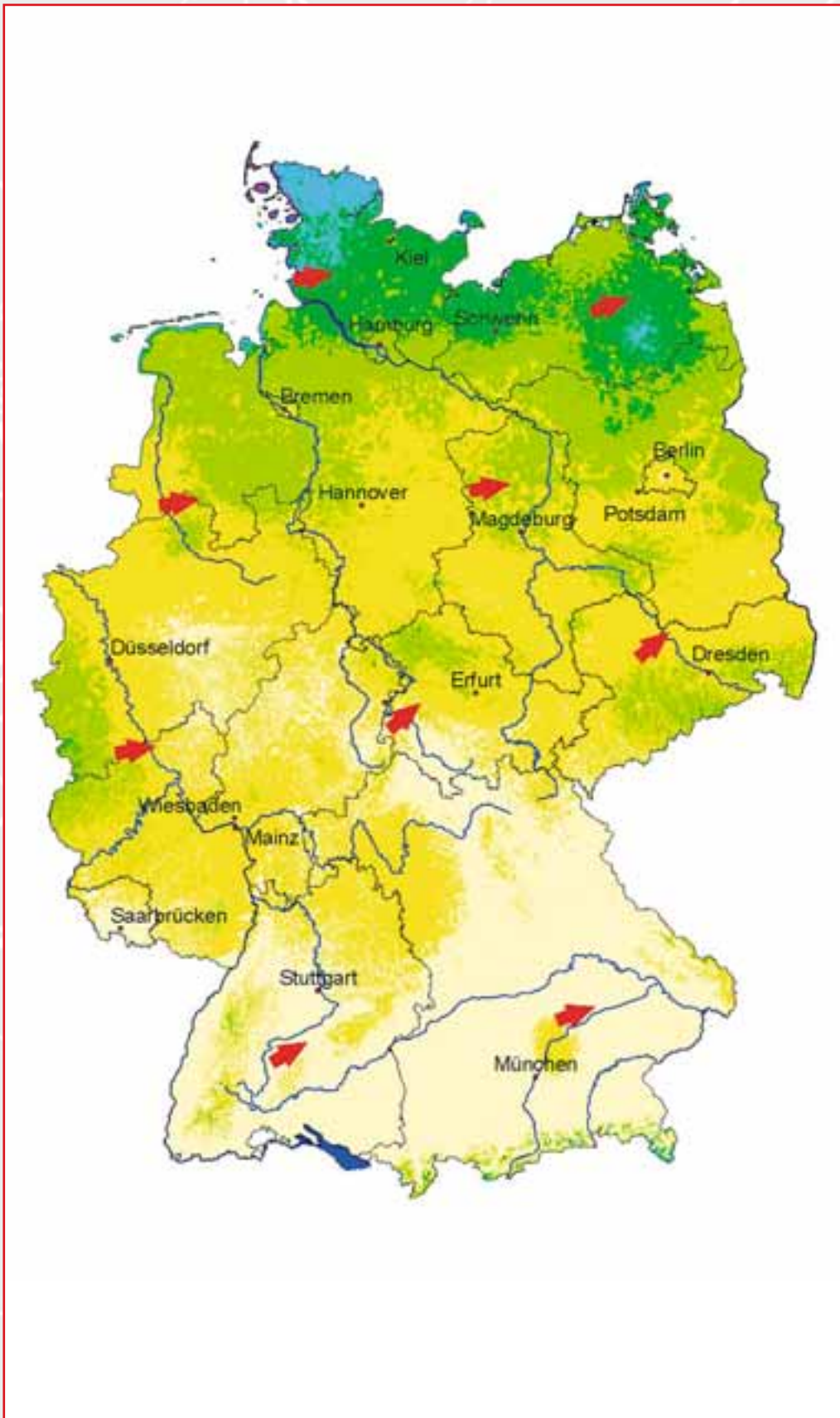
weiteren erwähnenswerten Sturmwe-
terlage. Ab der Mittagszeit strich die Kaltfront
eines Wellentiefs von Südwesten kommend
über Deutschland, die zu dem Tiefdruck-
system FRANZ gehörte. Die Frontpassage
war mit einem Sturmfeld verbunden, das
seine Energie aus dem Temperaturkontrast
zwischen der vorderseitig eingeflossenen
subtropisch-milden Luftmasse (Freiburg i.
Br.: 14,1 °C, Doberlug-Kirchhain: 13,0 °C)
und der kalten, subpolaren Meeresluft
hinter der Front bezog. Dieses Sturmfeld
war für das Zerschellen des Tankers „Erika“
mit mehr als 30 000 t Heizöl an Bord in
schwerer See vor der bretonischen Küste
mitverantwortlich. Im weiteren Verlauf der

Sturmpassage war vor allem die Schweiz
durch starke Böen betroffen (allein für den
Kanton Bern wurden nach ersten Angaben
6 Mio. € an versicherten Schäden erwartet).
In Süddeutschland war vor allem der
Großraum Freiburg i. Br. durch umgeknickte
Bäume und Strommasten (Stromausfälle),
abgedeckte Dächer und sturmbedingte
Verkehrsunfälle betroffen. Größere Sach-
schäden wurden auch aus dem Raum
Neuburg/Donau und aus Südhessen ge-
meldet. Auf einigen Weihnachtsmärkten im
Südwesten Deutschlands bestand Gefahr
durch umgestürzte bzw. vom Umsturz
bedrohte Weihnachtsbäume oder Verkaufsbu-
den.

Maximalböenfeld

Orkan ANATOL

03.-04.12.1999



Die Entwicklung des Orkans **LOTHAR** (26. Dezember 1999)

Während der Weihnachtstage 1999 war die Wetterlage über dem Nordatlantik dadurch gekennzeichnet, dass ein aus mehreren Wirbeln bestehender, sehr stark ausgeprägter Tiefdruckbereich im Raum Island/Nordmeer polare Meeresluft über den zentralen Nordatlantik nach Süden und Südosten lenkte. Auf diese kalte Luftmasse strömte aus der entgegengesetzten Richtung warme (sub-) tropische Luft zu, die an der Westflanke des ebenfalls stark ausgeprägten Hochs im südlichen Nordatlantik (Azorenhoch) nach Norden und Nordosten transportiert wurde. Die Polarfront, die den Grenzbereich zwischen den aufeinander zuströmenden Luftmassen markiert und von West nach Ost über den Nordatlantik zieht, war in dieser Situation extrem stark ausgeprägt. Dies äußerte sich unter anderem in einer hohen Geschwindigkeit der aus Westen kommenden Höhenströmung entlang der Polarfront (180 km/h am 26. Dezember, 1 Uhr MEZ, in 5,5 km Höhe über Brest/Bretagne). Mit dieser Höhenströmung bewegten sich längs der Polarfront Wellentiefs – quasi girlandenförmig hintereinander aufgereiht – auf Europa zu und kamen dabei entsprechend schnell voran. Die Orkanwindstärken eines dieser Wellentiefs, **LOTHAR** (↻ siehe Bodenkarte vom 26. Dezember, 1 Uhr MEZ), sowie des ihm nachfolgenden Wellentiefs **MARTIN** (↻ siehe Bodenkarte vom 27. Dezember, 1 Uhr MEZ) resultierten zum großen Teil aus dieser ungewöhnlich hohen Verlagerungsgeschwindigkeit der Wirbel. Eine andere Voraussetzung war das hohe Druckgefälle aufgrund des niedrigen Kerndrucks von **LOTHAR**, dessen tiefster Wert mit nahe 960 hPa bei der Position des Tiefkerns über der Seine-Mündung am 26. Dezember gegen 7 Uhr MEZ erreicht war. Durch die Überlagerung der gegen den Uhrzeigersinn um den Tiefkern herumlaufenden Sturmwinde mit der ostwärts gerichteten Verlagerungsgeschwindigkeit entwickelte sich

ein für Sturmzyklone charakteristisches asymmetrisches Orkanwindfeld. Aufgrund der sehr hohen Verlagerungsgeschwindigkeit **LOTHARs**, die im Tagesverlauf des 26. Dezember bis zum Erreichen der Position über der Mitte Deutschlands noch deutlich über 100 km/h lag, war diese Asymmetrie ganz besonders deutlich ausgeprägt: Südlich der Zugbahn **LOTHARs** stellte sich ein extrem starkes Orkanwindfeld ein, während nördlich davon kaum starke Winde registriert wurden (↻ siehe Karte des Maximalböenfeldes). Auf seinem weiteren Weg über den Südosten Deutschlands hinweg nach Tschechien schwächte sich der Sturm ab, was sich auch an dem stetig steigenden Kerndruck und der stark abnehmenden mittleren Verlagerungsgeschwindigkeit zeigte.

Aufgrund der rasanten Verlagerung kam es bei dem Weg des Orkanfeldes längs eines Korridors um die Mittelachse Brest – Paris – Nancy – Straßburg – Stuttgart – Passau zu Böenspitzen, die im Landesinneren ohne Präzedenz sind (Paris: 169 km/h; Orly: 173 km/h; Colmar: 165 km/h; Karlsruhe: 151 km/h; Stuttgart: 144 km/h; Stötten: 176 km/h). Dabei sind extreme Werte einzelner Bergstationen noch nicht berücksichtigt (Jungfraujoch: 204 km/h; Uetliberg/Zürich: 241 km/h; Säntis: 230 km/h; Feldberg/Schwarzwald: >212 km/h; Zugspitze: 198 km/h; Wendelstein: 259 km/h).

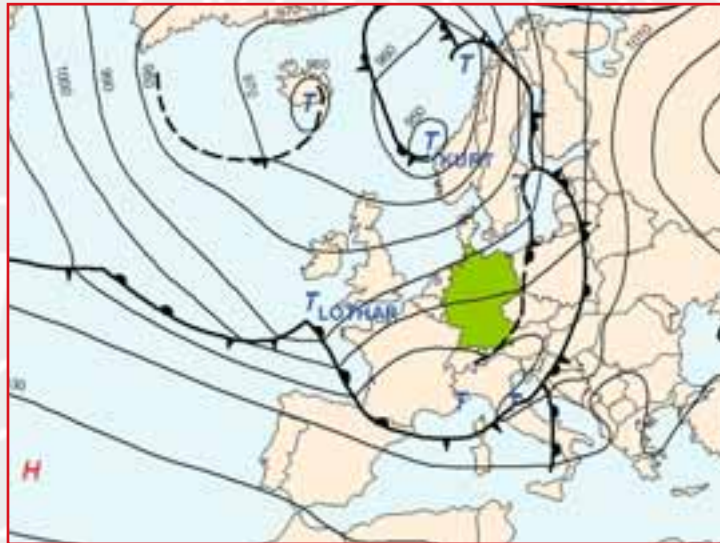
Das bereits erwähnte, dem Orkan **LOTHAR** nachfolgende Sturmtief **MARTIN** nahm am 27. und 28. Dezember einen südlicheren Kurs über Europa als **LOTHAR**, da sich der großräumige Bereich tiefen Luftdrucks über dem Nordmeer, an dessen Südflanke **MARTIN** mitgeführt wurde, inzwischen noch weiter südwärts verlagert hatte. So wurden Nordspanien, der Süden Frankreichs, die Westschweiz und – bereits in abgeschwächter Form – Italien, nicht jedoch Süddeutschland von diesem zweiten Orkanwindfeld in Folge erreicht.

Bodenkarte

Orkan **LOTHAR**

26.12.1999

1 Uhr MEZ

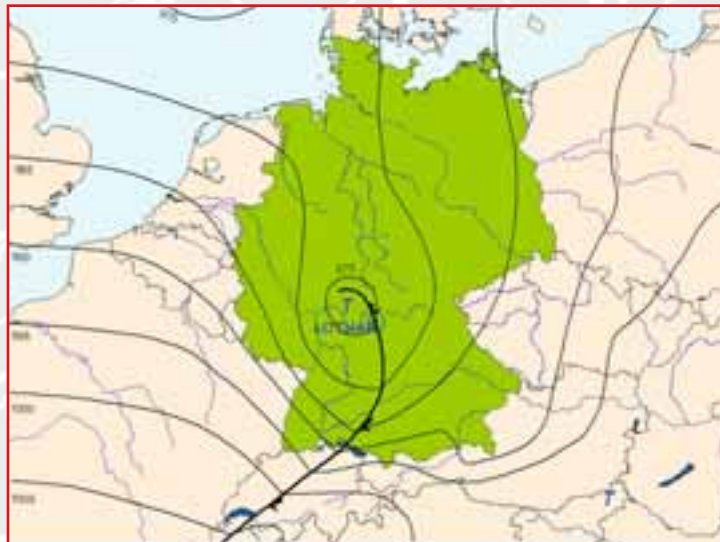


Bodenkarte

Orkan **LOTHAR**

26.12.1999

13 Uhr MEZ

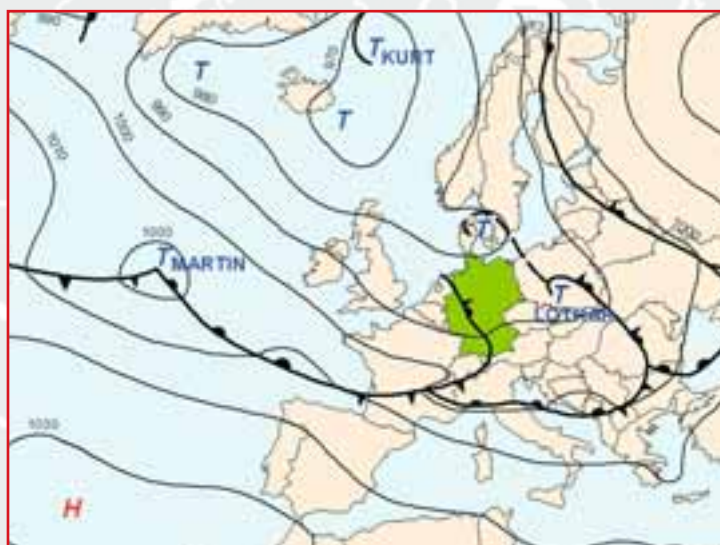


Bodenkarte

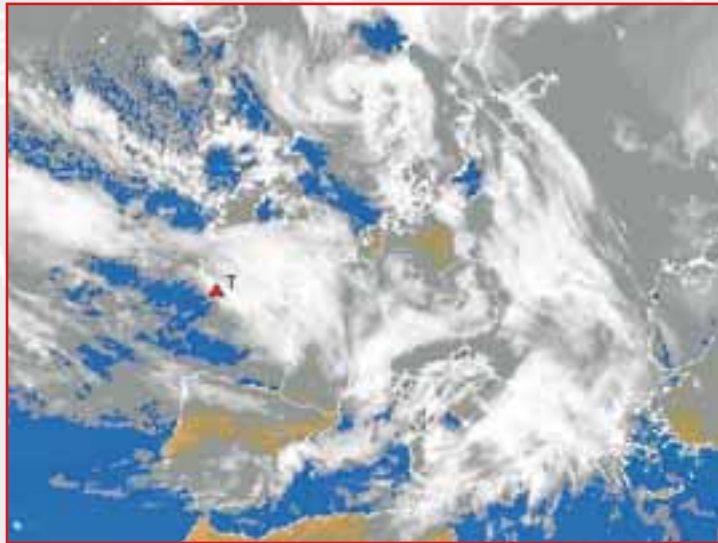
Orkan **LOTHAR**

27.12.1999

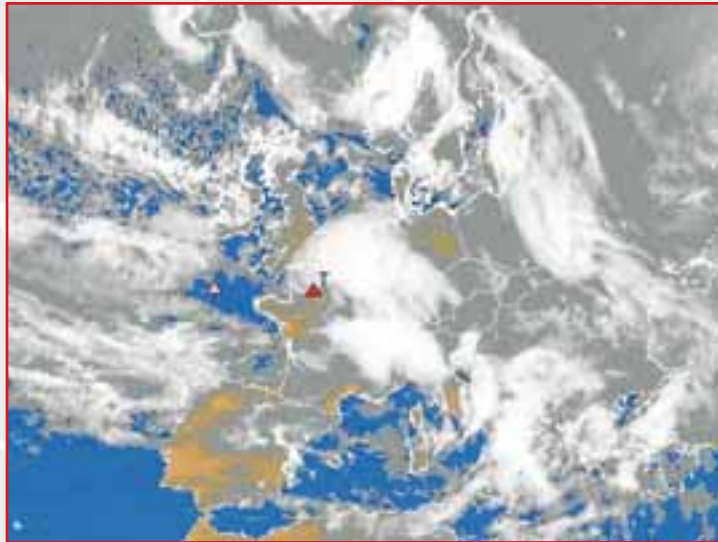
1 Uhr MEZ



Satellitenbild vom
26.12.1999, 1 Uhr MEZ
mit Kern von LOTHAR
(rotes Dreieck)



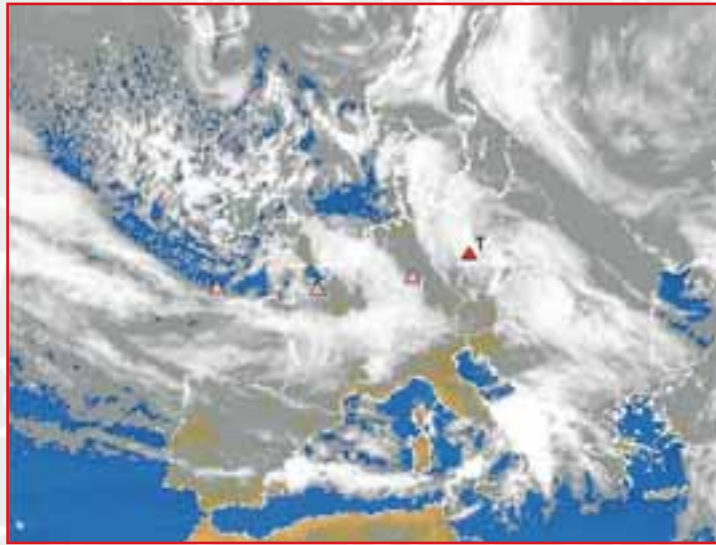
Satellitenbild vom
26.12.1999, 7 Uhr MEZ
mit Kern von LOTHAR
(rotes Dreieck)
und vorangegangener
Position (rosa Dreieck)



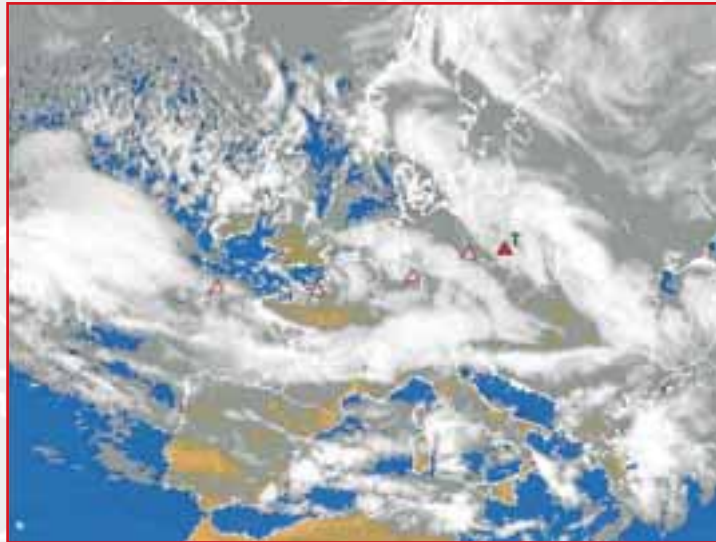
Satellitenbild vom
26.12.1999, 13 Uhr MEZ
mit Kern von LOTHAR
(rotes Dreieck)
und vorangegangenen
Positionen (rosa Dreiecke)



Satellitenbild vom
26.12.1999, 19 Uhr MEZ
mit Kern von LOTHAR
(rotes Dreieck)
und vorangegangenen
Positionen (rosa Dreiecke)



Satellitenbild vom
27.12.1999, 1 Uhr MEZ
mit Kern von LOTHAR
(rotes Dreieck)
und vorangegangenen
Positionen (rosa Dreiecke)



(Datenbasis:
Dundee Satellite
Receiving Station)

Längs der Zugbahn der Orkane **LOTHAR** und **MARTIN** fand sich das typische Spektrum starkwindbedingter Schäden an Wäldern, Gebäuden bzw. Dächern und Kaminen, Freileitungen der Elektrizitäts- und Telefonunternehmen, im Straßen- und Bahnverkehr aufgrund umgeworfener Bäume, im Flugbetrieb (Ausfälle und Verzögerungen) sowie an Leib und Leben vor allem aufgrund umstürzender Bäume, umherfliegender Äste und Gegenstände. Durch **LOTHAR** kamen in Frankreich mindestens 35 Menschen ums Leben, in Deutschland starben 17 und in der Schweiz 14 Menschen; Hunderte wurden zum Teil schwer verletzt.

Der europaweit entstandene volkswirtschaftliche Gesamtschaden der beiden Weihnachtsstürme **LOTHAR** und **MARTIN** betrug etwa 15,5 Mrd. €. Die davon versicherten Schäden beliefen sich insgesamt auf 8,4 Mrd. €, wovon etwa 5,9 Mrd. € auf den Orkan **LOTHAR** entfielen. Zum Vergleich: Bei der Sturmserie des Jahres 1990 betrug der versicherte Schaden ca. 8,5 Mrd. €. Mit etwa 4,5 Mrd. € (**LOTHAR**) und 2,5 Mrd. € (**MARTIN**) hatte die französische Assekuranz den Hauptteil der versicherten Schäden zu tragen. In der Schweiz beliefen sich die versicherten Schäden auf rund 800 Mio. €. In den deutschen Schadensschwerpunktgebieten in Baden-Württemberg (vor allem die Großräume Karlsruhe/Baden-Baden und Stuttgart/Reutlingen) und in Bayern (vor allem der Großraum Mittel- und Nordschwaben) entstanden versicherte Schäden an Gebäuden, Hausrat und Fahrzeugen in Höhe von ca. 650 Mio. € (MÜNCHENER RÜCK 2001). Im Bereich der Deutschen Bahn wurden Verwüstungen auf über 100 Eisenbahnstrecken angerichtet.

Zu den gravierendsten und großflächigsten Folgen des Orkans gehörten die Waldschäden. In Frankreich entstanden 138 Mio. m³ Sturmholz (das ca. dreifache eines regulären Jahreseinschlags), in der Schweiz 12,7 Mio.

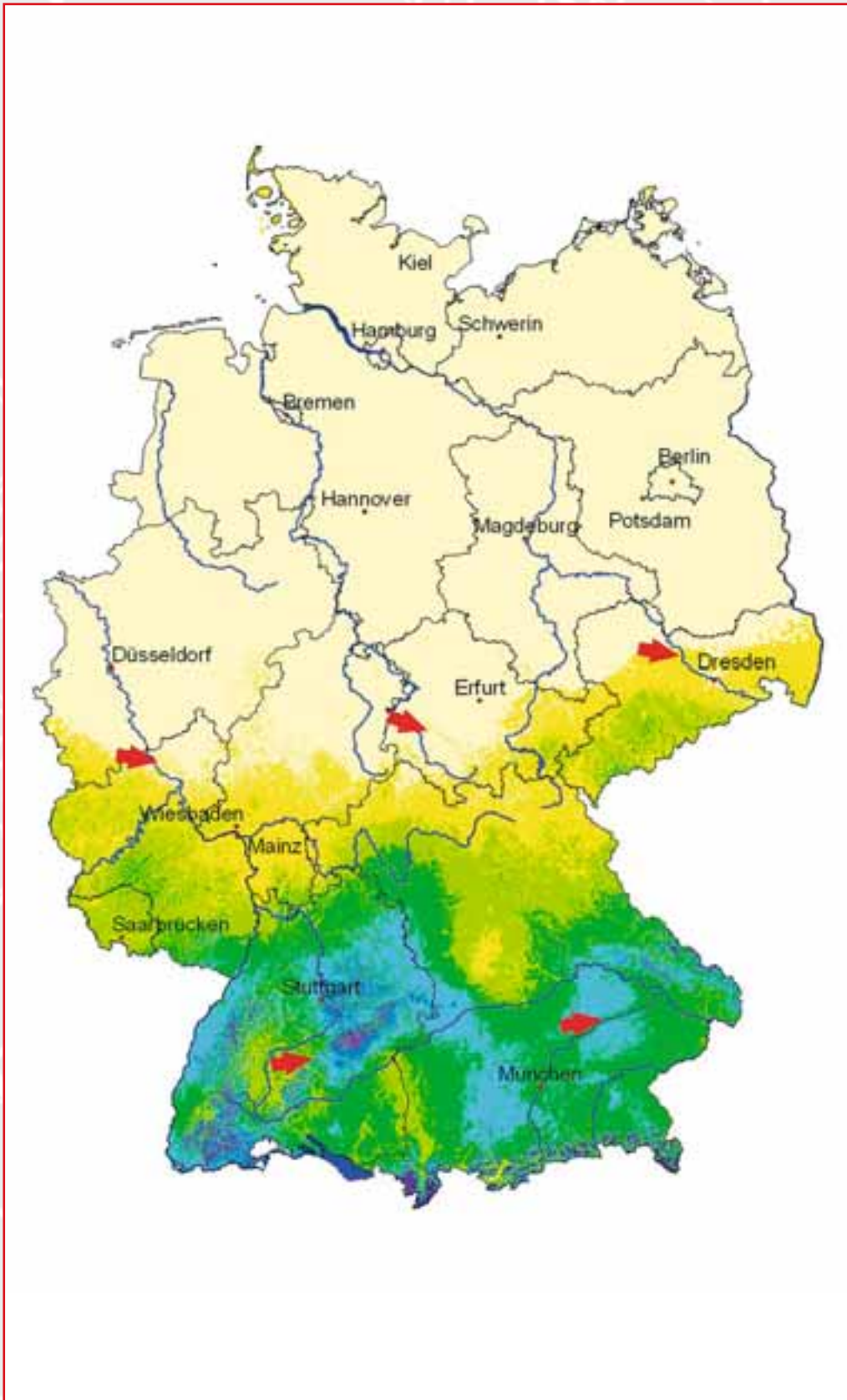
m³ (das 2,5fache eines regulären Jahreseinschlags und mehr als das zweifache der Sturmholzmenge bei **VIVIAN/WIEBKE** 1990). In Baden-Württemberg fielen durch **LOTHAR** 29 Mio. m³ Sturmholz und eine forstwirtschaftliche Gesamtschadenssumme von ca. 750 Mio. € an, wobei einzelne der durch Windwurf entstandenen Kahlfelder eine zusammenhängende Ausdehnung von über 100 ha – das sind mehr als 100 Fußballfelder – aufwiesen. (STMLF 2000; MÜNCHENER RÜCK 2001). Auf einer Gesamtfläche von 30 000 bis 40 000 ha Wald knickte der Sturm Bäume um. Gegenüber den 14,8 Mio. m³ Sturmholz, die 1990 durch **VIVIAN/WIEBKE** produziert wurden, stellte die durch **LOTHAR** in Baden-Württemberg verursachte Schadholzmenge eine Steigerung auf etwa das Zweifache dar, was dem Dreifachen eines regulären Jahreseinschlags entspricht. Viele bäuerliche Privatwaldbesitzer im Hauptschadensgebiet des nördlichen und mittleren Schwarzwaldes waren nach dem Orkan in ihrer Existenz bedroht. In Bayern entstanden schwere Waldschäden vor allem im Norden und in der Mitte des Regierungsbezirkes Schwaben. Hier produzierte der Sturm ca. 4,3 Mio. m³ Schadholz. Dies entspricht einem Siebtel der Schadholzmenge des Jahres 1990 und etwa einem Drittel des regulären Jahreseinschlags (STMLF 2000).

Weitere Folgen **LOTHARs** waren Hochwasserwellen, die sich aufgrund der assoziierten Niederschläge in den Flüssen im nördlichen Rheinland-Pfalz sowie in Mittelfranken entwickelten, aber keine größeren Schäden hervorriefen. In den Alpen erhöhte sich die Lawinengefahr erheblich aufgrund von Schneeuumlagerungen; langfristig birgt die stattgefundenen Zerstörung hochgelegener Lawinenschutzwälder für Verkehrswege und Siedlungen große Gefahren.

Maximalböenfeld

Orkan LOTHAR

26.12.1999



Witterungsrückblick und Sturmdokumentation des Jahres 2000

2000

1 Witterungsrückblick 2000

Das Jahr 2000 im Überblick

Ende Januar richteten die beiden Sturmtiefs **KERSTIN** und **LIANE** in Norddeutschland einige Schäden an, die aber – verglichen mit denen von ANATOL aus dem Vorjahr – gering ausfielen. Deutlich höher waren die sturmbedingten Schäden, die am 28. Mai vor allem in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen durch die Passage des Sturmtiefs **GINGER** verursacht wurden. Anfang Juli war ein Gewitter in Rheinland-Pfalz, Hessen, Bayern und dem Saarland für Schäden im zweistelligen Millionenbereich verantwortlich. In den letzten beiden Oktobertagen wurde Deutschland vom Sturmtief **ORATIA** am Rande gestreift, wobei typische Sturmschäden im Westen der Bundesrepublik auftraten.

Mit einer mittleren Jahrestemperatur von 9,9 °C, die um 1,6 °C über jener der Referenzperiode von 1961 bis 1990 lag, war das Jahr 2000 das bis dahin wärmste Jahr seit Beginn der flächendeckenden Messungen in Deutschland im Jahr 1901. Abgesehen vom Monat Juli traten ganzjährig in den meisten Regionen positive Temperaturabweichungen auf. Das bis dahin wärmste Jahr 1994 wurde noch um 0,2 °C übertroffen. Die mittlere Niederschlagsmenge lag mit ca. 821 l/m² nur leicht über dem langjährigen Mittelwert.

Im Jahr 2000 lag die über die gesamte Erdoberfläche gemittelte Durchschnittstemperatur um ca. 0,3 °C über dem Durchschnitt der Klimavergleichsperiode 1961 bis 1990. Damit setzt sich 2000 die seit Beginn der achtziger Jahre bestehende

Reihe der Jahre mit einer überdurchschnittlich hohen globalen Mitteltemperatur fort. Das von den Vereinten Nationen berufene Forschungsgremium des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) nimmt in seiner Erklärung vom Januar 2001 die anthropogene Verursachung dieser Temperaturentwicklung direkt ins Visier: „...most of the observed warming over the last 50 years is likely to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations“ (KERR 2001). Der Klimawandel brachte für Deutschland im 20. Jahrhundert insgesamt eine Erwärmung von im Mittel 0,8 °C mit sich, regional sogar bis 1,2 °C.

Januar

Nach den heftigen Orkanen ANATOL, LOTHAR und MARTIN hatte sich das stürmische Dezemberwetter erst in den letzten Tagen des Jahres 1999 beruhigt, und der Süden Deutschlands gelangte Anfang Januar zunehmend unter Hochdruckeinfluss. Den nördlichen Teil dagegen überquerten etliche Tiefausläufer in östlicher bis nordöstlicher Richtung, die abwechselnd kalte und warme Luftmassen heranführten. Hierdurch kam es vor allem ab Mitte Januar zu Regen- bzw. Schnee- und Graupelschauern. Ungewöhnlich waren einige Wintergewitter in Sachsen und Sachsen-Anhalt, die Teile der Magdeburger Börde mit Hagel bedeckten. In der letzten Januarwoche stellte sich in Mitteleuropa eine stürmische westliche Strömung ein, die vom 29. bis 31. Januar gleich zwei direkt aufeinander folgende Sturmtiefs bescherte. Sowohl **KERSTIN** als auch **LIANE** betrafen hauptsächlich Dänemark und Norddeutschland (→ siehe Die

Entwicklung der Sturmtiefs **KERSTIN** und **LIANE**. In Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern erreichte **KERSTIN** Orkanstärke mit Spitzenböen von bis zu 140 km/h. Die maximalen Windgeschwindigkeiten von **LIANE** waren mit bis zu 120 km/h etwas geringer. Die Schäden beider Stürme waren – verglichen mit denen von ANATOL (3./4. Dezember 1999) – deutlich geringer, was auf die weiter nördlich gelegene Zugbahn und die geringere Verlagerungsgeschwindigkeit zurückzuführen ist.



Durch den Sturm KERSTIN am 30.01.2000 beschädigte Strandtreppe auf Sylt (Quelle: Sylt-Picture)

Februar

Die stürmische westliche Strömung, die abwechselnd kalte und warme Luftmassen heranführte, blieb auch im Februar zunächst erhalten. Vor allem am Schwarzwald und entlang der Alpen kam es durch Staueffekte zu Starkniederschlägen. Vereinzelt traten Gewitter mit Hagelkörnern bis zu 1 cm Durchmesser auf. Erst Mitte des Monats erreichte für wenige Tage teilweise arktische Meeresluft Deutschland, deren Niederschläge gebietsweise auch in tieferen Lagen zu einer geschlossenen Schneedecke führ-

ten. Die kalte Meeresluft wurde schnell wieder von milden Luftmassen verdrängt, die vor allem im Westen für vorfrühlingshaftes Wetter sorgten. Ende Februar führte der erneute Einbruch milder Meeresluft zu neuen Temperaturrekorden: In Coburg und in Bad Kissingen wurden die bisherigen Höchstwerte der dritten Februardekade um 1,1 bzw. 0,4 °C übertroffen. Ein breites Niederschlagsfeld brachte gleichzeitig kräftige Niederschläge in ganz Deutschland mit einem Rekordniederschlag für den 29. Februar in Karlsruhe.

März

Die wechselhafte und windige Witterung setzte sich im März fort. Zahlreiche atlantische Tiefs überquerten Deutschland von West nach Ost und führten abwechselnd warme und kalte Luftmassen mit sich. Vor allem bis zum 18. März brachten mehrere dieser Tiefdruckgebiete verbreitet Regen. Im Stau der Mittelgebirge und der Alpen fielen gebietsweise beachtliche Starkniederschläge, die z. B. auf der Zugspitze die Schneedecke vom 16. bis zum 19. März von 3,6 auf 5,6 Meter ansteigen ließen. Die starken Schneefälle in den Alpen zogen zahlreiche Lawinen nach sich. In Sachsen und Thüringen führten die starken Niederschläge vereinzelt zu Überschwemmungen. In beiden Bundesländern fiel mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Niederschlagsmenge dieses Monats.

April

Anfang April stand Mitteleuropa unter dem Einfluss eines Tiefs über der Biskaya, das zunächst subtropische Luftmassen heranführte. In Deutschland waren zwei sonnige Frühlingstage mit Temperaturen von 18 bis 19 °C am Oberrhein die Folge. Das Tiefdrucksystem überquerte anschließend Mitteleu-

ropa und führte zu einem Vorstoß arktischer Kaltluft, mit dem ein deutliches Absinken der Temperaturen verbunden war. Auch nachdem sich das Tiefdrucksystem aufgelöst hatte, blieb die stetige Kaltluftzufuhr bis zum Ende der ersten Dekade bestehen. Bereits am 10. April zeigte sich ein zwischen Grönland und Island liegender Tiefdruckwirbel, der in den folgenden Tagen das Wetter in Deutschland bestimmen sollte. Durch die südwärts gerichtete Verlagerung des Tiefs gelangte warme Atlantikluft und ab dem 15. April wiederholte subtr opische Luft nach Mitteleuropa.

Ab dem 20. April wurde das Wetter in Deutschland überwiegend durch über der Ostsee liegende Hochdruckgebiete bestimmt. Diese brachten ebenfalls warme, subtropische Festlandsluft aus südlicher bis südöstlicher Richtung nach Deutschland. Entsprechend wurden am 21. April in Regensburg, Potsdam, Cottbus und Freiburg i. Br. die ersten Sommertage mit Temperaturen knapp über 25 °C registriert. In Potsdam trat am 23. April mit 30 °C der erste heiße Tag auf. Der April setzte damit die seit Jahresbeginn bestehende Serie zu warmer Monate fort, die alle Durchschnittstemperaturen von 1 bis 4 °C über dem langjährigen Mittel aufwiesen.

Mai

Das erste Drittel des Monats war durch eine ausgedehnte Hochdruckzone vom Ostatlantik bis nach Russland gekennzeichnet, die überwiegend warme Festlandsluft nach Deutschland brachte. Eingelagerte Störungen sorgten gebietsweise für rasche Luftmassenwechsel und führten zu heftigen Gewittern und Starkniederschlägen. So bescherten am 1. Mai mehrere Unwetter in Hessen und Thüringen Überschwemmungen von Straßen und Kellern. Das anschließend von der Nordsee bis zu den Alpen wetterwirk-

same Hochdruckgebiet führte an zwölf Stationen im norddeutschen Flachland zu neuen Temperaturrekorden der zweiten Maidekade.

Der Zustrom warmer Luftmassen wurde erst ab dem 22. Mai unterbrochen. Ein schmales Band starken Temperaturkontrastes hatte sich vom Nordatlantik bis nach Mitteleuropa ausgebildet. Diese so genannte Frontalzone ist so stark ausgeprägt, sonst nur im Winterhalbjahr zu beobachten. Die Folge war, dass mehrere Tiefdruckwirbel das Gebiet der Bundesrepublik bis zum Ende des Monats überquerten. Von ihnen erreichte das Sturmtief **GINGER** an der Küste Hollands Orkanstärke (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **GINGER**). Auch im Westen Deutschlands traten schwere Sturmböen mit Windgeschwindigkeiten bis zu 100 km/h auf. Am stärksten waren Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen von **GINGER** betroffen.

Juni

Anfang Juni hatte sich die im Mai recht weit südlich verlaufende Frontalzone nach Norden verschoben. Atlantische Tiefdrucksysteme wurden über die Britischen Inseln nach Skandinavien gelenkt und streiften Deutschland nur noch im Küstenbereich. Sie brachten für den Norden Deutschlands kalte Luft polaren Ursprungs, während der Süden unter Warmlufteinfluss stand. Vor allem an der Luftmassengrenze kam es zu Starkniederschlägen und am 5. Juni in Rheinland-Pfalz, Hessen und Thüringen zu heftigen Gewittern. Bis Mitte des Monats führten die häufigen Luftmassenwechsel von warmer Festlandsluft und kühler Meeresluft der vorbeiziehenden Störungen zu weiteren zum Teil beachtlichen Gewittern und Starkniederschlägen: Am 11. Juni wurden in Leipzig tennistennisballgroße Hagelkörner beobachtet. In Bayern und Baden-Württemberg kam es in der Nacht zum 14. Juni nach heftigen Gewittern und Starkniederschlägen zu Überschwemmungen.

Ab dem 16. Juni stand Deutschland unter dem Einfluss eines ausgedehnten Hochdruckgebietes. Die einströmende subtropische Festlandsluft bescherte am 19. und 20. Juni an vielen Stationen neue Rekordmarken mit Tagesmaxima der Temperatur von 34 bis 37 °C. Mit einem nach Skandinavien ziehenden Tiefdruckgebiet wurde die Witterung in Mitteleuropa in der letzten Juniwoche von kühler Meeresluft arktischen Ursprungs bestimmt.

Juli bis September

Im Juli waren anhaltende West- und Nordwestlagen wetterbestimmend, so dass dieser Monat im Gegensatz zu den Vormonaten im Vergleich zum langjährigen Mittel überwiegend zu kühl und zu regenreich ausfiel. Lediglich zu Monatsbeginn wurden sehr warme Luftmassen in den Süden und die Mitte Deutschlands geführt. Im Westen und Süden der Bundesrepublik kam es vom 1. bis 4. Juli zu starker Gewitteraktivität mit entsprechenden Schäden durch Orkanböen, Starkniederschläge und Blitzeinschläge.



PKW in Flensburg während eines Starkregens am 21.07.2000 (Quelle: ddp)

Besonders betroffen waren das Saarland und Rheinland-Pfalz, wo Schäden im zweistelligen Millionenbereich verursacht wurden. Ab der zweiten Dekade wurde die Witterung durch sehr kühle Meeresluft

bestimmt, die aus westlicher Richtung nach Deutschland geführt wurde.

Die Witterung in der ersten Augustdekade wurde durch den mehrfachen Wechsel unterschiedlich temperierter Luftmassen aus Richtung Westen bestimmt. Zwei zeitlich kurz aufeinander folgende Tiefdruckgebiete verursachten zu Monatsbeginn ergiebige Niederschläge im Alpenraum. Dies führte insbesondere in den Einzugsgebieten von Isar, Iller, Inn und nachfolgend am ostbayerischen Abschnitt der Donau zu Hochwasser. Die durch Überflutungen hervorgerufenen Schäden an Verkehrswegen und Gebäuden beliefen sich insgesamt auf mehrere Millionen Euro.

Zu Beginn der zweiten Augustdekade verstärkte sich der Einfluss eines Hochs und führte zu trockenerem und deutlich wärmerem Wetter. Die jedoch nach dem 15. August aus Norden einströmende kühlere Meeresluft verursachte im Übergangsbereich zu den oben genannten warmen Luftmassen über Süddeutschland heftige Gewitter mit Orkanböen und Hagelschlag. In der letzten Monatsdekade herrschte überwiegend Hochdruckeinfluss, der mehrfach durch kurze Tiefdruckphasen unterbrochen wurde.

In den ersten Tagen des Septembers war abermals eine verstärkte Gewitteraktivität zu verzeichnen. Im selben Zeitraum traten zwei kleine Tornados auf, die das Gebiet Schotten/Vogelsberg bzw. Wittenberg/Sachsen-Anhalt betrafen. Ab der zweiten Septemberwoche bildete sich eine überwiegend westliche Strömung aus, wodurch Tiefdruckgebiete vom Atlantik rasch nach Deutschland gelangten. Zur Monatsmitte gewann ein Hochdruckgebiet über Skandinavien und dem Norden Russlands an Einfluss, so dass insbesondere ab dem 19. September kontinentale Polarluft in den Norden und Osten Deutschlands strömte, während der südliche Teil der Bundes-

republik bis zum 2. weit erhin von Tiefdruckgebieten in West-Ost-Richtung überquert wurde. Ab dem 23. September stellte sich in Deutschland der Altweibersommer ein, der mit kleinen Unterbrechungen durch zyklonale Störungen im Wesentlichen bis zum Monatsende anhielt.



Donaubrücke in der Nähe von Kelheim am 08.08.2000 (Quelle: ddp)

Im Gegensatz zu den Monaten der ersten Jahreshälfte, die positive Temperaturabweichungen von bis zu 4 °C aufwiesen, und den Monaten August und September, die überwiegend um 1 bis 2 °C zu warm waren, fiel der Juli im Vergleich zum langjährigen Mittel zu kühl aus. Obwohl der Juli extrem sonnenscheinarm war, übertraf die Anzahl der Sommertage und der heißen Tage (Maximaltemperatur > 25 °C bzw. > 30 °C) im Sommerhalbjahr 2000 (April bis September) den vieljährigen Durchschnittswert deutlich.

Oktober

In der ersten Dekade des Oktobers hatte sich über Mitteleuropa eine Hochdruckbrücke zwischen dem Ostatlantik und Russland ausgebildet, die jedoch häufig durch die Ausläufer eines Tiefdrucksystems über Nordeuropa unterbrochen wurde. Ab

dem 10. Oktober entwickelte sich über den Britischen Inseln ein umfangreiches Sturmtief, dessen Randstörungen Deutschland in rascher Folge überquerten und hier am 10./11. Oktober den ersten Herbststurm verursachten, der jedoch nur mit geringen Schäden einherging.

Zur Monatsmitte lag Deutschland am Rand eines stationären osteuropäischen Hochdruckgebietes, und es bildete sich eine südliche Strömung aus, mit der warme Mittelmeerluft nach Deutschland geführt wurde. Die Folge waren spätsommerliche Temperaturen in Deutschland, die in Föhngebieten Bayerns teilweise Werte von 25 °C überschritten. Mit der südwärts gerichteten Verlagerung des osteuropäischen Hochs wurde die atlantische Frontalzone ab dem 24. Oktober wetterbestimmend, und es bildete sich über Mitteleuropa eine teils stürmische westliche Strömung aus. Durch die Verschärfung der Frontalzone wurde eine Serie von Orkanwirbeln eingeleitet, die ab dem 27. Oktober sowohl stürmische Winde als auch Starkniederschläge hervorriefen. Vor allem der Tiefdruckwirbel **ORATIA** (☞ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **ORATIA**) führte an der Küste der Bundesrepublik zum Teil zu orkanartigen Böen mit Geschwindigkeiten um 120 km/h. Dieser Orkan, bestehend aus den Wellen **ORATIA I** und **II**, der sich am 29. Oktober über dem Atlantik entwickelte, verlagerte sich sehr rasch über die Britischen Inseln hinweg in Richtung Nordosten und erreichte am 30. über der westlichen Nordsee einen minimalen Kerndruck von 945 hPa. Da Deutschland von **ORATIA** nur am Rande gestreift wurde, hielten sich die Schäden in Grenzen. Weitaus stärker waren Frankreich, die Beneluxstaaten und die Britischen Inseln betroffen. In England wurden durch die sehr starken Niederschläge großflächige Überschwemmungen ausgelöst.



Sturmtief ORATIA brachte am 30.10.2000 die Gondeln der EXPO-Seilbahn in Hannover zum Pendeln (Quelle: ddp).

November

Die überwiegend westliche, zum Teil stürmische Strömung der letzten Oktobertage setzte sich Anfang November in abgeschwächter Form fort. Zeitweise bildete sich eine südliche Strömung aus, die feucht-warme Luftmassen nach Südwestdeutschland führte und auf der Alpennordseite Föhn verursachte. Ab dem 6. November wurde das Wettergeschehen in Deutschland durch Tiefdruckgebiete über den Britischen Inseln bestimmt, und es wurde überwiegend erwärmt. Die maritime Polarluft aus südlicher Richtung her angeführt. In der Monatsmitte überquerten die Ausläufer einzelner Tiefs Deutschland von Südwest nach Nordost, und es wechselten entsprechend der Frontpassagen Luftmassen tropischen und polaren Ursprungs. Der wetterbestimmende Einfluss atlantischer Tiefdrucksysteme überwog auch in der letzten Novemberdekade. Ab dem 29. November bildete sich jedoch ein Hochdruck-

keil aus, der sich von Afrika bis nach Mitteleuropa erstreckte. Hier durchströmte warme Tropikluft nach Südwestdeutschland, so dass der insgesamt vergleichsweise milde November auch mit deutlich über dem langjährigen Durchschnitt liegenden Temperaturen endete.

Dezember

Wie im ausgehenden November herrschte auch in der ersten Dezemberdekade eine milde Südwestwetterlage. In Süd- und Westdeutschland wurden hierbei mehrfach Temperaturwerte von mehr als 15 °C erreicht. Ab dem 10. Dezember etablierte sich eine westliche Strömung, in der atlantische Tiefausläufer in rascher Folge Deutschland überquerten. Der auffrischende Wind erreichte zeitweise Sturm- bis Orkanstärke, so z. B. am 10./11. und am 13./14. Dezember.

Ab dem 18. Dezember weitete sich ein Hochdruckgebiet ausgehend von Nordeuropa nach Süden und Westen aus und verstärkte sich. An der Südostflanke wurde kontinentale Polarluft nach Deutschland geführt, und es stellte sich allgemein winterliches Wetter ein. Durch die fortschreitende Verlagerung des Hochdruckgebietes in Richtung Südosten konnten Tiefausläufer aus Skandinavien auf Deutschland übergreifen und führten ab Heiligabend zu Schneefall im Norden und Osten der Bundesrepublik. Am 27. Dezember kam es zu einem Warmluftvorstoß aus südwestlicher Richtung, der aber zum Jahresende durch den erneuten Zustrom arktischer Luftmassen beendet wurde.

Insgesamt gesehen lag die Temperatur im Dezember wie auch in den Monaten Oktober und November in weiten Teilen Deutschlands um 2 bis 3 °C über dem langjährigen Durchschnitt.

2 Sturmdokumentation 2000

Die Entwicklung der Sturmtiefs KERSTIN und LIANE (29. bis 31. Januar 2000)

In der letzten Januarwoche lag Mitteleuropa im Bereich einer ausgeprägten Westströmung. Diese Situation bescherte gleich zwei direkt aufeinander folgende Sturmtiefs, die hauptsächlich Norddeutschland und Dänemark betrafen.

Das erste Sturmtief – **KERSTIN** – entstand am 27./28. Januar über Südgrönland. Von dort wanderte es unter stetiger Verringerung seines Kerndruckes nach Osten und hatte in der Nacht zum 29. Januar Island erreicht. Der Kerndruck betrug zu diesem Zeitpunkt weniger als 945 hPa (☞ siehe Bodenkarte vom 29. Januar), und über Norddeutschland herrschte bereits starker Südwestwind. Mit den starken Winden brachte **KERSTIN** warme subtropische Luftmassen nach Osten, die über die kalte Polarluft gehoben wurden und im Verlauf des 29. Januar an fast allen Stationen in Deutschland zu kräftigen Niederschlägen (in den höheren Lagen als Schnee) führten. Mit der weiteren Ostwärtsverlagerung des Tiefs (☞ siehe Bodenkarte vom 30. Januar) kam es in den frühen Stunden des 30. Januar zu einer deutlichen Windverschärfung bis zu Orkanstärke in Böen (> 117 km/h). In Schleswig-Holstein wurden an der Küste Spitzenböen von 110 bis 140 km/h erreicht und in Mecklenburg-Vorpommern traten ebenfalls hohe Windgeschwindigkeiten von bis zu 130 km/h auf. Verglichen mit dem Orkanereignis ANATOL vom 3. Dezember 1999 wirkte sich **KERSTIN** im Norden Deutschlands deutlich schwächer aus, was auf die weiter nördlich gelegene Zugbahn und die geringere Verlagerungsgeschwindigkeit zurückzuführen ist.

Bereits am 29. Januar zeigte sich über dem Ostatlantik das zweite Sturmtief **LIANE**. Im Gegensatz zu **KERSTIN** zeichnete sich **LIANE** durch eine sehr rasche Verlagerung nach Osten und eine südlichere Zugbahn aus. Im Verlauf des 31. Januar erreichte **LIANE** die norwegische Westküste, der Kerndruck war bis dahin auf etwa 975 hPa abgefallen. Erneut erfassten schwere Sturmböen Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern. In Schleswig-Holstein wurden an der Küste Böengeschwindigkeiten von etwa 100 km/h erreicht, in Mecklenburg-Vorpommern sogar bis 120 km/h. Die gemessenen Spitzengeschwindigkeiten waren somit etwas geringer als bei **KERSTIN**.

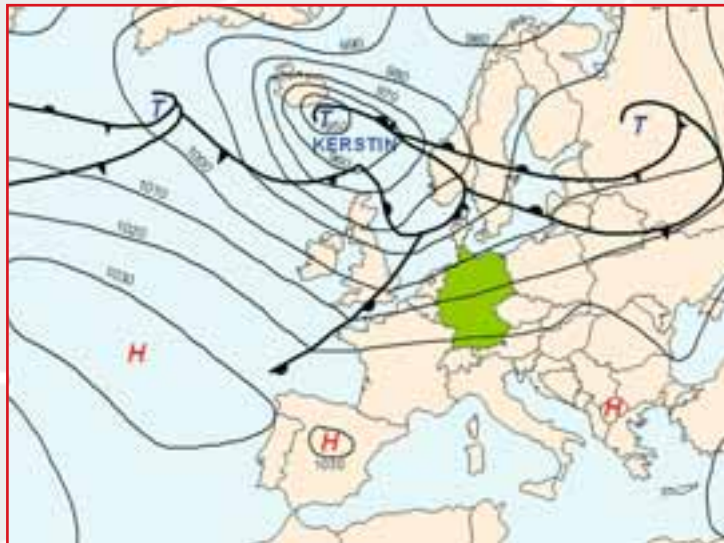
Die Orkanböen von **KERSTIN** und **LIANE** betrafen vor allem den Norden Deutschlands und Dänemark. An der Westküste Dänemarks und Schleswig-Holsteins führte der lang anhaltende West- bzw. Westnordwestwind zu einer Sturmflut, bei der vor allem in Dänemark stellenweise Deiche beschädigt wurden. In Hamburg blieb der Sturmflutwasserstand hinter den Befürchtungen zurück, lediglich der Fischmarkt musste am 30. Januar ausfallen, da das Gelände unter Wasser stand. Vielfach wurden Straßen wegen umgestürzter Bäume gesperrt, beim Bahnverkehr kam es zu Verspätungen aufgrund von Oberleitungsschäden, und der Fährverkehr zwischen den Nordfriesischen Inseln musste zeitweise eingestellt werden. Am stärksten litt die Nordseeinsel Sylt unter **KERSTIN**: An fast allen Stränden der Westküste gab es starke Ausräumungen bis an die Vordünen heran. Während sich der Sand durch Aufspülungen wieder ersetzen lässt, sind die Abbrüche vom Kliff zwischen Wenningstedt und Kampen unwiderrbringlich verloren.

Bodenkarte

KERSTIN und LIANE

29.01.2000

1 Uhr MEZ

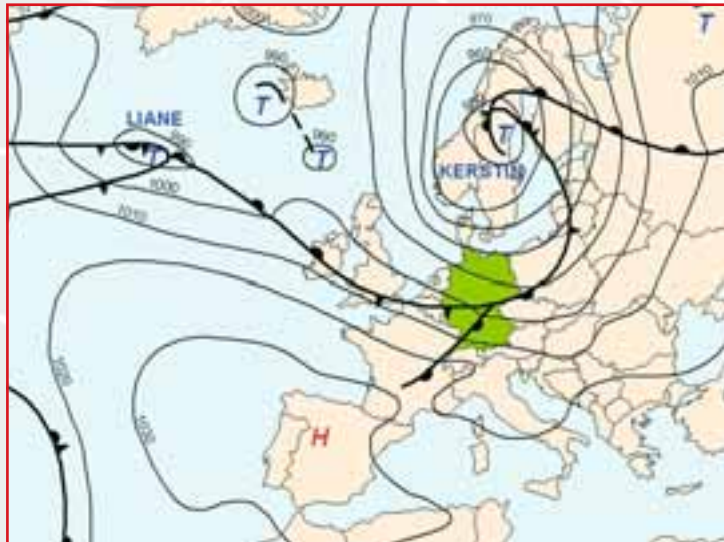


Bodenkarte

KERSTIN und LIANE

30.01.2000

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

KERSTIN und LIANE

31.01.2000

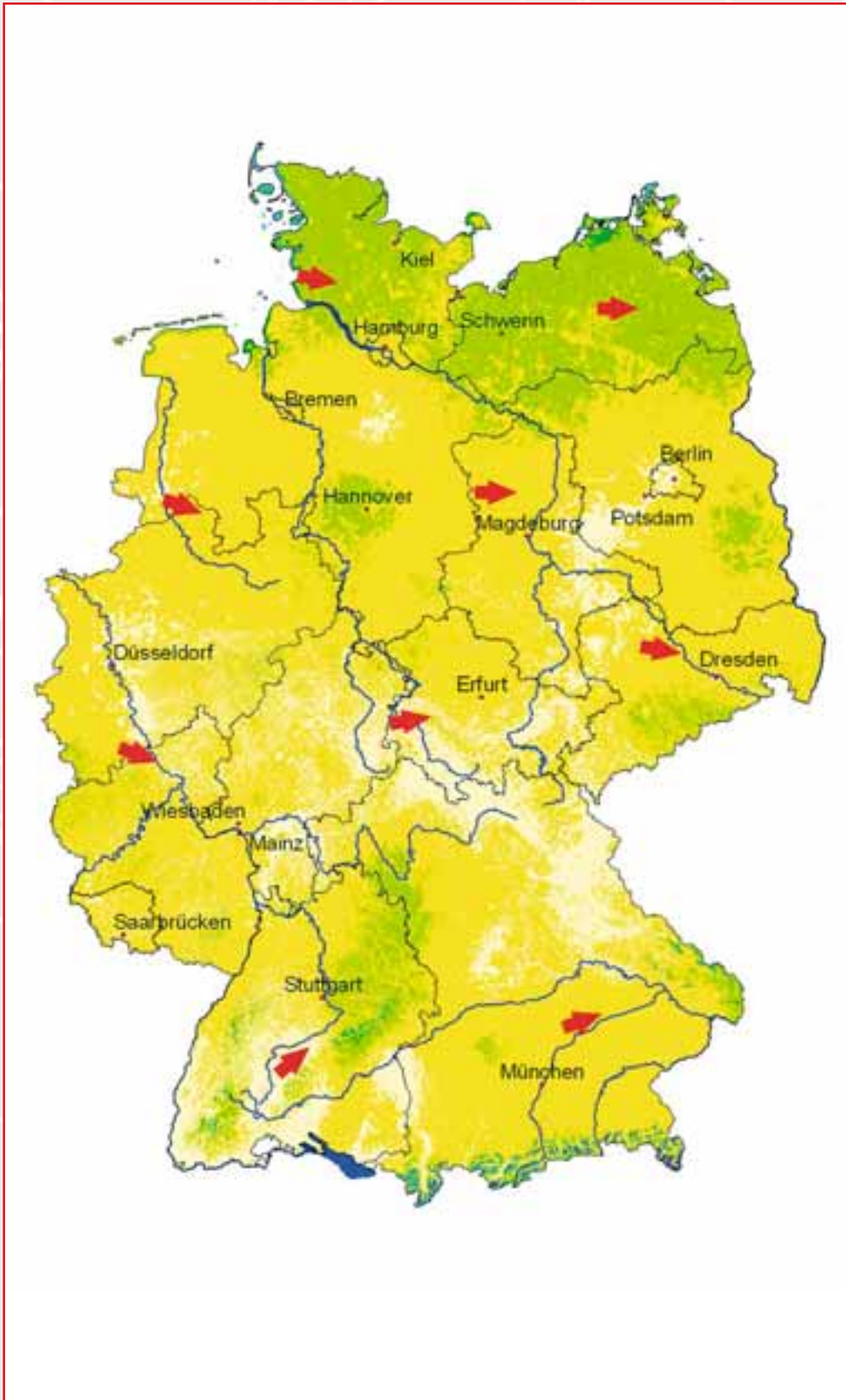
1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld

Sturmtiefs KERSTIN und LIANE

29.-31.01.2000



Die Entwicklung des Sturmtiefs GINGER (28. Mai 2000)

Das Sturmtief **GINGER** sorgte nicht allein aufgrund der großen Schäden für Wirbel, sondern auch wegen der ungewöhnlichen Jahreszeit seines Auftretens. Bereits Tage vorher hatte sich über dem atlantisch-west-europäischen Raum ein starker Temperaturgegensatz ausgebildet: An der östlichen Flanke einer vom Osten Kanadas bis nach Grönland ausge dehnten Hochdruckzone floss polare Kaltluft südwärts, an der Westflanke des Azorenhochs subtropische Warmluft nordostwärts. Das Zusammentreffen beider Luftmassen führte zur Ausbildung einer ausgeprägten Frontalzone, d. h. eines relativ schmalen Bandes mit starkem Temperaturkontrast, das über den Nordatlantik bis nach Mitteleuropa hineinreichte. Diese starke Ausprägung ist in der Regel nur im Winterhalbjahr zu beobachten. Entlang der Frontalzone bildeten sich über dem Nordatlantik mehrere Tiefdruckwirbel, die girlandenartig hintereinander aufgereiht von Westen nach Osten wanderten.

Bereits vom 25. bis 27. Mai zogen die Tiefdruckwirbel **DAGMAR** und **FARAH** über Deutschland hinweg und sorgten für zeitweilig stürmische Winde mit Spitzwindböen von bis zu 94 km/h, vor allem im Norden Deutschlands. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich der nächste Tiefdruckwirbel, **GINGER**, bereits über dem zentralen Nordatlantik entwickelt (→ siehe Bodenkarte vom 27. Mai). In den folgenden Stunden zog **GINGER** unter stetiger Verringerung des Kerndrucks Richtung Bretagne und hatte am Morgen des 28. Mai den Englischen Kanal erreicht. Der Kerndruck betrug zu diesem Zeitpunkt weniger als 995 hPa (→ siehe Bodenkarte vom 28. Mai). Im Verlauf des 28. Mai wurden vor allem in exponierten Küstengebieten Hollands Orkanböen von bis zu 124 km/h beobachtet, im Westen Deutschlands, vorwiegend in Nord-

rhein-Westfalen, traten schwere Sturmböen von bis zu 100 km/h auf (Düsseldorf: 100 km/h; Aachen: 90 km/h; Münster/Osnabrück: 90 km/h). An der Nordseeküste wurden mit der weiteren Verlagerung des Tiefs nach Nordosten, vor allem am 29. Mai, Windgeschwindigkeiten von bis zu 90 km/h gemessen.

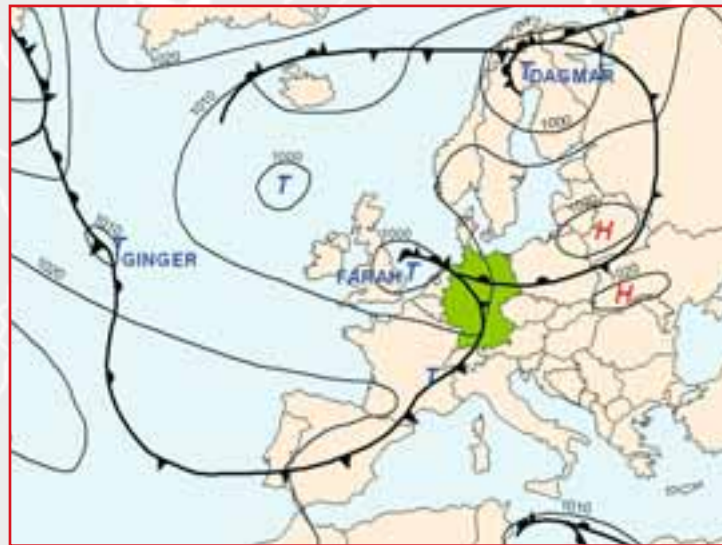
Am stärksten waren die Niederlande, Belgien und in Deutschland die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen von **GINGER** betroffen. Die schweren Sturmböen stürzten Plakatwände um und beschädigten zahlreiche Dächer, Bauzäune und Stromleitungen. In Hamburg entstand ein Schaden von rund 0,1 Mio. € an einer Zeltstadt, die für den dort stattfindenden Kirchentag aufgebaut worden war. Auf Norderney riss der Sturm sogar den Rotor einer Windkraftanlage ab. An der Nordseeküste musste der Fährverkehr zeitweise den Betrieb einstellen, insgesamt 96 Personen wurden aus Seenot gerettet. Die Besonderheit von **GINGER**, nämlich das Auftreten im Mai, stellte gleichzeitig das größte Problem dar: Die Bäume waren zu diesem Zeitpunkt bereits vollständig belaubt und der Windwiderstand infolgedessen sehr hoch. Nacheinander morsche Bäume kippten um, viele Äste wurden abgerissen, durch die Luft gewirbelt und verursachten ihrerseits Schäden. Vor allem beim Schienenverkehr kam es aus diesem Grunde zu starken Behinderungen.

Bodenkarte

Sturmtief GINGER

27.05.2000

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief GINGER

28.05.2000

1 Uhr MEZ

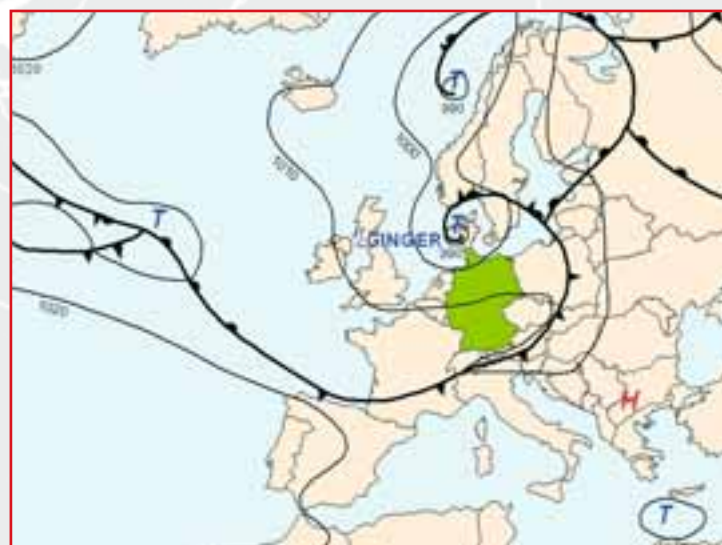


Bodenkarte

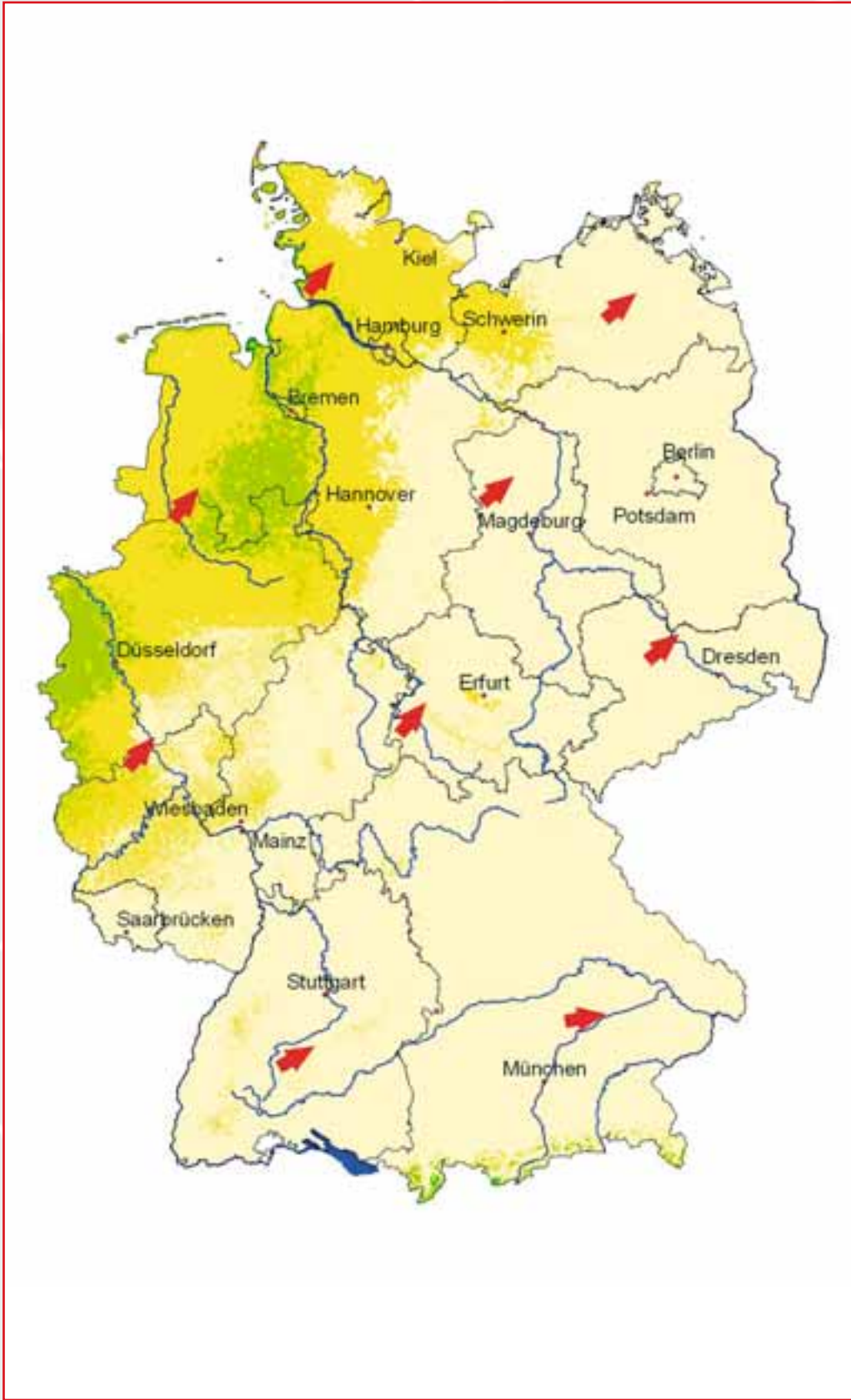
Sturmtief GINGER

29.05.2000

1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld | Sturmtief GINGER | 28.05.2000



Die Entwicklung des Sturmtiefs ORATIA (29. bis 31. Oktober 2000)

In der letzten Oktoberwoche stand Mitteleuropa unter dem Einfluss einer teils stürmischen westlichen Strömung, wie sie sich vor allem im Winterhalbjahr infolge der Verschärfung der Temperaturgegensätze zwischen der von Norden kommenden polaren Kaltluft und der aus Süden vom Azorenhoch herangeführten subtropischen Warmluft ausbildet. Entlang dieser Frontalzone bewegte sich ab dem 27. Oktober eine Serie von Orkanwirbeln von Westen nach Osten, die nicht nur stürmische Winde, sondern auch Starkniederschläge, vor allem auf den Britischen Inseln, hervorriefen.

Am 29. Oktober wurde Schottland von dem Orkanwirbel NICOLE überquert, der einigen Stationen auf den Britischen Inseln kräftige Niederschläge bescherte. Zu diesem Zeitpunkt entwickelte sich aber bereits das nachfolgende Tief **ORATIA** über dem Atlantik (☞ siehe Bodenkarte vom 29. Oktober). Dieses Tief, in der Bodenkarte vom 30. Oktober als **ORATIA I** bezeichnet, wanderte unter stetiger Vertiefung des Kerndrucks sehr rasch über die Nordsee nach Skandinavien und erzeugte dabei auf Sylt und Helgoland schwere Sturmböen von bis zu 100 km/h. Viel bemerkenswerter war jedoch die als **ORATIA II** bezeichnete nachfolgende Welle, die in der Bodenkarte vom 29. Oktober lediglich als namenlose Störung südöstlich von Neufundland zu sehen war. Innerhalb von nur 24 Stunden überquerte **ORATIA II** den gesamten Atlantik und erreichte die Südspitze von Irland (☞ siehe Bodenkarte vom 30. Oktober). Danach drehte der Wirbel unter rapider Vertiefung des Kerndrucks nach Nordosten ein, überquerte Nordengland und erreichte mit einem Kerndruck von nur 945 hPa die westliche Nordsee. Ein solch tiefer Kerndruck ist dort seit 1931 weder im Oktober noch im November gemessen worden. Der Durchzug

des Tiefdruckzentrums führte in Nordengland zu kurzen, aber heftigen Schneefällen sowie in England und an der deutschen Küste zu Böen mit Orkanstärke (Sylt: 122 km/h). Besonders dramatisch waren die durch **ORATIA II** in weiten Teilen Englands ausgelösten Starkniederschläge. Bis zum 31. Oktober hatte **ORATIA** die Südküste Norwegens erreicht (☞ siehe Bodenkarte vom 31. Oktober) und zog unter weiterer Abschwächung nach Norden.

Deutschland wurde von **ORATIA** nur am Rande gestreift, die Schäden hielten sich daher in Grenzen. Problematischer war dagegen die Situation in Frankreich, den Beneluxstaaten und in England. Dort erreichte der Orkan Windgeschwindigkeiten von mehr als 150 km/h: Zahlreiche Bäume wurden entwurzelt, Dächer abgedeckt und Autos durch umherfliegende Trümmer zum Teil schwer beschädigt. In England lösten die starken Niederschläge großflächige Überschwemmungen aus. Nachdem bereits der September und die ersten drei Oktoberwochen in weiten Teilen des Landes zu nass waren, trafen die Starkniederschläge von **ORATIA** auf wassergesättigten Boden und wurden direkt den Flüssen zugeführt. Weitere Regenfälle Anfang November spitzten dort die Situation weiter zu.

Bodenkarte

Sturmtief ORATIA

29.10.2000

1 Uhr MEZ

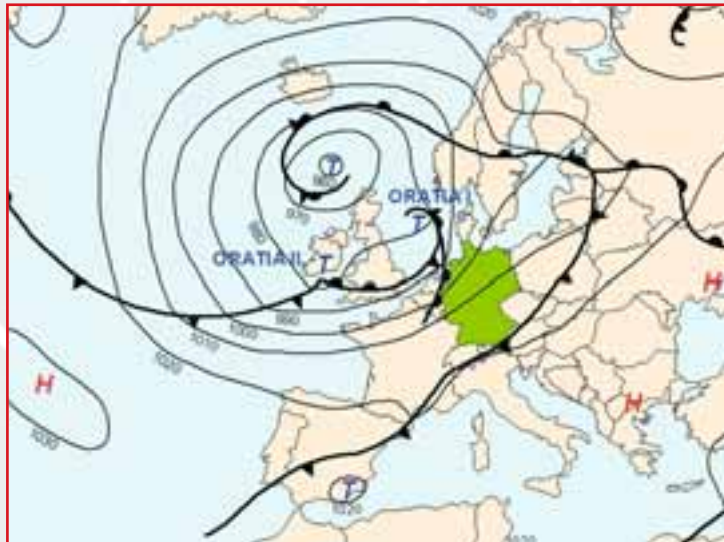


Bodenkarte

Sturmtief ORATIA

30.10.2000

1 Uhr MEZ

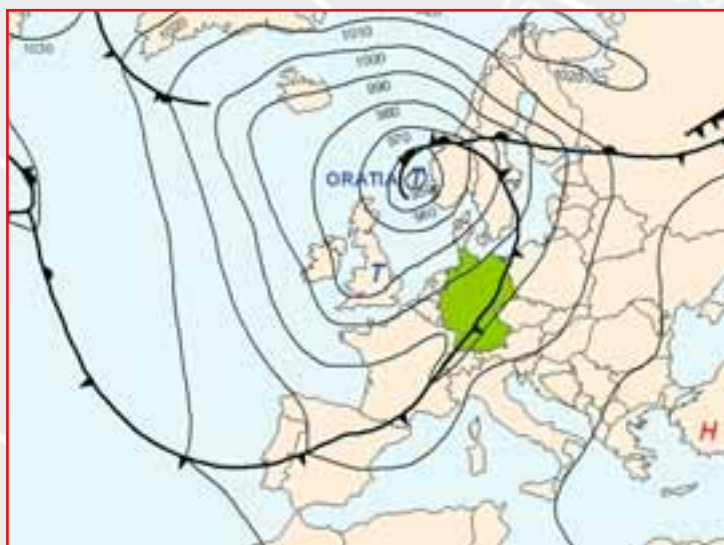


Bodenkarte

Sturmtief ORATIA

31.10.2000

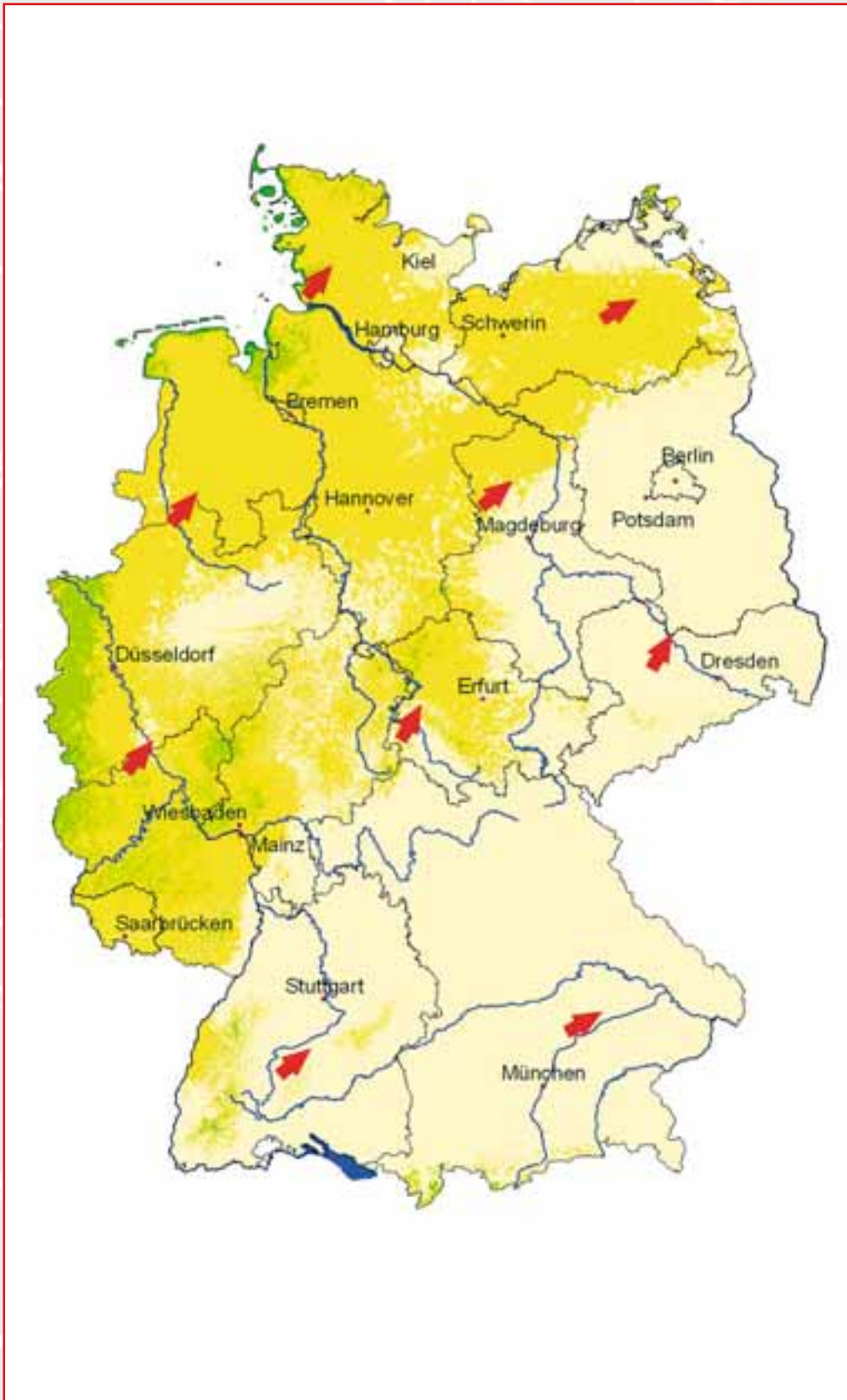
1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld

Sturmtief ORATIA

29.-30.10.2000



Witterungsrückblick des Jahres 2001

2001

1 Witterungsrückblick 2001

Das Jahr 2001 im Überblick

Die Schäden durch Naturgefahrenereignisse lagen 2001 in Deutschland deutlich unter dem Durchschnitt. Während größere Wintersturmereignisse nicht auftraten, waren es Gewitter, die für Schäden sorgten: Am 3. Mai verursachten gewittergebundene lokale Starkniederschläge im Raum Ahlen-Beckum sowie im Oberbergischen Kreis Millionen-schäden. Am 6./7. Juli kam es durch die Gewitterfront des Tiefs WILLY in Süddeutschland zu beträchtlichen Schäden aufgrund von Sturmböen, Hagelschlag und Starkniederschlägen. Der größte Elementarschaden des Jahres 2001 in Deutschland wurde durch ein Superzallengewitter am 3. August in Bayern, im Gebiet südlich und östlich von München, verursacht.

Im Vergleich zur internationalen Referenzperiode 1961 bis 1990 war es auch im Jahr 2001 in Deutschland zu warm. Die Abweichung betrug 0,8 °C und damit deutlich weniger als in den drei Vorjahren. Vor allem der Oktober zeigte die höchsten positiven Temperaturabweichungen. In Deutschland fielen im Jahr 2001 im Mittel 914 l/m² Niederschlag und damit etwa 16 % mehr als im Referenzzeitraum. Der September war hierbei äußerst niederschlagsreich.

Global gesehen lag die Jahresmitteltemperatur um 0,40 über dem Mittel der Klimavergleichsperiode. Da nur das Jahr 1998 eine noch höhere Durchschnittstemperatur hatte, war 2001 das bis dahin zweitwärmste Jahr seit 1860.

Januar

Nachdem das Jahr 2000 als das bis dahin wärmste Jahr in Deutschland seit Beginn der Aufzeichnungen zu Ende gegangen war, startete auch der Januar 2001 mit positiven Temperaturabweichungen von bis zu 3 °C über dem langjährigen Mittel. Die Ursache war die weitgehende Dominanz milder Luftmassen, zunächst überwiegend aus südwestlicher Richtung. Bis zum 10. Januar war vor allem der Süden Deutschlands im Bereich der Frontalzone mehreren Tiefausläufern ausgesetzt. Sie durchquerten Süddeutschland von West nach Ost und brachten vor allem im Stau der Alpen ergiebige Niederschläge bzw. in den höheren Lagen Schnee. Danach gelangte Deutschland zunehmend unter Einfluss eines nach Osten wandernden Hochdruckgebietes über Großbritannien, das bis Mitte Januar kaltes, überwiegend sonniges und winterliches Wetter bescherte. Bis Ende des Monats bildete sich ein kräftiges, weit nach Süden reichendes Tief über Island und ein Hoch über Russland aus, die eine ausgeprägte Strömung aus südwestlicher Richtung hervorriefen. Luftmassen unterschiedlicher Temperatur und Feuchtigkeit durchquerten Deutschland und brachten gebietsweise Schnee oder Regen.

Februar

Verbreitete Schneefälle bei überwiegend niedrigen Temperaturen führten Anfang Februar zu Verkehrsbehinderungen und zu einer vorübergehenden Schließung der

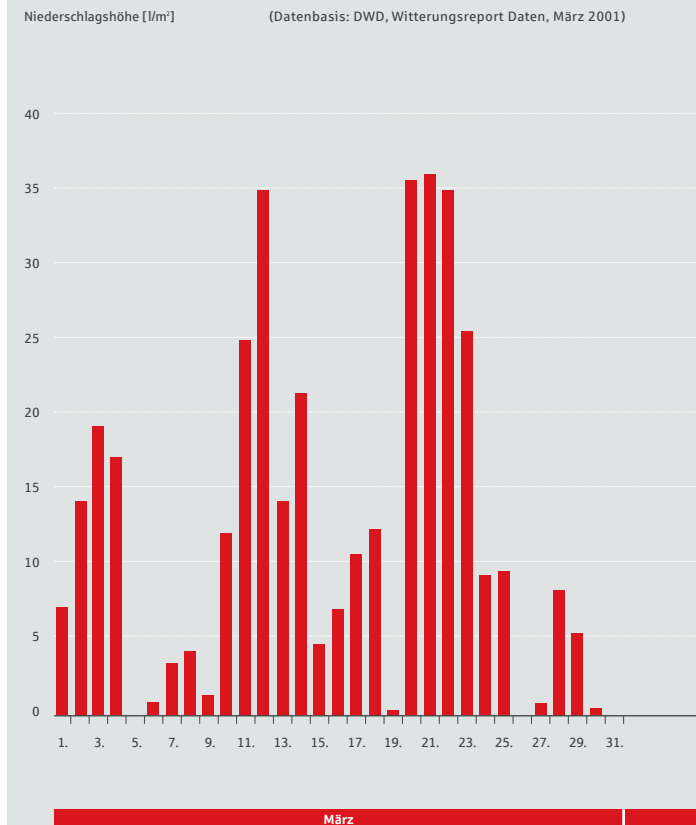
Flughäfen Berlin-Tegel, Frankfurt am Main und München. Erst ab dem 3. Februar befand sich Deutschland wieder im Zustrom milder Luftmassen aus südwestlicher bis westlicher Richtung. Die einströmende warme Luft führte verbreitet zu Niederschlägen, die zunehmend von Schnee in Regen übergingen. Eine ausgedehnte Hochdruckzone von Portugal bis nach Russland verhinderte anschließend weitere Niederschläge bis Mitte Februar. Diese überwiegend trockene Phase wurde ab dem 19. Februar durch eine Luftmassenströmung aus nordwestlicher Richtung abgelöst. Mit ihr überquerten mehrere atlantische Tiefausläufer Deutschland. Damit traf einströmende maritime Subpolarluft auf milde Luftmassen, was vor allem im Stau der Gebirge zu erheblichen Niederschlägen führte, die zunächst nur in den höheren Lagen als Schnee fielen. Obwohl sich in den letzten Februartagen in Deutschland wieder eine kalte und trockene Strömung aus südlicher Richtung einstellte, dominierten im Februar überwiegend milde Luftmassen; mit dem Blühbeginn von Schneeglöckchen und Krokussen wurde der Vorfrühling eingeleitet. Ebenso wie der Vormonat war auch der Februar um bis zu 3 °C zu warm.

März

Die wechselhafte Witterung setzte sich im März fort. Entlang der Frontalzone überquerten bis zum 27. März zahlreiche atlantische Tiefs Deutschland von West nach Ost, meist auf einer südlichen Bahn. Die Tiefausläufer führten abwechselnd kalte und warme Luftmassen mit sich. Damit geriet vor allem der Süden Deutschlands in den Grenzbereich unterschiedlich temperierter Luftmassen, was ausgedehnte Niederschläge zur Folge hatte. Die Tagesniederschläge der Stationen in Süddeutschland, beispielhaft dargestellt an der Station Freudenstadt, zeigten deutlich zwei Niederschlagsperioden, vom 11. bis 15. und vom 20. bis

23. März. An vielen Stationen fiel im März mehr als das Doppelte des langjährigen Monatsniederschlags.

2001 Niederschlagshöhen in Freudenstadt, Schwarzwald



Tägliche Niederschlagshöhen [l/m²] jeweils von 7 bis 7 Uhr MEZ an der Station Freudenstadt, Schwarzwald

Von den lang anhaltenden Niederschlägen waren vor allem die Einzugsgebiete des Rheins und der Donau betroffen. Die zweite Niederschlagsperiode verursachte dabei an Rhein, Donau, Saar, Mosel und Neckar Hochwasserstände. Entlang des Rheins wurde vielerorts die Hochwassermarken erreicht und die Schifffahrt eingestellt. Im Stadtteil Köln-Rodenkirchen wurden vorsorglich Sandsackbarrieren aufgebaut, größere Schäden blieben jedoch aus.

Ende des Monats schwenkten die westlichen Winde in eine Strömung aus östlicher Richtung um, mit der zunächst trockene, kontinentale Polarluft herangeführt wurde. Ihr folgte feuchte Polarluft aus südöstlicher Richtung nach, was erneut Niederschläge in Form von Schnee bzw. Regen zur Folge hatte.



*Hochwasser am Rhein bei Köln-Rodenkirchen
Ende März 2001*

April

Der April zeigte sich 2001 von seiner besonders trüben Seite: Im Gegensatz zu den ersten drei Monaten des Jahres lag die Temperatur an den meisten Orten unter dem langjährigen Mittel, es regnete im Allgemeinen übernormal viel und die Sonne schien entsprechend selten. Bis zum 10. April herrschte zunächst eine südwestliche, dann eine westliche Strömung vor, mit der wechselnd milde Luftsubtropischen Ursprungs und kühlere Subpolarluft herangeführt wurde. Die Folge waren Niederschläge an den Luftmassengrenzen, die vor allem im

Stau der Gebirge ergiebig waren. Oberhalb von 800 m ü. NN fiel der Niederschlag als Schnee. Ab dem 12. April flossen vorwiegend arktische Luftmassen nach Mitteleuropa ein, die nasskaltes Osterwetter mit Schnee- und Eisglätte bescherten. Ende des Monats herrschte wieder eine westliche Strömung vor, mit der eingelagerte Störungen über Deutschland hinweg nach Osten zogen. Die mitgeführten Luftmassen waren teils subtropischen, teils subpolaren Ursprungs, entsprechend endete der Monat überwiegend niederschlagsreich und mild.



Mai

Ganz anders als im April dominierten im Mai die Hochdruckwetterlagen. Sie bescherten Deutschland über durchschnittlich sonniges und trockenes Wetter, das lediglich Anfang und Mitte des Monats von teils heftigen Gewittern unterbrochen wurde.

Die Wetterlage zu Monatsbeginn war dadurch gekennzeichnet, dass sich vom Nordmeer über Westeuropa bis zur Iberischen Halbinsel eine Zone tiefen Luftdruckes erstreckte, flankiert von hohem Luftdruck über dem Atlantik und hohem Luftdruck über Ost- und Südeuropa. Bei dieser Konstellation gelangte tropische Festlandsluft aus südlicher Richtung nach Mitteleuropa, die für sommerliche Temperaturen von bis zu 29,7 °C (Potsdam: 3. Mai) sorgte. Der feuchtwarmen subtropischen Festlandsluft folgte kalte Meeresluft. Im Grenzbereich beider Luftmassen kam es zu Hebungseffekten mit hochreichender Quellbewölkung und starken Gewittern, teilweise verbunden mit Hagel. Besonders schwerwiegend waren die Gewitter am

3. Mai in Nordrhein-Westfalen im Raum Ahlen-Beckum und im Oberbergischen Kreis. In beiden Regionen zeigte die Auswertung des Niederschlagsradars teilweise mehr als 100 l/m² Niederschlag innerhalb von zwei Stunden. Als Folge traten viele kleinere Gewässer über die Ufer, die Kanalisation konnte die Wassermengen nicht mehr abführen, und in etlichen Wohnhäusern und Gewerbeobjekten stand das Wasser auch im Erdgeschoss. Die Schäden wurden auf insgesamt 40 bis 50 Mio. € geschätzt, wovon ca. 7 Mio. € auf eine einzige Wohnungsbaugesellschaft entfielen.



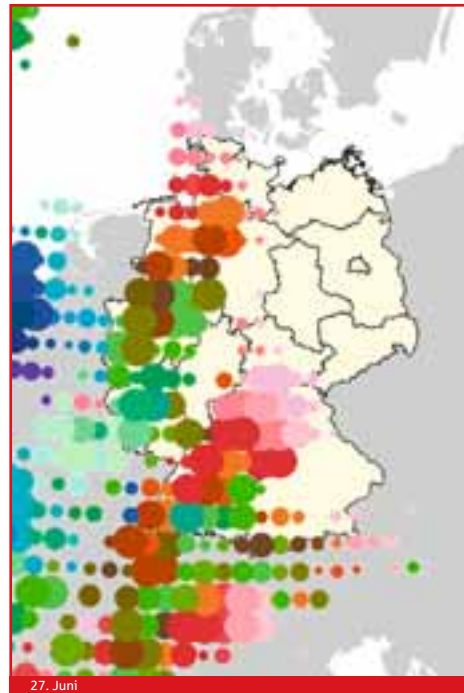
*Folgen des Gewitters am 03.05.2001 in Ahlen
(Quelle: Bauverein Glückauf, Ahlen)*

Nach weiteren Gewittern Mitte Mai, die ebenfalls Überschwemmungs- und Hagelschäden in Nordrhein-Westfalen und in Bayern verursachten, wurde die Hochdruckwetterlage erst Ende des Monats von einer starken Strömung aus westlicher Richtung abgelöst. Die eingelagerten atlantischen Störungen streiften allerdings lediglich den Norden Deutschlands, so dass auch dieser Abschnitt überwiegend sonnig und niederschlagsarm war.

In Sachsen richtete ein Tornado am 31. Mai im Raum Börnichen, Lengfeld, Borstendorf, Zschopau und Krumhermersdorf beträchtliche Schäden von mehreren Millionen € an.

Juni

Bis zum 23. Juni lag Deutschland überwiegend in einer Strömung aus westlicher bzw. nordwestlicher Richtung. Die einströmenden Luftmassen waren meist subpolaren Ursprungs und führten zu einer kühlen Witterung. Vom 5. bis 17. Juni sorgten eingelagerte atlantische Störungen für häufige Luftmassenwechsel zwischen kalter Meeresluft und warmer Luft subtropischen Ursprungs. Verbreitete Niederschläge und Gewitter waren die Folge. So musste die Berliner Feuerwehr am 17. Juni mehr als 300 Mal ausrücken, um vollgelaufene Keller leer zu pumpen. Erst ab dem 24. Juni gelangte Deutschland wieder unter Hochdruckeinfluss. Bei teilweise ununterbrochenem Sonnenschein und unter dem Einfluss subtropischer Festlandsluft wurden Temperaturen von bis zu 32,2 °C (Karlsruhe: 26. Juni) erreicht. Das Frontensystem eines über Irland und Großbritannien wandernden Tiefdruckwirbels bescherte am 27. Juni dem Westen und Südwesten von Deutschland zum Teil starke Gewitter mit Starkregen, Sturmböen und bis zu „tennisballgroßen“ Hagelkörnern. Besonders betroffen waren Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg: Bäume wurden entwurzelt, zahlreiche Keller mussten leer gepumpt werden, Blitz führte zu Bränden und Überspannungsschäden. Bis zum Monatsende unterbrachen weitere atlantische Tiefausläufer den Hochdruckeinfluss. An den Luftmassengrenzen kam es zu Niederschlägen und am 30. Juni zu starken Gewittern in Nord- und Ostdeutschland.



Gewitterübersicht vom 27.06.2001

(Datenbasis: Meteorological Office UK)

Juli

In der ersten Juliwoche lag Deutschland unter Hochdruckeinfluss, so dass sich sonniges und sehr warmes Wetter einstellte. Danach folgte eine vierzehntägige wechselhafte, überwiegend kühle und regnerische Phase, die durch eine Westwetterlage hervorgerufen wurde. Zu Beginn zog vom 6. bis 8. Juli ein sehr großes Unwettersystem (300 bis 400 km Ausdehnung), das mit Sturmböen bis zu 130 km/h sowie lokalen Hagel- und Starkniederschlägen assoziiert war, von Frankreich kommend in nordwestlicher Richtung über weite Teile Deutschlands hinweg. Bei der Gewitterfront des Tiefs WILLY handelte es sich um eine sogenannte squalline, d. h. eine Aneinanderreihung mehrerer heftiger Gewitter, bei denen starke Winde mit Spitzengeschwindigkeiten bis 160 km/h auftreten können. Zu Sach- und Personenschäden kam es am 6. Juli in Ostfrankreich (Straßburg) und am 7. Juli in Baden-Württemberg und Bayern



Böenwalze des Gewitters vom 07.07.2001 im Raum München (Quelle: W. Stieglmair, München)

vor allem durch Windeinwirkung. Im weiteren Verlauf wurden Gebiete in Ost- und Norddeutschland heimgesucht, wobei insbesondere Überschwemmungsschäden durch Starkniederschläge hervorgerufen wurden.

Am 23. Juli führte ein Gewitter in der Westeifel zu starkem Hagelschlag (lokal Hageldecke bis 25 cm) und im Münsterland zu zahlreichen Überschwemmungen von Kellerräumen. In der letzten Juliwoche stellte sich wie zu Monatsbeginn erneut Hochdruckeinfluss und damit einhergehend niederschlagsfreies und sehr warmes hochsommerliches Wetter in Deutschland ein. Im südlichen Polen führten zeitgleich verbreitete Starkniederschläge zu starken Überschwemmungen im Einzugsgebiet der Weichsel, wodurch, gemessen an den volkswirtschaftlichen Schäden, die größte Naturkatastrophe des Jahres 2001 in Europa verursacht wurde.

August

Der Hochdruckeinfluss der letzten Juliwoche setzt sich auch zu Beginn des



Hagelkörner des extremen Gewitters im Raum Rosenheim am 03.08.2001 (Quelle: W. Stieglmair, München)

August fort. Vom 3. bis 5. August führte der Tiefdruckwirbel HAR TMUT, der von der Iberischen Halbinsel in nordöstlicher Richtung nach Skandinavien zog, zu teilweise heftigen Gewittern. Besonders betroffen in Deutschland waren Oberbayern und hier der Raum Bad Tölz sowie die Landkreise Miesbach, Rosenheim, Traunstein und Garmisch-Partenkirchen. Ein

Superzellengewitter (extremes Gewitter mit sehr hochreichendem, rotierendem Aufwindbereich) führte hier am 3. August innerhalb von etwa zwei Stunden zu abgedeckten Hausdächern, umgestürzten Bäumen, überfluteten Kellern sowie zu Stromausfällen und vor allem zu Hagelschäden an Häusern und Fahrzeugen. Insgesamt entstand bei diesem Ereignis ein Schaden von über 200 Mio. €.

Am 6. August führte eine Windhose in Belm (Landkreis Osnabrück) zu starken Schäden. Innerhalb von 90 Sekunden verursachte der Tornado eine 50 Meter breite und ca. 600 Meter lange Schadensspur in der Innenstadt des Ortes. Die Schäden, abgedeckte Dächer, geborstene Fensterscheiben, entwurzelte Bäume, etc., beliefen sich laut Presseberichten schätzungsweise auf insgesamt 2,5 Mio. €.

Nachdem in der zweiten Augustwoche eher wechselhaftes Wetter herrschte, setzte sich zur Monatsmitte Hochdruckeinfluss durch, und es kam in Deutschland zu einer Hitzeperiode mit Temperaturen, die gebietsweise über 35 °C lagen. Zum Ende der zweiten Dekade stellte sich über Mitteleuropa eine Grenzwitterlage zwischen sehr warmer Luft im Südosten und von Nordwesten einströmender kühlerer Meeresluft ein, wobei es teilweise zu starken Niederschlägen und Gewittern kam. Abgesehen von den letzten Tagen des August war der Rest des Monats durch eine erneute Hitzeperiode gekennzeichnet, wobei örtlich starke Gewitter auftraten, z. B. am 23./24. August im Raum Hamburg und am 26. in Niedersachsen.

Ebenso wie für den Vormonat war für den August eine positive Abweichung der Monatsmitteltemperatur gegenüber der Referenzperiode 1961 bis 1990 zu verzeichnen. Die Abweichung lag im Juli bei 1,6 °C und im August bei 1,8 °C. Der August 2001 war damit der bis dahin achtwärmste seit 1901.



Tornado über Belm (Landkreis Osnabrück) am 06.08.2001 (Quelle: dpa)

September

Im Gegensatz zu den beiden Vormonaten war der September im Vergleich zum langjährigen Mittel zu nass und um 1,6 °C zu kalt. Grund war die anhaltende Nordwestlage und die damit verbundenen häufigen Vorstöße subpolarer Luftmassen aus westlicher und nördlicher Richtung, die lediglich zum Monatsende durch einen Warmlufteinschub unterbrochen wurden. Die Tiefdruckgebiete, die fast während des gesamten Monats in unregelmäßigen Abständen über unser Gebiet zogen bzw. zeitweise stabil über Mitteleuropa lagen, brachten oft ausgedehnte Niederschlagsfelder mit. Dementsprechend fielen in Norddeutschland verbreitet mehr als 300 % und in Süddeutschland zwischen 100 und 200 % der mittleren Regenhöhe der Jahre 1961 bis 1990. Miteiner mittleren

Niederschlagshöhe von 134,5 mm für Gesamtdeutschland war dieser September der bis dahin nasseste seit 1901. An Elementarschäden war er, neben begründeten Sturmschäden am 9. September in Frankfurt am Main und in Thüringen, am 26. September im Raum Hamburg Überschwemmungsschäden durch Starkniederschläge infolge schwerer Gewitter zu verzeichnen.

Oktober

In der ersten Monatsdekade strömten maritime Luftmassen zwischen Tiefdruckgebieten über dem Atlantik und kontinentalem Hochdruck über Osteuropa nach Deutschland und führten zu sommerlichen Temperaturen. Im Gebiet südöstlich von Osnabrück entwickelte sich – wie bereits im August – am 1. Oktober eine Windhose, die am Abend gegen 18 Uhr innerhalb von 2 Minuten in Remsede und Hilter (Landkreis Osnabrück) ca. 50 Dächer abdeckte und somit Millionenschäden verursachte.

Im Zeitraum zwischen dem 10. und 20. Oktober wurde die Witterung im überwiegenden Teil Deutschlands durch Hochdruckeinfluss bestimmt, so dass sich für diese Jahreszeit sehr warmes und niederschlagsarmes Wetter einstellte. In der letzten Monatsdekade sorgten Tiefausläufer, die von Südwesten heranzogen, nördlich der Donau für eine deutlich feuchtere sowie kühlere Witterung. Im Süden Deutschlands herrschte währenddessen spätsommerliches Wetter.

Bemerkenswert für den Oktober war, dass die Temperaturen vielerorts und erstmals seit 1901 auch im Mittel für Gesamtdeutschland höher lagen als im September. Mit einer Mitteltemperatur von 12,6 °C war dieser Oktober der bis dahin wärmste seit 1901.

November

Der Norden Deutschlands wurde zu Beginn des Novembers wiederholt von Kaltfronten erfasst, die mit Tiefdruckgebieten über Nordeuropa assoziiert waren. An der Küste herrschte dabei am 1. und 4. November stürmisches Wetter mit Windgeschwindigkeiten bis zu 85 km/h. Ein Hochdruckgebiet über dem südlichen Mitteleuropa verlagerte sich in der Folgezeit allmählich nach Osten und ließ arktische Luftmassen aus nordwestlicher Richtung nach Süddeutschland nachströmen. Im Übergangsbereich der Luftmassen zogen flache Tiefdruckgebiete über Deutschland hinweg und führten zu einer niederschlagsreichen, kühlen und windigen Witterung. Am 8. November stürmte es dabei im Rhein-Main-Gebiet, und in den Gipfellagen der Berge wurden in diesem Zeitraum Windgeschwindigkeiten bis zur Orkanstärke beobachtet (z. B. 148 km/h auf der Zugspitze). Ebenfalls am 8. November trat – wie bereits im August und Oktober – zum dritten Mal in diesem Jahr eine Windhose im Osnabrücker Land auf. Auch dieses Mal wurden erhebliche Sachschäden durch ca. 40 abgedeckte Dächer und beschädigte Fahrzeuge verursacht, wobei der Schadenaufwand aber deutlich geringer ausfiel als bei dem Tornado in Bielefeld am 6. August. Betroffen war diesmal die Stadt Hagen südwestlich von Osnabrück.

Um die Monatsmitte dehnte sich ein Hochdruckkeil vom Atlantik bis nach Mitteleuropa aus, so dass nach Norddeutschland milde Luft maritimen Ursprungs geführt wurde, während in Süddeutschland kontinental geprägte Luftmassen vorherrschten. Zu Beginn der letzten Monatsdekade dehnte sich Kaltluft aus Norden kommend bis zu den Alpen aus und führte in ganz Deutschland zu niedrigeren Temperaturen

und zu ergiebigen Niederschlägen. Ab dem 25. November setzte sich wiederum etwas mildere, aber weiterhin niederschlagsreiche Witterung durch.

Dezember

Durch eine Nord-Süd-orientierte Luftmassengrenze lag der östliche Teil Deutschlands zu Monatsbeginn unter dem Einfluss kontinentalen Hochdrucks, während im Westteil milde Meeresluft vorherrschte. Ein Tiefdruckgebiet, das vom Nordatlantik heranzog und am 6. Dezember mit Kern über Deutschland lag, führte im gesamten Bundesgebiet zu mildem, niederschlagsreichem und stürmischem Wetter. In den Folgetagen etablierte sich eine Hochdruckzone über Nordeuropa und anschließend über den Britischen Inseln, wodurch kontinentale Luft aus Südosten nach Mitteleuropa strömte und hier vom 9. bis 20. Dezember zu einer überwiegend trockenen Frostperiode führte. Lediglich in das norddeutsche Tiefland drangen milde und feuchte Luftmassen aus Norden vor.

Die letzte Monatsdekade wurde durch eine Nordwestwetterlage bestimmt, wobei entlang der über Mitteleuropa verlaufenden Frontalzone einzelne Störungen in rascher Folge in Richtung Süden und Südosten zogen. Es strömten kühle Luftmassen arktischen Ursprungs nach Deutschland und führten hier zu sehr ergiebigem Schneefall. Betroffen war das gesamte Bundesgebiet, insbesondere aber der süd- und ostdeutsche Raum und die Mittelgebirge. Durch die teilweise hohen Windgeschwindigkeiten kam es vielerorts zu Schneeverwehungen und dadurch zu chaotischen Verkehrsverhältnissen.

Mit Ausnahme des äußersten Nordwestens war es im Dezember in ganz Deutschland kälter als im langjährigen Mittel. In Süddeutschland lag die negative Temperaturabweichung dabei in weiten Gebieten zwischen 1 und 2 °C. Ein Temperaturrekord wurde in der Nacht zu Heiligabend am Funtensee im Berchtesgadener Land aufgestellt: mit -45,9 °C wurde hier der niedrigste Wert seit Beginn der Wetteraufzeichnungen in Deutschland gemessen.

Witterungsrückblick und Sturmdokumentation des Jahres **2002**

2002

AIT

1 Witterungsrückblick 2002

Das Jahr 2002 im Überblick

Winterstürme, serielle Gewitter und vor allem das Augusthochwasser machten 2002 zu einem extrem schadenträchtigen Jahr. Ende Januar sorgte das Sturmtief **JENNIFER** in Norddeutschland für Schäden, deren Ausmaß durch den Orkan **ANNA** am 26. Februar noch deutlich übertroffen wurde. Im Juni waren es Gewitterserien, die vor allem in Südwestdeutschland und auch in Norddeutschland zu hohen Schäden durch Hagelschlag und Sturzfluten führten. Zwei Starkniederschlagsereignisse in der ersten Augusthälfte führten im Einzugsgebiet der Donau, vor allem aber im Einzugsgebiet der Elbe zu katastrophalen Überschwemmungen, die den ganzen August andauerten und in Deutschland volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von ca. 11,5 Mrd. € verursachten. In der letzten Oktoberdekade richteten die beiden Sturmtiefs **IRINA**, vor allem aber **JEANETTE** sehr hohe Sachschäden an. Am 16. November kam es auf der Alpennordseite zu einem schweren Föhnsturm.

Das Jahr 2002 war in Deutschland mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,6 °C um 1,3 °C wärmer als im langjährigen Mittel. In zehn von zwölf Monaten lag die Mitteltemperatur deutlich über dem Wert der Klimavergleichsperiode, nur im Oktober war es in ganz Deutschland zu kühl. 2002 war das bis dahin niederschlagsreichste Jahr seit 1901. Im Mittel fielen mit 1018 l/m² etwa 29 % mehr Niederschlag als im langjährigen Durchschnitt. Mitverantwortlich hierfür war die starke Gewitteraktivität in diesem Jahr – an 117 Tagen des Jahres wurde in Deutschland Hagelschlag beobachtet.

Betrachtet man die globalen Verhältnisse, so war das Jahr 2002 das bis dahin zweitwärmste seit Beginn der Aufzeichnungen 1860. Die Abweichung der Oberflächentemperatur vom langjährigen Mittel betrug 0,5 °C. Neun der zehn wärmsten Jahre traten seit 1990 auf; 1998 war das bisher wärmste Jahr.

Januar

In der ersten Monatshälfte herrschte kaltes, ruhiges Winterwetter vor. Die dafür verantwortlichen Hochdruckwetterlagen blockten die Tiefdruckgebiete der atlantischen Frontalzone ab, so dass diese Europa auf einem weit nach Norden verschobenen Kurs passierten. Am 6./7. Januar gab es in der Nordhälfte Deutschlands ein Intermittent durch frontgebundene Niederschläge, die verbreitet vereiste Straßen und Kfz-Karambolagen nach sich zogen. Mit Beginn der zweiten Monatshälfte etablierte sich eine Westlage, bei der in kurzer Abfolge Tiefdruckgebiete über Deutschland hinwegzogen. Dabei wurde die Kaltluft durch milde, atlantische Meeresluft ersetzt, und die Niederschlagsmengen nahmen stark zu. In den letzten Monatstagen gelangte mit den Warmsektoren der Tiefdruckgebiete ILONA und **JENNIFER** (27. bis 29. Januar) warme Subtropikluft nach Deutschland, die – wie häufig bei starken Temperaturoegensätzen an den Fronten der Wirbel – für die Sturmaktivität dieser Tiefs mitverantwortlich war (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **JENNIFER**).

Im Zuge der Westlage kam es verbreitet zu Niederschlägen, die vom 28. bis 30. Januar besonders an Saar und Rhein zu Hochwasser führten. Am 31. Januar traten in

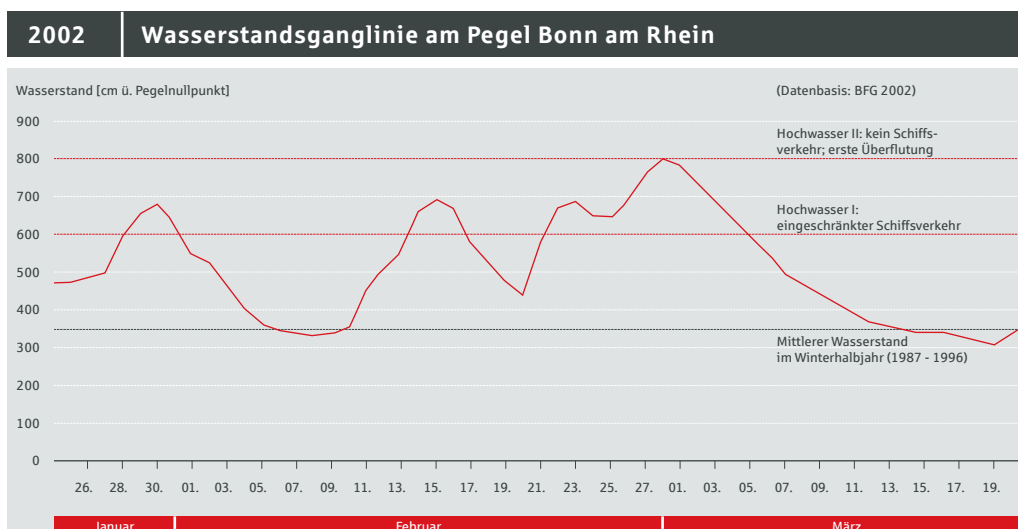


Durch den Sturm JENNIFER zerstörte Windkraftanlage nahe Husum (Quelle: dpa)

subtropischer Festlandsluft nach einem Frontdurchgang sogar außergewöhnlich starke Gewitter auf, die Sturmschäden verursachten. Die feuchte, milde zweite Monatshälfte überkompensierte die trockenen-kalte erste Monatshälfte, so dass der Januar besonders in der Nordhälfte gegenüber dem Mittelwert der Klimavergleichsperiode (1961 bis 1990) um mehr als 3 °C zu warm ausfiel.

Februar

Im Februar bestimmte ein verstärkter Druck- und Temperaturkontrast zwischen dem nordatlantischen Bereich tiefen Luftdrucks in der norwegischen See und dem Subtropenhoch im Bereich der Azoren die Situation. Daraus resultierten Westwetterlagen, die in Deutschland – insbesondere in den Stauregionen der Mittelgebirge – sowohl für große Niederschlagsmengen sorgten als auch stürmische Böen mit sich brachten. Hochwasser gab es nach frontgebundenen Niederschlägen am 13. und 14. Februar an Lahn, Fulda, Mosel, Saar und Rhein. Nur zwischen dem 14. und 18. Februar kam es unter Hochdruckeinfluss und Zustrom arktischer Meeresluft zu einer Rückkehr kalten Winterwetters, das jedoch anschließend erneut regenreichen und stürmischen Nordwest- und Westwetterlagen weichen musste. Am 21. Februar kam es an der Ostseeküste zu einer Sturmflut, nachdem das Tief XANTHIA starke Böen aus nördlichen Richtungen gegen die Küste geführt hatte. Teile mehrerer Ostseestädte wurden überflutet (Wismar, Rostock, Stralsund, Kiel, Lübeck). Aufgrund der hohen Niederschläge





Durch den Orkan ANNA zerstörtes Pultdach in Hannover (Quelle: dpa)

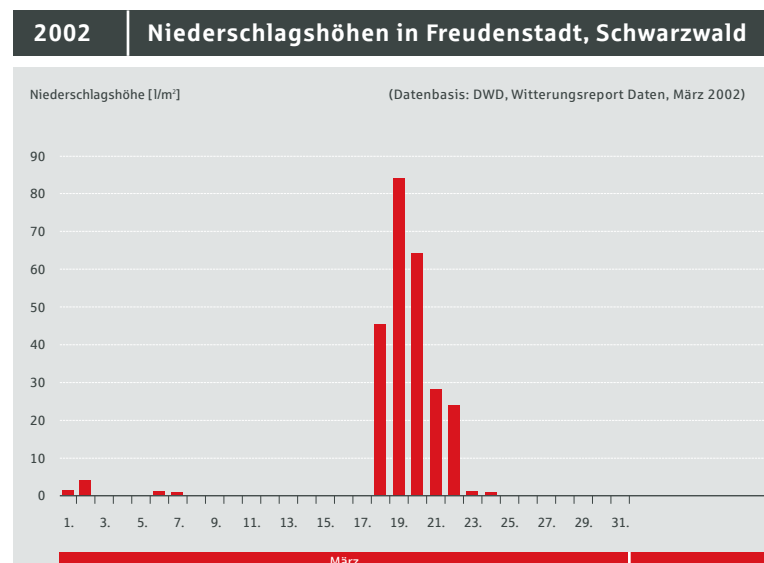
waren Teile des Rheineinzugsgebietes von der dritten Hochwasserwelle in Folge betroffen.

Am 26. Februar zog das Sturmböenfeld des Orkans **ANNA** durch den Norden Deutschlands und richtete erhebliche Schäden an (→ siehe Die Entwicklung des Orkans **ANNA**).

Durch den Zufluss überwiegend milder, atlantisch geprägter Luftmassen lag die Mitteltemperatur im Februar in ganz Deutschland etwa 5 °C über dem Mittelwert der Klimavergleichsperiode; die Westwetterlagen brachten zudem kräftige Überschiebungen der mittleren Februar-Niederschlagssumme der Klimavergleichsperiode (240 bis 380 %).

März

Anders als im Februar wechselten sich sehr unterschiedliche Wetterlagen ab. So führte nach einem kalten Monatsbeginn unter Hochdruckeinfluss eine Westlage stürmische Tiefs in Begleitung milder, atlantischer Luftmassen nach Deutschland. Zu Beginn der zweiten Dekade gelangte an der Nordwestflanke eines Hochs über Südosteuropa milde Subtropikluft zu uns; in Süddeutschland blieb es bis über die Monatsmitte hinaus mild und trocken. Mit der Westlage zwischen dem 18. und 22. März kam es jedoch besonders im Südwesten und Süden zur Akkumulation großer Niederschlagsmengen (in Freudenstadt 248 l/m² in fünf Tagen). Einige Flüsse südlich des Mains, z. B. die Donau, führten daraufhin Hochwasser. Die letzten Märztag standen unter Hochdruckeinfluss mit Nachtfrösten und stetig ansteigenden Tagestemperaturen. Auch im März lag die Tagesmitteltemperatur gegenüber der Klimavergleichsperiode verbreitet um mindestens 1 °C zu hoch. In der Südhälfte Deutschlands trat ein Niederschlagsplus von teilweise 200 % auf.



April

Unter Hochdruckeinfluss gelangte im ersten Monatsdrittel aus nordöstlicher Richtung kalte Festlandsluft zu uns, die trockene und sonnige Witterung zur Folge hatte. Zur Monatsmitte zog ein Tiefdrucksystem längs einer von Süd nach Nord gerichteten Bahn durch die Osthälfte Deutschlands und führte dabei maritime Subpolarluft gegen wärmere Subtropikluft im Osten. In der labil geschichteten Luft entstanden erhebliche Schauer- und Gewitterniederschläge im Osten und Norden Deutschlands. Nach einem sonnenscheinreichen Hochdruckabschnitt zu Beginn des letzten Monatsdrittels stellte sich in den letzten Tagen des Monats eine Westlage ein, die besonders im Norden niederschlagsreich ausfiel.

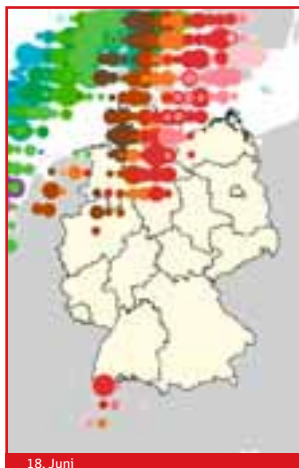
Mai

Eine niederschlagsreiche, mit Gewittern verbundene Grenze zwischen Subtropikluft im Osten und kühlerer Meeresluft im Westen zog sich während der ersten Maitage von Süd nach Nord durch Deutschland. Nachdem sich die warme Subtropikluft bis gegen Ende des ersten Monatsdrittels in ganz Deutschland ausgebreitet hatte, kam es bis zur Monatsmitte durch Tiefs, die aus Südwesten auf Deutschland übergriffen, zu unbeständigem und kühlem Wetter. Die Hochdruckbrücke, die sich bis zum Beginn des letzten Monatsdrittels über Mitteleuropa aufgebaut hatte, konnte den Übergriff von Fronten aus dem Norden nicht völlig blockieren: Am Abend des 18. Mai kam es durch eine Kaltfront mit schweren (Hagel-) Gewittern in Baden-Württemberg und Südbayern zur Verdrängung der Warmluft. Am 23. Mai wurde erneut Subtropikluft durch kühlerer Meeresluft hinter einer aus Südwesten heranrückenden Kaltfront ersetzt, wobei heftige (Hagel-) Gewitter im Großraum Hannover Schäden verursachten. Der Monat klang mit

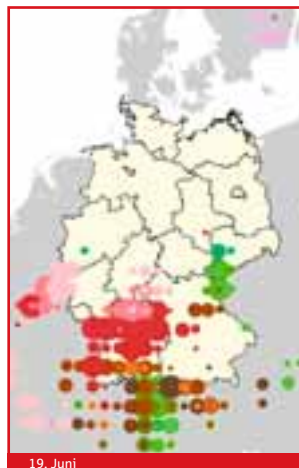
einer Hochdrucklage aus, die warme und trockene Witterung brachte. Auch der Mai war gegenüber der Klimavergleichsperiode zu warm – im Osten um mehr als 2 °C.

Juni

Nach fünf Tagen zunehmender Erwärmung unter Hochdruckeinfluss wurden in der sehr warmen Subtropikluft am Abend des 5. Juni durch ein Frontensystem in Baden-Württemberg und Bayern heftige Gewitter mit Starkniederschlägen und Hagel ausgelöst. In den Landkreisen Günzburg, Augsburg und Unterallgäu entstanden Überschwemmungsschäden. Zu Beginn des zweiten Monatsdrittels stellte sich eine Westlage ein, die Fronten mit Gewitterbildung von West nach Ost über die Nordhälfte Deutschlands führte. Am 12. Juni entwickelte sich aus einem dieser Gewitter ein Tornado, der in Wittenberg und Umgebung eine 15 km lange Spur der Verwüstung zog und volkswirtschaftliche Schäden im mehrstellige Millionenbereich anrichtete. Als die Fronten dieser für die Unwetter verantwortlichen Wellentiefs am 15. Juni auch auf den Süden Deutschlands übergriffen, kam es dort zu starken Gewittern. Ab dem 17. Juni bis weit in das letzte Monatsdrittel hinein bildete sich eine Wetterlage heraus, bei der heiße tropische Luft aus Südwesten an der Nordwestflanke eines Hochs nach Deutschland transportiert wurde. An den Frontverläufen zur kühleren Meeresluft im Nordwesten kam es vom 18. bis zum 24. Juni täglich zu schweren Gewittern mit Hagelschlägen: Am 18. war die Nordhälfte Deutschlands betroffen, am 19. stärker der Süden, am 20. Juni zogen schwere Hagelgewitter aus Südwesten über Deutschland hinweg mit Schäden in Nordbaden, im Main-Tauber-Gebiet, in Nordrhein-Westfalen und Sachsen. Am 21. Juni kam es zu Schäden in Baden-Württemberg und Bayern, ebenso bei den schweren (Hagel-) Gewittern am 23./24. Juni.



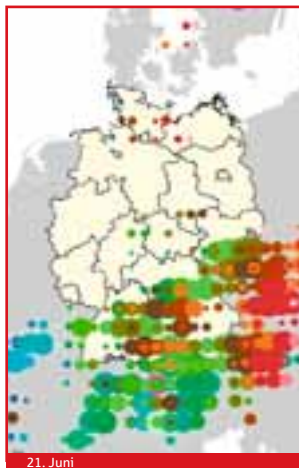
18. Juni



19. Juni



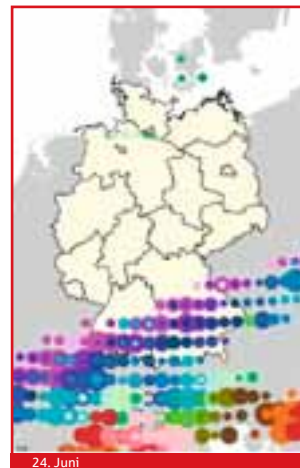
20. Juni



21. Juni



23. Juni



24. Juni

*Serielle Gewitter im Juni mit Überschwemmungs-, Hagel- und Sturmschäden
(Datenbasis: Meteorological Office UK)*

Juli

Im Zuge dieser Gewitterserien wurden bei Calw, Heppenheim und Anschau/Eifel Tornados beobachtet. Insgesamt verursachten die zahlreichen Gewitter durch Sturmböen, Hagel und Starkregen Sachschäden von mehr als 100 Mio. €.

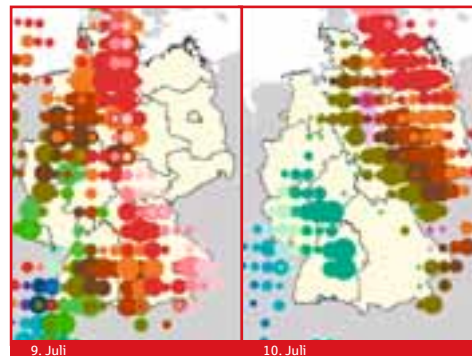
Das Wetter blieb bis zum Monatsende wechselhaft. Gegenüber der Klimavergleichsperiode fiel der Juni in der Nordhälfte um mindestens 1 °C und im Süden um 2 bis 3 °C zu warm aus.

Der Julianfang war von Tiefdruckgebieten dominiert, die vor allem Norddeutschland von West nach Ost überquerten und gebietsweise ergiebige Niederschläge brachten. Erst am 7. Juli trat Wetterberuhigung ein. Die anschließend aus Südwesten nach Deutschland einströmende schwülheiße Luft tropischen Ursprungs traf auf kühle Meeresluft. An den Luftmassengrenzen entwickelten sich extreme Unwetter, die am 9. und 10. Juli von Südwesten nach Nordosten über Deutschland hinwegzogen.



Sturmschäden durch das Gewitter am 10.07.2002 in Berlin (Quelle: ddp)

Am 9. Juli waren hauptsächlich Bayern, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein von heftigen Schauern, Gewittern und böigen Winden betroffen. Am 10. Juli traten vor allem in Berlin und Brandenburg starke Gewitterböen auf, bei denen acht Menschen starben und 49 Personen verletzt wurden – hauptsächlich durch umstürzende Bäume. Die höchsten Windgeschwindigkeiten der Böenfront wurden mit 152 km/h am Wannsee gemessen. Insgesamt stürzten entlang von Straßen und in öffentlichen Parks rund 4 300 Bäume um bzw. mussten im Nachhinein gefällt

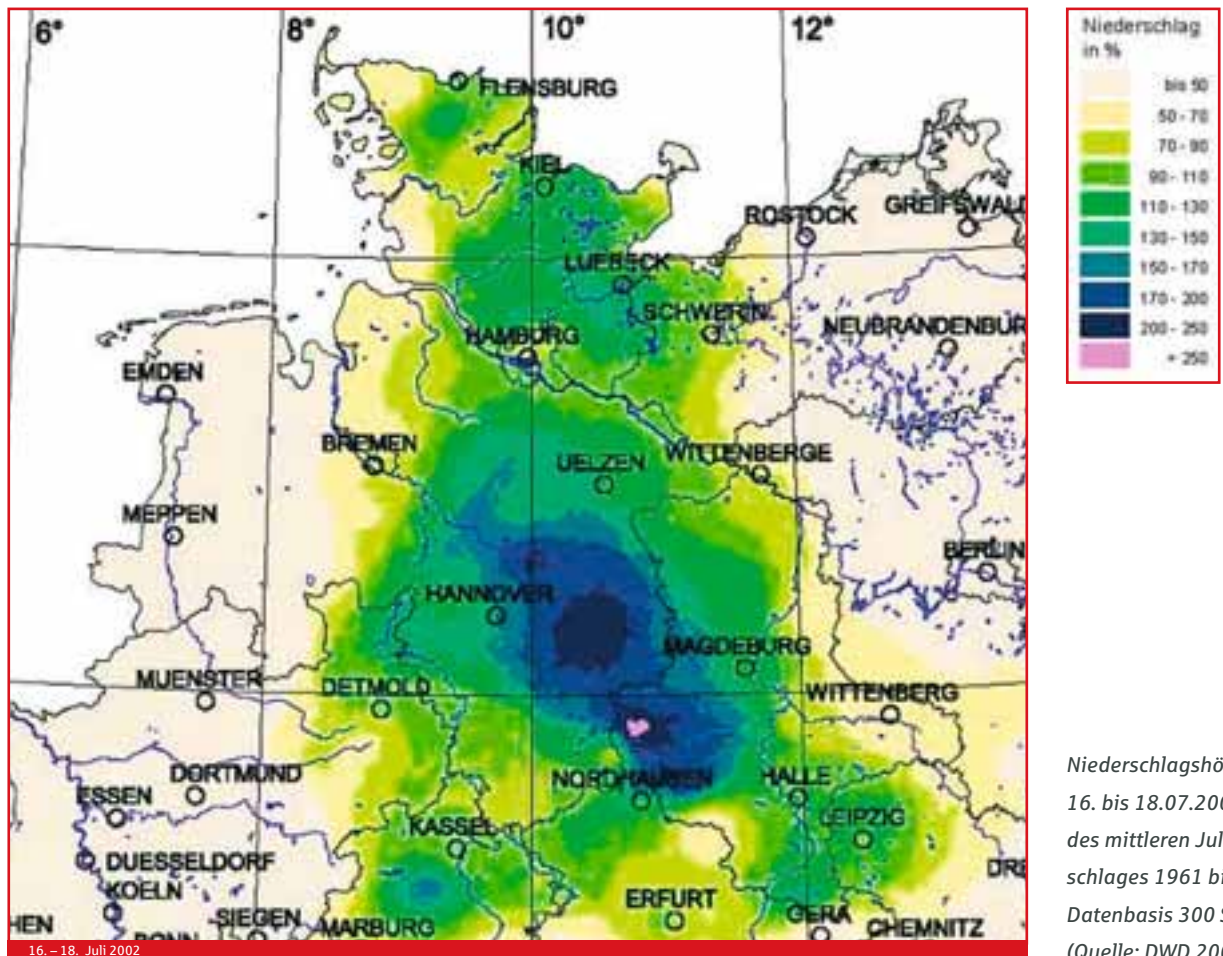


Gewitterübersicht vom 09. und 10.07.2002
(Datenbasis: Meteorological Office UK)

werden, da ihre Standsicherheit nicht mehr gewährleistet war. Die starken Böen und gebietsweise extremen Niederschläge führten auch in anderen Teilen Deutschlands zu beachtlichen Sachschäden.

Ab dem 13. Juli nahm die Höhenströmung über Mitteleuropa einen v-förmigen Verlauf an – eine so genannte Trogwetterlage. In dieser Strömung transportierten Einzelstörungen, wie z. B. das Tief CLAUDIA, feucht-warme Luft vom Mittelmeer östlich um den Alpenbogen herum nach Norden und führten vom 16. bis 18. Juli in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Hessen zu sintflutartigen Regenfällen. Die Folge waren zahlreiche Überflutungen von Straßen und Kellern, hauptsächlich im Harz und Harzvorland zwischen Hannover, Magdeburg und Nordhausen.

Auch nach dem 19. Juli blieb das Wetter vor allem im Norden Deutschlands unbeständig und niederschlagsreich. Erst ab dem 28. Juli gelangte Mitteleuropa unter Hochdruckeinfluss mit warmer und trockener Festlandsluft. Die folgende schwülwarme Witterung bescherte am 30. Juli im Osnabrücker Land – im Osten von Melle – ein schweres Unwetter verbunden mit einem Tornado, der eine rund 7 km lange und 100 Meter breite Schneise schlug und Schäden von mehreren Hunderttausend Euro verursachte.



Niederschlagshöhe vom 16. bis 18.07.2002 in % des mittleren Juliniederschlags 1961 bis 1990, Datenbasis 300 Stationen (Quelle: DWD 2002)

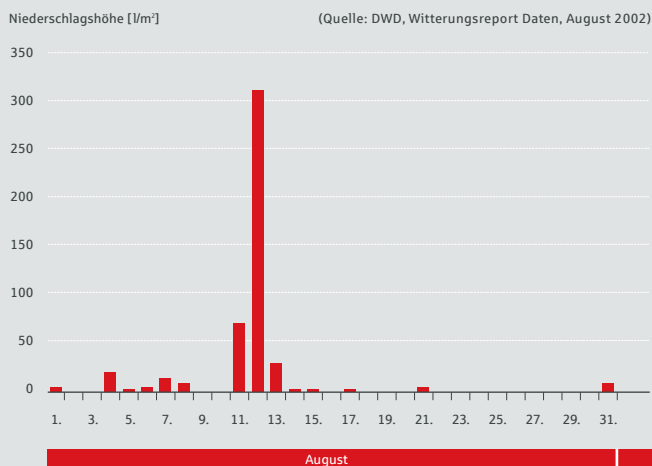
August

Zu Beginn des August 2002 führten innerhalb von zwölf Tagen zwei aufeinander folgende Starkregenereignisse zu extremen Überschwemmungen in Deutschland, Österreich und Tschechien. Vom 6. bis 7. August fielen großräumig starke Niederschläge in Ostbayern, Böhmen und Österreich. Sie führten zu einer Sättigung der Böden und zu ersten Hochwasserwellen im Einzugsgebiet der Donau. Das zweite Niederschlagsereignis, das für die katastrophale Entwicklung entscheidend war, wurde durch das Tief ILSE verursacht: Mit dem Tief wurde längs einer so genannten Vb-Zugbahn feuchte Luft vom Mittelmeerraum östlich um die Alpen herum nach Norden in Richtung Polen transportiert. Auch die

Oderflut 1997 und die Weichselflut 2001 gingen auf solche Vb-Situationen zurück. Die großräumige Niederschlagsstätigkeit von ILSE begann am 10. August in der Ostschweiz und in Südwestdeutschland und setzte sich am 11. August mit starken Regenfällen in Österreich und in Deutschland fort. Am 12. August fielen aufgrund der geringen Verlagerungsgeschwindigkeit des Niederschlagsgebietes vor allem im sächsischen Osterzgebirge extreme Niederschläge. An mehreren Stationen wurden neue Rekorde für den 24-Stunden-Niederschlag gemessen. In Dresden wurden 158 l/m^2 registriert, das bisherige Maximum lag mit $77,4 \text{ l/m}^2$ (am 2. August 1998) deutlich darunter. Bis dato unvorstellbar hohe Niederschlagsmengen gab es an der Station Zinnwald-Georgenfeld, südlich von Dresden: In-

nerhalb von 24 Stunden fielen dort 312 l/m², was dem Vierfachen des normalen Niederschlages im gesamten August entspricht. Dieser Wert stellt für Deutschland den absolut höchsten bisher gemessenen Tagesniederschlag dar.

2002 Niederschlagshöhen in Zinnwald-Georgenfeld, Erzgebirge



Nach den zum Teil verheerenden Niederschlägen entstand in Deutschland vor allem im Einzugsgebiet der Elbe eine dramatische Hochwasserkatastrophe. Während in Bayern an etlichen Messtellen im Einzugsgebiet des Regen neue Rekordwasserstände gemessen wurden, entwickelten sich an der Elbe in Sachsen und an ihren Zuflüssen aus dem Erzgebirge Abflüsse, die das 200-jährliche Ereignis gebietsweise deutlich überstiegen. Die Abflussjährlichkeit am Pegel Dresden wurde von der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE 2004) auf 100 bis 200 Jahre geschätzt, die Abflüsse an der Weißeritz im Osterzgebirge überstiegen stellenweise deutlich das 200-jährliche Ereignis (LFUG 2004). In der Folge brachen weit über 100 Deiche.

In Europa entstand durch das Augusthochwasser 2002 ein volkswirtschaftlicher Schaden von rund 17,5 Mrd. €, von dem etwa

3,3 Mrd. € (19 %) die Versicherungswirtschaft zu tragen hatte. Der überwiegende Anteil mit ca. 11,5 Mrd. € volkswirtschaftlichem Schaden – davon waren 1,8 Mrd. € versichert – entfiel auf Deutschland und da von allein 8,6 Mrd. € auf das Bundesland Sachsen. In Sachsen hatten 20 % der Schäden die privaten Haushalte (Wohngebäude und Hausrat), 22 % die gewerbliche Wirtschaft (ohne Berücksichtigung von Betriebsunterbrechung), 34 % die Kommunen, 20 % der Freistaat Sachsen und 4 % die Land- und Forstwirtschaft und der Katastrophenschutz zu tragen (SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI 2003, IKSE 2004).

Während in den betroffenen Bundesländern Sachsen, Brandenburg und Niedersachsen der Kampf gegen das Hochwasser bis Ende August anhielt, gelangte Deutschland nach



Zerstörtes Haus in Weesenstein an der Müglitz
(Quelle: S. Duda, THW)



Überfluteter Zwinger in der Dresdner Innenstadt (Quelle: S. Duda, THW)

dem 13. August bis zum Monatsende unter Hochdruckeinfluss. Das überwiegend sonnige Wetter wurde vor allem vom 27. bis 29. August von zahlreichen schweren Gewittern, besonders in Süd- und Westdeutschland, unterbrochen.

September

Bedingt durch eine Hochdruckbrücke über Mitteleuropa herrschte in der ersten Septemberwoche überwiegend sonniges Spätsommerwetter, jedoch durchsetzt mit Schauern und Gewittern. Insbesondere zum Monatswechsel fielen in einigen Regionen Sachsens, im Erzgebirge und im Vogtland sowie in Baden-Württemberg und Südbayern Starkniederschläge mit der Folge lokaler Überschwemmungen. Ganz besonders stark war die Ostschweiz betroffen, wo Niederschläge zahlreiche Hangrutschungen auslösten. Mit einzelnen Tiefdruckausläufern drang in der Folgezeit kühlere Meeresluft Richtung Nordosten vor. Entlang der Luftmassengrenze wurden am 8. September im Allgäu und am 10. September im Raum Offenbach Überflu-

tungen durch starke Gewitter und Hagel hervorgerufen. Bis zur Monatsmitte gewann anschließend ein Hochdruckgebiet über Nordeuropa Einfluss auf das Wettergeschehen, und es flossen trockene und kühle kontinentale Luftmassen aus östlicher Richtung nach Deutschland. Am 15. September ereignete sich in Neckarst einach (Hessen) ein schwacher Tornado.

Mit Ausnahme der letzten Tage des Septembers, die unter Hochdruckeinfluss standen, wurde die zweite Monatshälfte durch Westwetterlagen bzw. eine Trogwetterlage bestimmt. Es wurden überwiegend feuchte Luftmassen subpolaren und polaren Ursprungs nach Deutschland geführt, und die Witterung war im Allgemeinen nasskalt. Ab dem 24. September kam es zu einem Kälteeinbruch, und es fiel in den Mittelgebirgen, den Alpen und dem Alpenvorland verbreitet Schnee. München verzeichnete am 25. September den frühesten Wintereinbruch seit über 70 Jahren. Nicht nur die letzten Septembertage, sondern der Gesamtmonat war in der Südhälfte Deutschlands vergleichsweise kalt. Im Norden lag die Monatsmitteltemperatur

hingegen über dem langjährigen Mittel.

Oktober

Nach einem freundlichen Monatsbeginn mit mildem Hochdruckwetter brachten ab dem 3. Oktober die Fronten von Tiefdruckwirbeln verbreitete Regen. Vom Ende des ersten Monatsdrittels an gelangte polare Kaltluft an der Ostflanke eines Skandinavienhochs nach Deutschland. Von Süden her auf die Kaltluft aufgleitende feuchtwarme Luft aus dem Mittelmeerraum führte im Osten Deutschlands zu verbreitetem Schneefall und Verkehrsbeeinträchtigungen. Ab Monatsmitte dominierten Störungen im Rahmen einer Südwestlage mit unbeständiger und feuchter Witterung. Für die letzten sieben Monattage stellte sich schließlich eine reine Westlage ein, in der u. a. die Sturmtiefs **IRINA** und **JEANETTE** schnell über Mitteleuropa hinwegverlagert wurden (26. bis 28. Oktober). In ganz Deutschland entstanden bei **JEANETTE** Sturmschäden, weltweit nahm der durch **JEANETTE** in Europa verursachte Schadenaufwand sogar den dritten Rang unter den versicherten Schäden des Jahres 2002 ein (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **IRINA** und **JEANETTE**).

In der Monatsbilanz wies die Mittlere und – noch stärker – die Nordhälfte Deutschlands Temperaturen auf, die deutlich unter dem Wert der Klimavergleichsperiode lagen. Die Niederschläge zu Monatsbeginn und während der abschließenden Westwetterlage führten jedoch in zentralen und nördlichen Landesteilen zu mehr als der doppelten Menge der Niederschläge der Klimavergleichsperiode.

November

Die seit dem 24. Oktober herrschende Westwetterlage blieb für Deutschland bestimmend, und auch das weitere Wettergeschehen wurde im November hauptsächlich durch Tiefdruckgebiete über Westeuropa geprägt. Lediglich der Nordosten Deutschlands stand überwiegend unter dem Einfluss kontinentaler Polarluft. Entsprechend bildete sich ein deutliches Temperaturgefälle aus: Während im Berliner Raum die Monatsmitteltemperaturen im Bereich des langjährigen Mittels lagen, konnte für den Südwesten eine erhebliche positive Tempe-



Durch den Sturm **JEANETTE** herabgewehte Dachteile in Forchheim/Bayern (Quelle: THW Forchheim)

raturabweichung von lokal bis über $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (z. B. Stuttgart) registriert werden. Die höchsten Temperaturwerte wurden mit über $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ zur Monatsmitte in den bayerischen Alpentälern gemessen. Grund war eine ausgeprägte und extrem lang anhaltende Föhnwetterlage vom 14. bis 17. November. Das starke Süd-Nord-gerichtete Druckgefälle, das sich in Folge der großräumigen südlichen Anströmung des Alpenraums mit sehr feuchter und milder Mittelmeerluft ausbildete, hatte an der Alpennordseite insbesondere am 16. November einen schweren Föhnsturm mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 216 km/h (Sonnblick, Österreich) zur Folge. Die Orkanböen führten an der gesamten Alpennordseite und in Teilen Bayerns und Baden-Württembergs zu Forst- und Sachschäden in Höhe von mehreren Millionen Euro, in Österreich sogar im dreistelligen Millionenbereich. Aufgrund der hohen Windgeschwindigkeiten und der Dauer des Föhnsturmes ist dieses Föhnereignis als eines der stärksten seit Beginn meteorologischer Messreihen zu werten.

Auf der Alpensüdseite führte der Südstau der feuchten Luftmassen gleichzeitig zu extremen Dauerniederschlägen (Locarno/Tessin: $> 400\text{ l/m}^2$ in 54 Stunden) und damit verbunden zu zahlreichen Überschwemmungen, Erdbeben und Schlammlawinen in der Schweiz und in Südostfrankreich.

Dezember

Nach milden Witterungsbedingungen zu Monatsbeginn dehnte sich in der Folgezeit ein stabiles Hoch über Nord- und Osteuropa bis nach Deutschland aus, und es kam zu einem Kälteeinbruch vor allem in nördlichen und östlichen Landesteilen. Hier herrschte danach fast den ganzen Dezember über eine trockene und kalte Witterung. Im Gegensatz dazu wurde das Wetter im Westen und Südwesten ab der Monats-



Vom Föhnsturm am 16.11.2002 zerstörte Hütte im Landkreis Garmisch-Partenkirchen (Quelle: W. Stieglmair, München)

mitte mehrfach durch Tiefdruckausläufer bestimmt, die deutlich mildere und zum Teil feuchtere atlantische Luftmassen mit sich führten. Dementsprechend bildete sich eine quer über Deutschland verlaufende Luftmassengrenze und ein deutlicher Temperaturgegensatz zwischen dem Nordosten und dem Südwesten Deutschlands, der am Heiligabend besonders extrem war: Am 24. Dezember betrug die Tageshöchsttemperatur am Niederrhein lokal $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, während es in der Lausitz mit maximal $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ um etwa $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ kälter war. Verursacht durch milde Luftmassen in höheren Luftschichten fielen nordöstlich der Luftmassengrenze die Niederschläge verbreitet als Regen, der aufgrund der Minustemperaturen in Bodennähe sofort gefror und zu extremer Glätte führte. Es ereigneten sich zahlreiche Unfälle, und der Bahnverkehr wurde durch vereiste Oberleitungen und umgestürzte Bäume stark beeinträchtigt. Besonders betroffen waren die Gebiete um Bremen, Hamburg und entlang der Elbe. Gegen Monatsende weitete sich die aus Westen heranströmende milde Meeresluft bis nach Ostdeutschland aus, wodurch sich eine niederschlagsreiche Witterung in Deutschland

2 Sturmdokumentation 2002

Die Entwicklung des Sturmtiefs JENNIFER (28. bis 29. Januar 2002)

Zwischen den Zentren tiefen Luftdrucks über dem zentralen Nordatlantik (Tief HEIKE) und dem Nordmeer einerseits sowie dem subtropischen Hoch über dem südlichen Nordatlantik und Spanien/Nordafrika andererseits hatte sich zum 27. Januar eine Wetterlage herausgebildet, bei der die Frontalzone aus westsüdwestlicher Richtung kommend über den Nordatlantik nach Mitteleuropa verlief. Aufgrund der starken Temperaturkontraste zwischen den beteiligten subpolaren und subtropischen Luftmassen herrschte längs der Frontalzone eine starke, nach Ostnordost gerichtete Höhenströmung vor (160 km/h am 27. Januar, 1 Uhr MEZ, in 5,5 km Höhe über Brest/Bretagne). In dieser Strömung wurden mehrere Wellentiefs einer Zyklonenfamilie schnell nach Mitteleuropa hinein verlagert, die dort Sturmschäden und teilweise starke Niederschläge hervorriefen.

In den frühen Stunden des 27. Januar war zunächst das Zentrum des Wirbels ILONA über der zentralen Nordsee angekommen und sorgte mit der Passage seiner Kaltfront vor allem in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern für starke Böen und an vielen Stationen Deutschlands auch für Starkniederschlag. Vor allem in den Mittelgebirgslagen (Schwarzwald, Schwäbische Alb) gab es u. a. forstliche Sturmschäden, die sich jedoch in Grenzen hielten.

Auf ILONA folgte das Sturmtief JENNIFER, dessen Zentrum in der Nacht zum 28. Januar mit einem Kerndruck unter 955 hPa bereits nordwestlich von Schottland eingetroffen war (☞ siehe Bodenkarten vom 28. und 29. Januar). In seinem der Kaltfront

vorgelagerten Warmsektor transportierte JENNIFER mit südwestlicher Strömung milde subtropische Meeresluft nach Deutschland, die einerseits hohe Temperaturen verursachte (z. B. Berlin-Dahlem: 15,2°C), andererseits aber – wegen der Temperaturdifferenz – auch für die Entstehung der turbulenten Starkwindphase nach der Kaltfrontpassage verantwortlich war. Nach dem Frontdurchgang bildeten sich aufgrund von Hebungsvorgängen Gewitterzellen aus, die während des Nachmittags schnell in östlicher Richtung durch Mecklenburg-Vorpommern, Ost-Niedersachsen, das nördliche Sachsen-Anhalt und Berlin/Brandenburg zogen (☞ siehe Gewitterübersicht vom 28. Januar). Gewitterbedingte Sturmböen führten bereits am späten Nachmittag mancherorts zu Sturmschäden (z. B. Ostvorpommern). Während der Nachmittags- und Abendstunden nahm der durch das Sturmtief erzeugte Wind in Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Berlin-Brandenburg allmählich zu. Der Höhepunkt der Böen war in Schleswig-Holstein in den Stunden um Mitternacht erreicht – in Kiel (Leuchtturm) wurde eine maximale Böengeschwindigkeit von 152 km/h registriert.

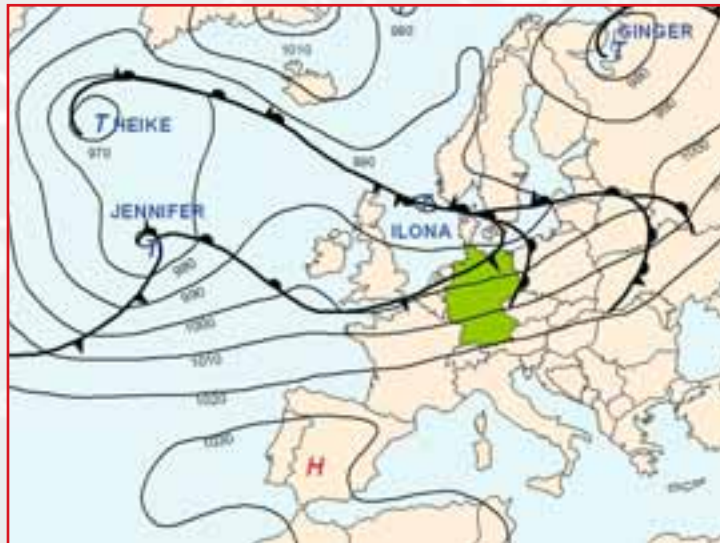
Die Presse berichtete über das typische Spektrum sturmbedingt er Schadwirkungen, die vor allem in Schleswig-Holstein, im Nordwesten Mecklenburg-Vorpommerns, im Norden und Osten Brandenburgs und in Berlin auftraten. Am stärksten wurde Schleswig-Holstein betroffen, wo abgknickte Bäume mehrfach zu Gebäudeschäden führten; viele Dächer und Außenanlagen wie Schornsteine, Satellitenschüsseln und Fassaden nahmen Schaden. In Husum wurde eine 28 m hohe Windkraftanlage umgeworfen. Insbesondere auf der Insel

Bodenkarte

Sturmtief JENNIFER

27.01.2002

1 Uhr MEZ

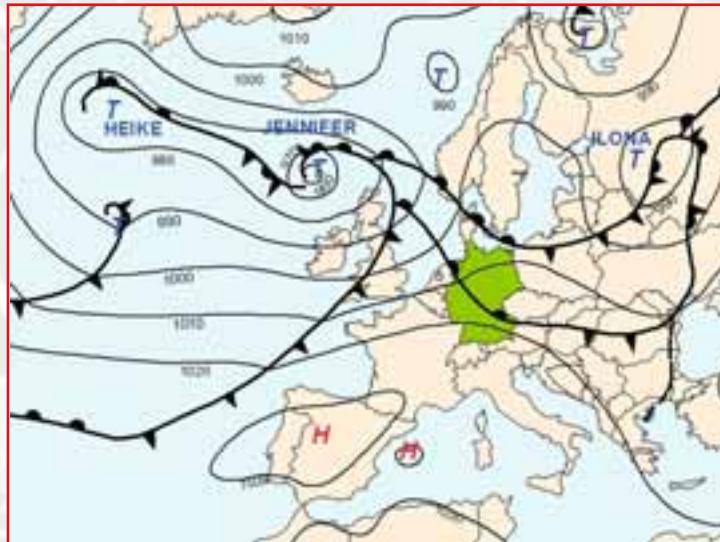


Bodenkarte

Sturmtief JENNIFER

28.01.2002

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief JENNIFER

29.01.2002

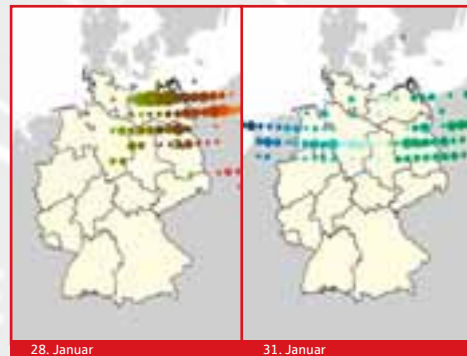
1 Uhr MEZ



Sylt gab es erheblichen Landabtrag. Mehr als 1200 sturmbedingte Einsätze wurden für Feuerwehr und Polizei in Schleswig-Holstein angegeben, davon entfielen 217 auf Kiel. In Hamburg fuhr die Feuerwehr mehr als 300 Einsätze; das Zelt eines großen Zirkus wurde zerstört – ein Millionenschaden. Der Windstau in der Elbemündung produzierte am 29. Januar um 3:35 Uhr MEZ einen Höchstwasserstand von 5,26 m ü. NN am Pegel St. Pauli (1962 waren es 5,70 Meter); der Fischmarkt wurde überflutet. In den Seehäfen Emden, Kiel-Laboe, Lübeck-Travemünde kam es durch Windschub zu Schiffskarambolagen. Allerdings war das Feld der Maximalböen **JENNIFERS** in Schleswig-Holstein deutlich schwächer ausgeprägt als bei dem Orkan ANATOL am 3. Dezember 1999.

Neben Schleswig-Holstein wurde auch der Nordwesten Mecklenburg-Vorpommerns vom Sturm stärker berührt; hier waren zeitweise etwa 60 000 Haushalte von Stromausfällen aufgrund beschädigter Leitungen betroffen. Ein weiterer Schwerpunkt der hohen Böengeschwindigkeiten lag in Berlin sowie im Norden und Osten Brandenburgs. Am Montagabend wurde in Berlin gegen 18:10 Uhr MEZ der Ausnahmezustand ausgerufen, der bis Mitternacht bestehen blieb. Der Sturm warf ca. 250 Bäume um, insgesamt fuhr die Berliner Feuerwehr über 500 Einsätze. In Bremen hoben Böen u. a. 3 000 m² Hallendach im Güterverkehrszentrum ab; in den meisten Teilen Niedersachsens kam es jedoch nicht zu außer gewöhnlichen Sturm-Massenschäden. In allen betroffenen Regionen führte der Sturm zu Verkehrsunfällen; vor allem in Schleswig-Holstein waren Bahn- und Fährverbindungen zeitweise unterbrochen. In Deutschland kamen drei Personen durch Starkwindeinwirkung ums Leben. **JENNIFER** wütete darüber hinaus in Nordirland, Schottland und Nordengland sowie in Polen, wo zwölf Menschen ihr Leben verloren. Nur drei Tage nach **JENNIFER** wurden

Gewitterübersicht

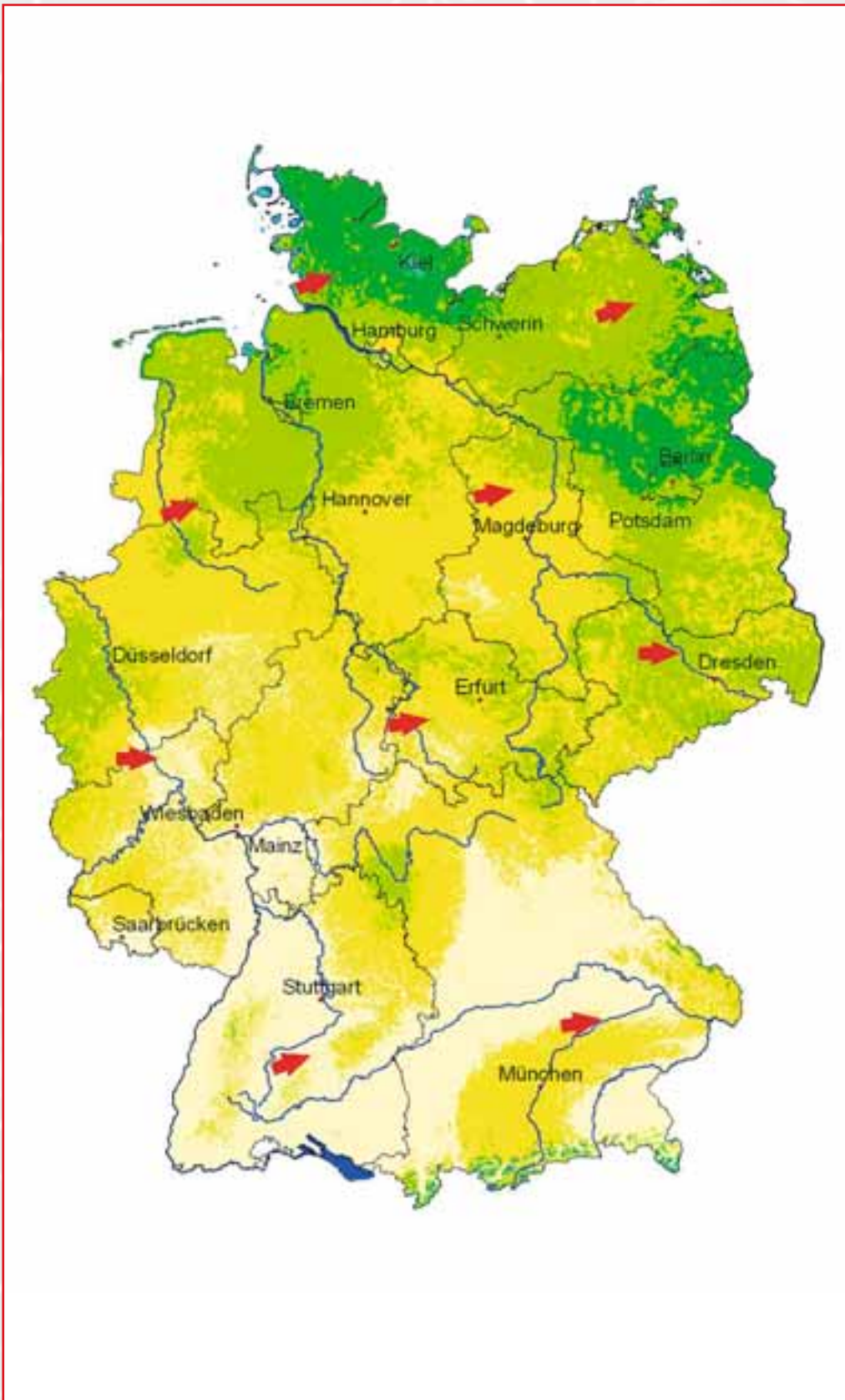


Berlin und Teile Brandenburgs am 31. Januar erneut von starken Sturmböen getroffen. Die Kaltfront des Tiefs KIRSTEN hatte sich unter die am Vortag in Deutschland eingeflossene warme, subtropische Festlandsluft (im bayerischen Schongau war ein Tagesmaximum von 21,0° C, in Berlin von über 11° C erreicht worden) geschoben. Durch Hebungsvorgänge kam es in der Folge zu intensiver Gewitterbildung. Diese Gewitter waren in den frühen Morgenstunden über den Benelux-Staaten aktiv und erreichten etwa um die Mittagszeit Berlin (→ siehe Gewitterübersicht für den 31. Januar). Die Heftigkeit der Böen resultierte auch aus der hohen Verlagerungsgeschwindigkeit der Gewitterzellen. Auf ihrem Weg wurden bereits im Landkreis Gifhorn und in Wolfsburg Bäume umgeworfen und Dächerabgedeckt. In Berlin bestand zwischen 11:50 Uhr und 17:30 Uhr der Ausnahmezustand, wobei insgesamt 407 sturmbedingte Einsätze gefahren wurden. Viele Dachschäden entstanden, Bäume und Äste mussten aus dem Wege geräumt werden, Starkniederschlag und Hagel wurden registriert. Besonders betroffen waren neben Berlin und Potsdam auch die Regionen um Rathenow, Neuruppin und Oranienburg. Die schnellste registrierte Böengeschwindigkeit in Berlin-Buch betrug 131 km/h. Für diese Jahreszeit ist das Auftreten derartig starker Gewitter höchst ungewöhnlich.

Maximalböenfeld

Sturmtief JENNIFER

28.-29.01.2002



Die Entwicklung des Orkans ANNA (26. bis 27. Februar 2002)

Im Zeitraum 19. bis 25. Februar verlief die Polarfront in einer Nordwest-Südost-Orientierung über Mitteleuropa. Von den in dieser Strömung verlagerten Tiefdruckgebieten erzeugte der Wirbel XANTHIA, der in der Nacht zum 21. Februar starke Böen aus nördlichen und nordöstlichen Richtungen gegen die deutsche Ostseeküste führte, eine Sturmflut. Teile von Kiel und Lübeck wurden überflutet; in den Städten Wismar, Rostock, Stralsund, Wieck und Greifswald kletterten die Pegelstände im Maximum bis auf 2 m über Normalmittelwasser. Fähren mussten ihren Betrieb einstellen. An Gebäuden entstanden keine gravierenden Windschäden, jedoch schätzte das zuständige Ministerium in Mecklenburg-Vorpommern die an den Küstenschutzanlagen entstandenen Schäden auf eine zweistellige Millionenhöhe.

Zum 26. Februar hatte sich das Azorenhoch auf eine südliche Position verschoben. Es lag einem im Nordatlantik angesiedelten Gebiet tiefen Luftdrucks gegenüber, das aus einem Resttief nahe der Südspitze Grönlands und den Teilwirbeln ANNA I und ANNA II der Zyklonenfamilie ANNA bestand (→ siehe Bodenkarte vom 26. Februar). Die starke Westströmung, die sich zwischen dem subpolaren Bereich tiefen Luftdrucks und dem subtropischen Bereich hohen Luftdrucks ausbildete, entsprach einer klassischen Sturmweatherlage (Westlage, zyklonal). In ihr wurde ANNA III, eine weitere Welle der Zyklonenfamilie, mit hoher Geschwindigkeit innerhalb von vierundzwanzig Stunden von Südirland über England, die zentrale Nordsee und Jütland hinweg nach Südschweden verlagert (→ siehe Bodenkarte vom 27. Februar). Der tiefste Kerndruck bei der Orkanentwicklung über der zentralen Nordsee lag bei 968 hPa; das Hauptwindfeld passierte mit dem Trogbereich des Orkans den Westen Schleswig-Holsteins am 26. Februar zwischen 15 Uhr und 21 Uhr

MEZ. Im Nordwesten Mecklenburg-Vorpommerns fand die Passage – bei etwas schwächeren Winden – etwa fünf Stunden später statt. Wie schon beim Sturm JENNIFER vom 28. bis 29. Januar 2002 löste auch bei ANNA III die dem Hauptwindfeld vorauslaufende Kaltfront Gewitter aus, die bereits während des Nachmittags – beispielsweise in Berlin und Neubrandenburg – Sturmschäden hervorriefen (→ siehe Gewitterübersicht vom 26. Februar). Während der Passage des Hauptwindfeldes wurden in der Deutschen Bucht und an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins hohe Orkangeschwindigkeiten gemessen (Leuchtturm Alte Weser: 158 km/h, Helgoland: 148 km/h, List/Sylt: 137 km/h, St. Peter-Ording: 140 km/h); schadenstiftende Böen traten vor allem in Niedersachsen, Bremen, Hamburg, ganz Schleswig-Holstein und im Nordwesten Mecklenburg-Vorpommerns auf. Die bei der Station Eipersbüttel/Meldorf angeblich gemessene Böengeschwindigkeit von 180 km/h (= 50 m/s), die als gravierendes Charakteristikum des Orkans durch die Medien verbreitet worden war, entpuppte sich nach Rückfrage beim Deutschen Wetterdienst allerdings als Fehlmessung.

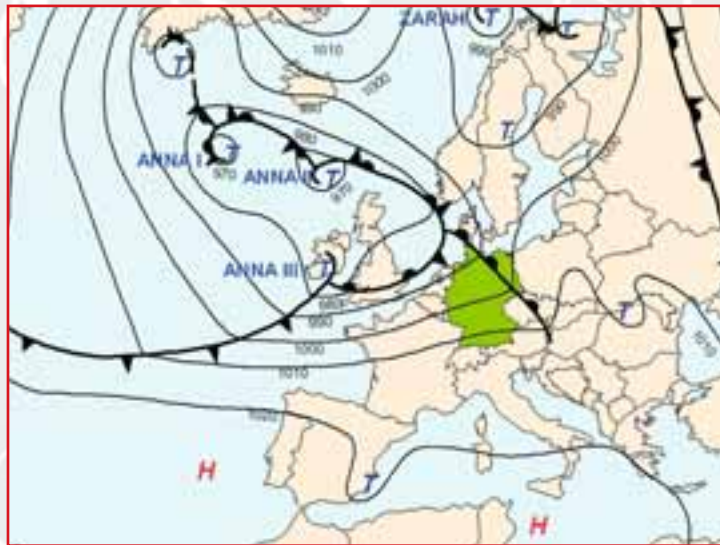
Schadenschwerpunkt bei der Orkanpassage war Schleswig-Holstein, wo die Einsatzkräfte in Kiel und den Kreisen Rendsburg-Eckernförde sowie Ostholstein mehr als 700 sturmbedingte Einsätze führen. Im Kreis Plön gab es mehr als 300 Einsätze und die Regionalleitstelle für die Kreise Pinneberg, Dithmarschen und Steinburg nahm ca. 500 Meldungen entgegen. Auch die Hamburger Feuerwehr kam bis in die Nacht auf 1200 sturmbedingte Einsätze; die Polizei verzeichnete mit 839 Einsätzen ein Drittel mehr als sonst. In den durch die vorangegangenen Niederschläge aufgeweichten Böden, die den Wurzeln weniger Halt boten, warf der Staudruck des Sturmes viele Bäume gegen Häuser bzw. Dächer, auf Fahrzeuge, Zäune, Straßen, Gleise und Freileitungen.

Bodenkarte

Orkan ANNA

26.02.2002

1 Uhr MEZ

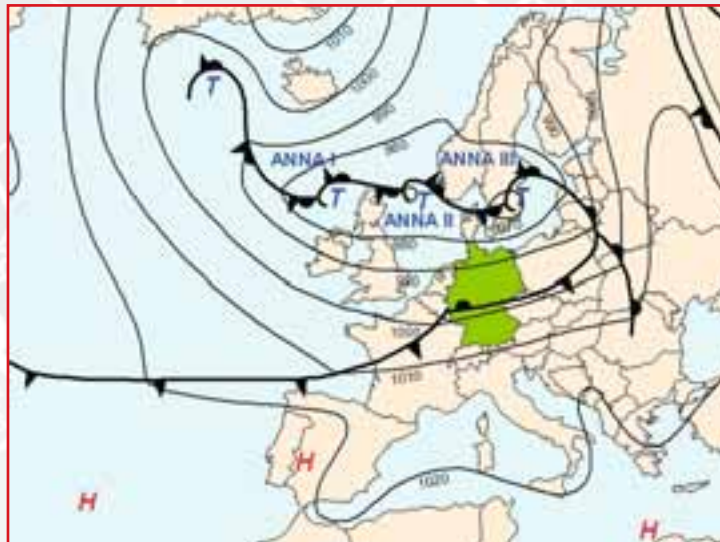


Bodenkarte

Orkan ANNA

27.02.2002

1 Uhr MEZ



Gewitterübersicht



In der Folge waren in Schleswig-Holstein und Hamburg 389 Nah- und Fernverkehrszüge von Ausfällen und Verspätungen betroffen (u. a. Sperrungen der Strecke Lübeck – Kiel und der ICE-Strecke Hannover – Hamburg); zahlreiche Fahrzeuge kamen durch umgestürzte Bäume oder abgebrochene Äste zu Schaden. Durch die Luft geschleuderte Baustellenabsperrungen, Toilettenhäuschen oder Verkehrsschilder beschädigten Fahrzeuge; in Westerland und Kiel warnte die Polizei über den Rundfunk die Bürger davor, die Häuser zu verlassen. Fährverbindungen wurden eingestellt, exponierte Brücken wurden gesperrt oder waren blockiert (Fehmarnsundbrücke, Rendsburger Hochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal, Levensauer Hochbrücke bei Kiel, Störbrücke bei Itzehoe). In Kellinghusen wurde die Innenstadt überflutet, nachdem die durch Starkregen und Schmelzwasser angeschwollene Stör durch die zu knappen Durchlässe zweier Brücken aufgestaut worden war. Auf Sylt

wurden Vordünen weggerissen und Randdünen stark beschädigt; besonders an der Süd- und Nordspitze bei Hörnum und List wurden mehrere hunderttausend Kubikmeter Sand abgetragen.

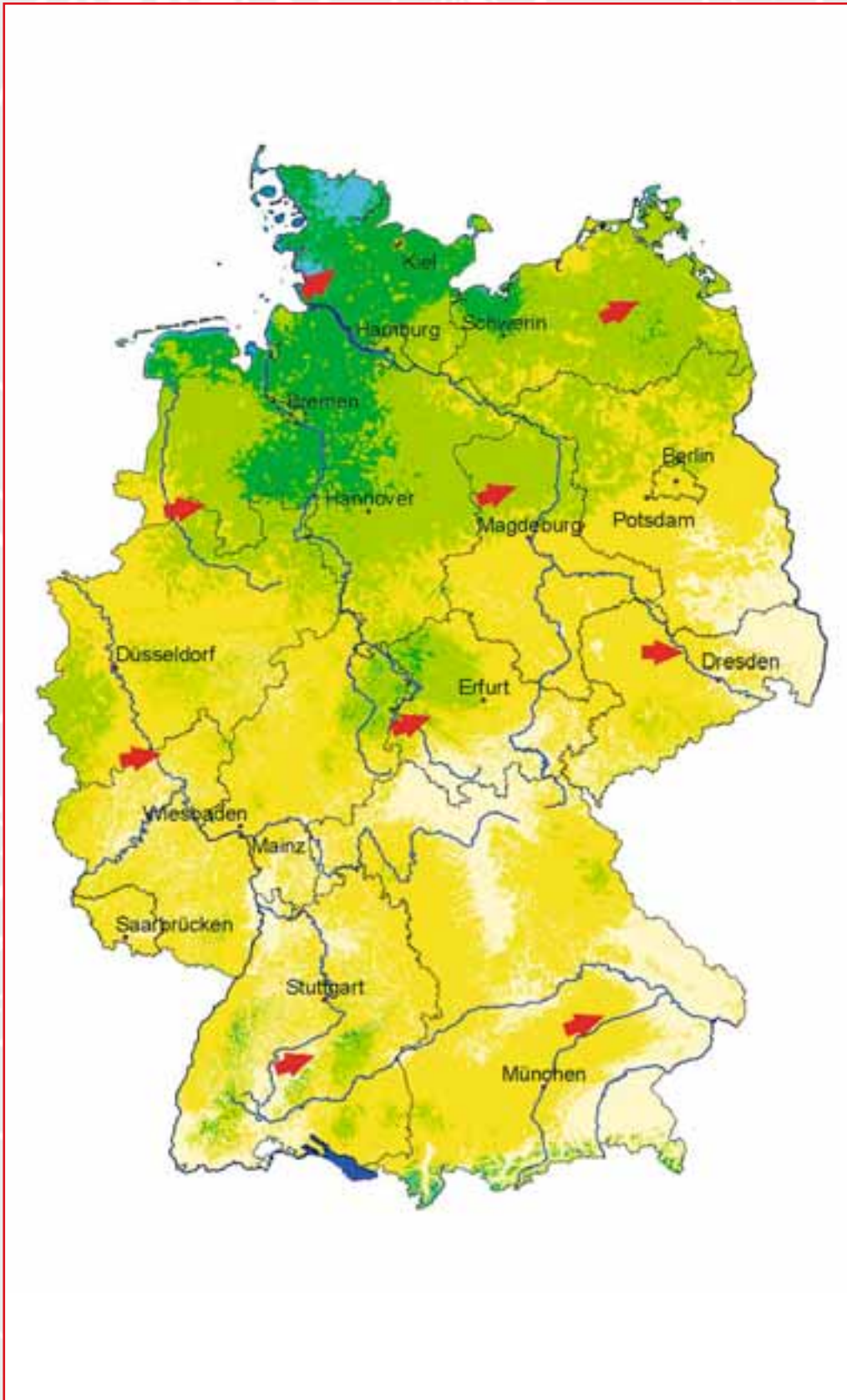
Das Orkanwindfeld rief auch in Niedersachsen das übliche Spektrum sturmbedingt er Schäden hervor, wobei insbesondere Dachschäden in Hannover-Kronsberg erwähnenswert sind: Das Dach einer Häuserzeile wurde auf einer Länge von 100 Metern abgedeckt; in einer Parallelstraße gelang es nur mit Mühe, die vollständige Ablösung bei einem weit eren Flachdach zu verhindern. Auch aus anderen Orten (z. B. Hamburg-Harburg) berichtete die Presse von größeren Schäden an Flachdächern und bestätigte damit die vergleichsweise große Sturmschadengefährdung dieses Dachtyps. Insbesondere aus Wilhelmshaven berichtete die Polizei von Dutzenden abgedeckter Dächer. Im ostfriesischen Landkreis Leer kam es zu einem Deichbruch am Ems-Jade-Kanal aufgrund sturmbedingter Aufstauung. Im Emdener Außenhafen risss sich – wie schon beim Sturm JENNIFER vier Wochen zuvor – erneut ein Autofrachter los, und in der Elbemündung ha variierte ein bulgarischer Frachter, der noch vor Erreichen der Küste vor Friedrichskoog Anker werfen konnte.

Wie bereits beim Sturm JENNIFER vom 28. bis 29. Januar 2002 bewirkten die hohen Böengeschwindigkeiten im Nordwesten Mecklenburg-Vorpommerns Strömasufälle für zeitweise 62 000 Menschen aufgrund beeinträchtigter Freileitungen; an Gebäuden entstanden z. T. erhebliche Sachschäden. Bereits am späten Nachmittag des 26. Februar führte die mit Gewittern und Sturmböen verbundene Kaltfrontpassage in Berlin zu Schäden an Dächern sowie Fassadenverkleidungen und Werbetafeln. Hagel- und Regenschauer beeinträchtigten den Verkehr.

Maximalböenfeld

Orkan ANNA

26.-27.02.2002



Die Entwicklung der Sturmtiefs **IRINA und JEANETTE** (26. bis 28. Oktober 2002)

Ab dem 24. Okt ober lag zwischen einem Gebiet tiefen Luftdrucks im subpolaren Nordatlantik und einem Gürtel hohen Luftdrucks in den niedrigeren Breiten (Azorenhoch) ein breites Band starker, von West nach Ost gerichteter Höhenströmung, das sich bis über West- und Mitteleuropa hinweg erstreckte. In dieser Strömung wurden in 5 bis 6 km Höhe über Grund hohe Windgeschwindigkeiten erreicht – etwa 213 km/h über Paris am 26. Oktober und 176 km/h über Cornwall am 27. Okt ober. Damit war eine klassische Sturmwetterlage gegeben (zyklonale Westlage), die ihre Ursachen in einem starken Temperatur- und Druckunterschied zwischen den kühlen subpolaren und den viel wärmeren subtropischen Luftmassen hatte. Eine solche Wetterlage weist meist ein so genanntes „steuerndes“ Tiefdruckzentrum auf, zumeist zwischen Island und Norwegen positioniert (ex KYLE in der Bodenkarte vom 26. Okt ober), an dessen Südflanke in der oben beschriebenen Westströmung randliche Tiefdruckgebiete schnell über West- und Mitteleuropa hinweg verlagert werden und demzufolge am Boden stürmische Windgeschwindigkeiten hervorrufen.

Mit dem Tiefdruckwirbel **IRINA** erreichte der erste dieser Herbststürme Deutschland am 25. Oktober. Die stärksten Böen traten erst nach der Kaltfrontpassage in den ersten Stunden des 26. Okt ober auf. Der Korridor größter Windgeschwindigkeiten lag südlich der Mosel sowie zwischen Main und Donau.

Als nächstes Tief in der Zyklonenfamilie folgte am 27. Okt ober der kompakte Sturmwirbel **JEANETTE** vom Atlantik her, der durch die Einbeziehung tropischer Meeresluft in seinem Warmsektor sehr energiereich war (dieser Sektor befindet sich zwischen der

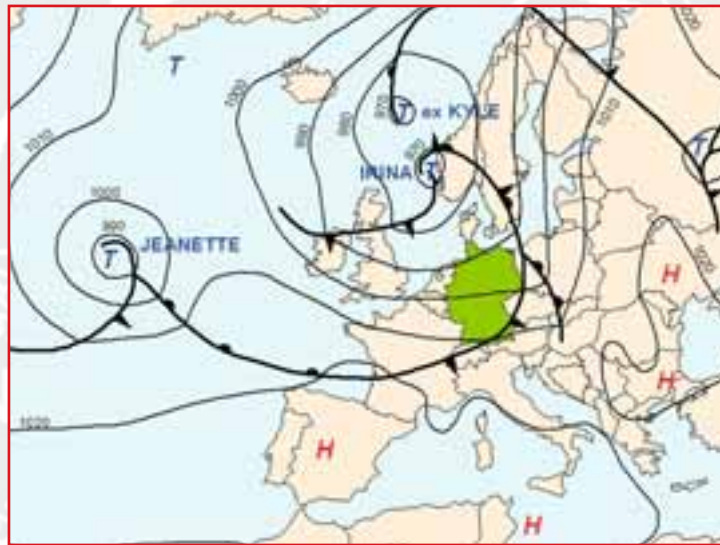
Kaltfront und der Warmfront eines Tiefs und liegt auf der Bodenkarte vom 27. Okt ober über Südwest-England sowie Westfrankreich und der Biskaya). Die tropische Meeresluft setzte bei der Kondensation im Zuge der aufsteigenden Luftbewegung sehr viel Wärmeenergie frei und bewirkte damit eine intensivierte Entwicklung zum Sturmtief. Entsprechend dieser warmen Luftmasse wurden vor der Kaltfront **JEANETTES** am Alpennordrand bis zu 23,8 °C Lufttemperatur gemessen (Garmisch-Partenkirchen). **JEANETTE** kam aufgrund der starken, ostwärts gerichteten Höhenströmung sehr schnell voran: In der Nacht zum 27. Okt ober überquerte der Kern des Sturmtiefs Nordengland, lag um 13:00 Uhr MEZ über der zentralen Nordsee und drei Stunden später im Norden Dänemarks, wo mit 974 hPa der tiefste Kerndruck gemessen wurde. Sechs Stunden später wurde Südschweden erreicht. Da der Korridor der stärksten Böen in unseren Breiten in der Regel südlich des Tiefzentrums liegt, wurden zunächst Südengland, Nordfrankreich und die Beneluxländer von hohen Windgeschwindigkeiten betroffen; den Westen Deutschlands erreichten die Starkwinde gegen Mittag des 27. Oktober. Mit der Passage des südwestlichen Sektors des Sturmtiefs traten am Nachmittag und – weiter östlich – in der Nacht zum 28. Oktober die maximalen Böen über Deutschland auf. In diesem Sturmsektor herrschte das stärkste Druckgefälle zum Zentrum des Tiefs hin, das auf der Bodenkarte vom 28. Oktober an der relativ großen Drängung der Isobaren über Deutschland zu erkennen ist. Das Druckgefälle bewirkt – in Gestalt der so genannten Druckgradientkraft – die stürmischen Winde. Der Effekt wurde durch die Nähe des über Frankreich gelegenen Bereichs hohen Luftdrucks noch verstärkt („Zusammendrängen“ der Isobaren), so dass, vom äußersten Südwesten abgesehen, fast ganz Deutschland unter den Einfluss des steilen Druckgefälles und

Bodenkarte

IRINA und JEANETTE

26.10.2002

1 Uhr MEZ



Bodenkarte

IRINA und JEANETTE

27.10.2002

1 Uhr MEZ

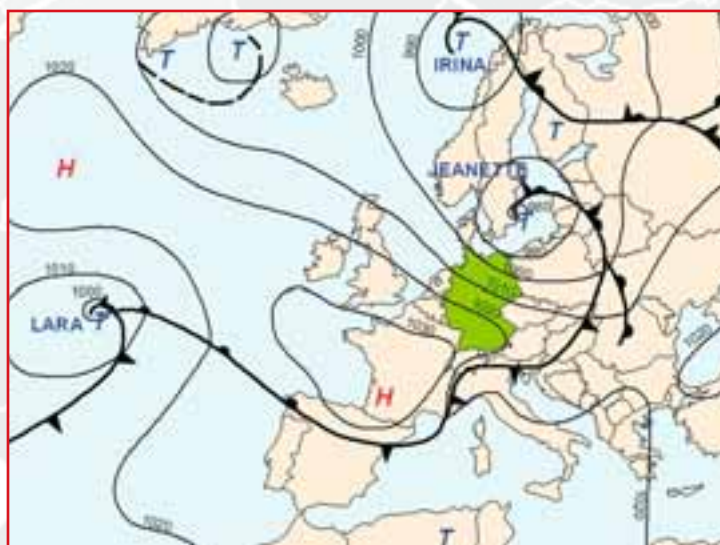


Bodenkarte

IRINA und JEANETTE

28.10.2002

1 Uhr MEZ



entsprechender hoher Windgeschwindigkeiten kam.

Die größten Windgeschwindigkeiten wurden naturgemäß an Bergstationen registriert (Fichtelberg: 184 km/h, Brocken: 176 km/h, Wendelstein: 173 km/h, Hohenpeißenberg: 140 km/h), aber auch an Küsten- und Flachlandstationen wurden starke Böen gemessen (List/Sylt: 126 km/h, Rostock/Warnemünde: 126 km/h, Lüdenscheid: 122 km/h, Gießen: 122 km/h, Gera: 119 km/h, Frankfurt/M.: 115 km/h, Weißenburg: 112 km/h).

Der erste der beiden Herbststürme, **IRINA** (25. bis 26. Oktober), führte vor allem in der Südhälfte Deutschlands zu stellenweise großen Schäden. Wesentlich höhere Schäden jedoch produzierte in weiten Teilen Europas der zweite Herbststurm **JEANETTE** (27. bis 28. Oktober). In Großbritannien galt dieser Sturm als schwerster seit 15 Jahren; der Sachschaden wurde dort zunächst auf 80 Mio. € geschätzt. Europaweit verursachte **JEANETTE** einen Gesamtschaden von ca. 1,6 Mrd. €, wovon etwa 0,85 Mrd. € an versicherten Schäden anfielen (SWISS RE 2003). Daneben waren auch Frankreich, die Niederlande, Belgien, die Schweiz, Österreich, Tschechien und Polen betroffen; europaweit verloren 28 Menschen ihr Leben durch Sturmeywirkung. Die ersten Presseübersichten enthielt Schadenmeldungen aus allen Teilen Deutschlands, entsprechend bestätigt die Karte der Maximalböen von **JEANETTE** den Charakter eines großflächigen, in weiten Teilen Deutschlands aufgetretenen Starkböenfeldes. Bundesweit wurden zahlreiche Dächer abgedeckt, Baugerüste ramponiert oder umgeworfen, Äste ab- und Bäume umgerissen, Autos verbeult, Scheiben eingedrückt, Schilder verbogen und insgesamt über 50 Menschen verletzt. Von über 50 000 Feuerwehreinheiten entfielen in Deutschland allein 17 000 auf Nordrhein-Westfalen (NRW), ebenso kamen von insgesamt 3 200 Helfereinheiten des Technischen Hilfswerkes über 2 000 in NRW zum Einsatz.

In NRW lag somit ein Schadensschwerpunkt; hier starben allein fünf von bundesweit elf Personen. Zeitweise waren 30 nordrheinwestfälische Zugstrecken aufgrund gefallener Äste und Bäume unterbrochen, u. a. die linksrheinische Strecke Mainz – Koblenz – Köln, die ICE-Neubaustrecke Frankfurt – Köln oder Zugverbindungen in die Niederlande. Für ganz Deutschland, wo tausende Reisende nachts festsaßen, mussten zusätzlich 2 000 Bahnmitarbeiter zur Bewältigung der Lage eingesetzt werden. Auch Autobahnen – in NRW insbesondere die A1 und die A3 – mussten abschnittsweise aufgrund von Windwurf gesperrt werden.

An der Nordseeküste wurden Fährverbindungen eingestellt; erhebliche Schäden entstanden an Yachten, Motorbooten und Anglerkähnen in den Sportboothäfen der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns. Auf dem Rhein bei Düsseldorf trieb der Sturm ein Containerfrachtschiff auf Grund; bei Rees am Rhein sowie im Rostocker Hafen kam es zu sturmbedingten Schiffskarambolagen.

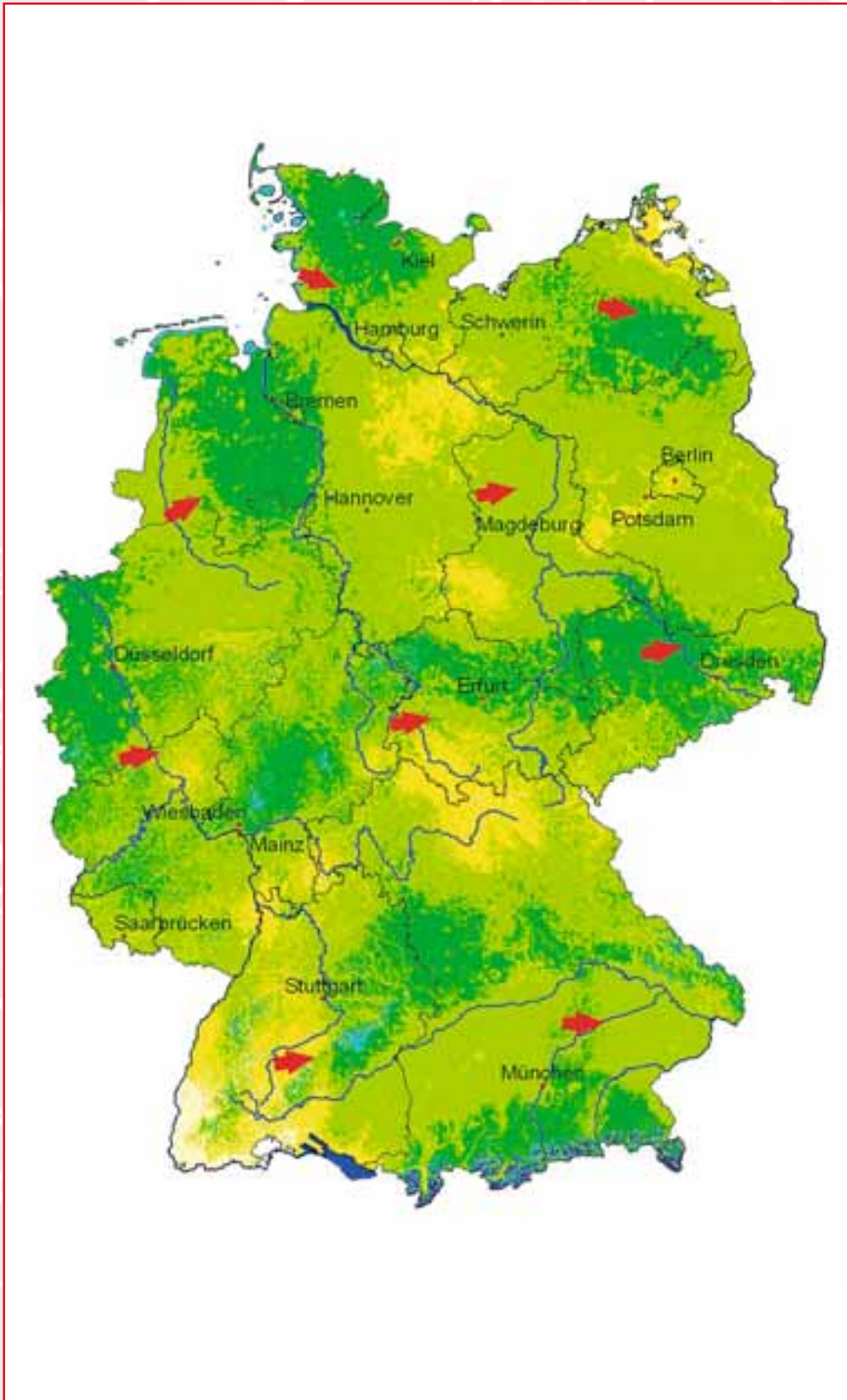
Auch historische Gebäude nahmen Schaden: Vom Kölner Dom wurden Steine abgeweht und daraufhin der Domplatz gesperrt; in Stotternheim bei Erfurt sowie in Großdobritz bei Meißen kippten Kirchturmspitzen ins Kirchenschiff, und bereits am Samstag riss der Sturm **IRINA** die Hauptkuppelspitze der Neumünsterkirche in Würzburg ab, die sich in das Kuppeldach bohrte.

Exponierte Stromversorgungsanlagen kamen in Westmecklenburg zu Schaden, wo zeitweise 25 000 Haushalte aufgrund gerissener Leitungen ohne Strom waren, sowie in Nordbayern und Thüringen, wo hunderte Gemeinden von Stromausfällen betroffen waren. Im Kreis Vechta wurde eine 70 m hohe Windkraftanlage samt ihrem Betonfundament umgerissen; der Schaden wurde auf 0,75 Mio. € geschätzt. Bereits durch **IRINA** war am 26. Oktober in einem Windpark nahe

Maximalböenfeld

Sturmtief JEANETTE

27.-28.10.2002



Witterungsrückblick und Sturmdokumentation des Jahres **2003**

2003

1 Witterungsrückblick 2003

Das Jahr 2003 im Überblick

Das Jahr 2003 bescherte Deutschland einen Rekordsommer – den heißesten Sommer seit mindestens 250 Jahren. In Mitteleuropa forderten die sehr hohen Temperaturen in den Monaten Juni, Juli und August zahlreiche Menschenleben. Die extreme Trockenheit wirkte sich sehr negativ auf die Landwirtschaft und die Binnenschifffahrt aus.

Sturmschäden wurden durch das Tief **CALVANN** zu Beginn des Januars vor allem in Süddeutschland verursacht. Einige schadenträchtige Gewitter waren im Mai, Juni und Juli zu verzeichnen. Im Juni verwüstete ein Tornado das Dorf Aicht in der Eifel. Gewitter im Zusammenhang mit der Passage des Tiefs **NAPOLEON** führten im Juli in Bayern zu starken Schäden. Kurz vor Weihnachten überquerte das Sturmtief **JAN** Deutschland.

In Deutschland war es in 2003 mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,4°C um 1,1°C wärmer als im langjährigen Mittel. Nur die Monate Februar und Oktober waren im Vergleich zur Referenzperiode zu kühl. Da die Monate Februar und Oktober in Deutschland deutlich zu kalt waren, belegt das Jahr 2003 trotz des Rekordsommers nur Rang neun der bis dahin wärmsten Jahre seit Beginn des 20. Jahrhunderts. Bezüglich der Niederschlagshöhe war 2003 ein deutliches Defizit festzustellen. Es fielen in Deutschland etwa 23% weniger Niederschlag als in der Referenzperiode. Hervorzuheben ist die absolut überdurchschnittliche Sonnenscheindauer. Im Gebietsmittel

schien die Sonne 2014 Stunden – etwa ein Drittel mehr als im statistischen Normaljahr. Global gesehen lag die mittlere Oberflächentemperatur im Jahr 2003 um 0,49°C über der des langjährigen Mittels. Damit war 2003 weltweit das drittwärmste Jahr seit Beginn der instrumentellen Aufzeichnungen 1860. Alle der zehn wärmsten Jahre traten nunmehr seit Beginn der neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts auf.

Januar

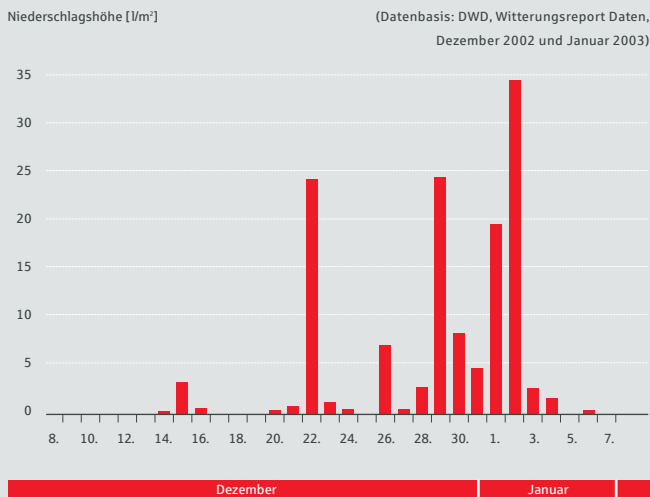
Das neue Jahr 2003 begann stürmisch: Am 2. Januar hatte sich über dem östlichen Nordatlantik und Mitteleuropa eine südliche Westlage ausgebildet, in der die Tiefdruckgebiete **ALBAN**, **CALVANN** und **BERNOLD** nacheinander von West nach Ost über Mittel- und Osteuropa hinweg verlagert wurden. **CALVANN** verursachte vor allem in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg



Durch den Sturm CALVANN zerstörte Festzelte des Weihnachtsfestivals in München am 02./03.01.2003 (Quelle: ddp)

berg und Bayern nennenswerte Sturmschäden. So entstand allein durch den Einsturz zweier Festzelte in München ein Schaden von über einer Million Euro (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs CALVANN).

2003 Niederschlagshöhen in Bad Kissingen

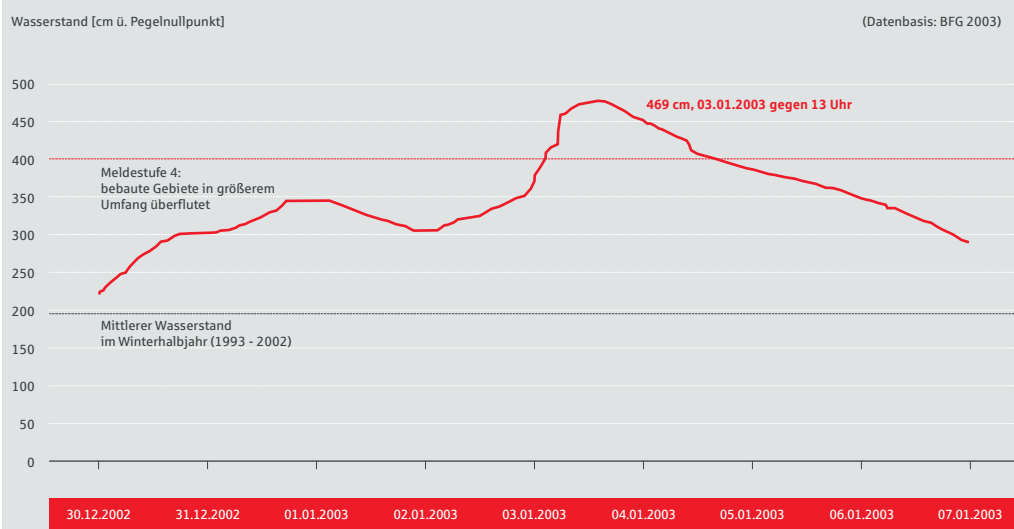


Die Wetterlage um den Jahreswechsel bescherte jedoch nicht nur Sturm: Bereits im Dezember hatte sich eine markante Luftmassengrenze zwischen wärmerer Meeresluft im Südwesten/Süden und kälterer Polarluft im Norden/Nordosten Deutschlands

ausgebildet, in deren Bereich es immer wieder zu ergiebigen Niederschlägen kam. Die Speicherkapazität der Böden war deshalb nahezu erschöpft, und die Starkregen vom 29. Dezember 2002 bis zum 4. Januar 2003 wurden direkt abflusswirksam. Hochwasserwellen an zahlreichen Flüssen waren die Folge. Brennpunkte der Überschwemmungen waren Koblenz und Köln am Rhein, Wertheim am Zusammenfluss von Main und Tauber sowie Bad Kissingen an der Fränkischen Saale. Hier wurden Abflüsse mit einer Wiederkehrperiode von mehr als 100 Jahren erreicht.

Etwa ab dem 7. Januar setzte sich ein Hochdruckgebiet durch, und es trat Wetterberuhigung mit meist trockenem Frostwetter ein. Erst ab Mitte des Monats verlagerte sich die Hochdruckzone nach Süden, und es gelangte von Westen und Nordwesten mildere Luft nach Mitteleuropa. Die Folge war Tauwetter. Bis Ende des Monats blieb das Wetter wechselhaft bei überwiegend milder Temperatur. Erst die letzten drei Tage des Monats standen wieder unter dem Einfluss kalter, teilweise arktischer Meeresluft. Die Folge war stürmisches Schauerwetter und verbreiteter Schneefall.

2003 Wasserstandsganglinie am Pegel Bad Kissingen an der Fränkischen Saale





Überschwemmung am 02./03.01.2003 in Bad Kissingen an der Fränkischen Saale (Quelle: THW Forchheim)

Februar

Die Schneefälle setzen sich bei überwiegend winterlich kalter Witterung in der ersten Februardekade fort. Ab dem 8. Februar stellte sich bis zum Ende des Monats eine ungewöhnlich beständige Hochdrucklage ein. Die Witterung wurde überwiegend von trockener und kalter Festlandsluft aus Osteuropa bestimmt. Die Folge war winterliches Bilderbuchwetter mit tiefen Temperaturen, geringen Niederschlägen und neuen Rekorden für die Sonnenscheindauer. Die astronomisch maximal mögliche Sonnenscheindauer von etwa 10 Stunden pro Tag wurde in Westdeutschland an zehn aufeinander folgenden Tagen nahezu ausgeschöpft. Gegenüber der Klimavergleichsperiode war der Februar signifikant zu kalt – im Alpenvorland um etwa 4 °C.

Während Sturm- und Überschwemmungsschäden im Februar weitgehend ausblieben, verursachte ein Erdbeben am 22. Februar in Süd- und Mittelbaden relativ viele, geringfügige Gebäudeschäden. Das Beben der

Magnitude 5,4 auf der Richterskala ging vom Epizentrum bei Epinal am Westrand der Vogesen in Frankreich aus und wurde in einem Umkreis von etwa 200 km gespürt. Für diese Region war es das stärkste Beben seit 25 Jahren.

März

Das stabile Hochdruckgebiet, das im Februar für ausgesprochen gutes Wetter gesorgt hatte, zog sich allmählich nach Osten zurück, und Tiefdruckgebiete konnten von Südwesten auf Deutschland übergreifen. Im Westen und im Süden stiegen die Temperaturen auf gebietsweise mehr als 10 °C an (Freiburg i. Br.: 14,7 °C), während im Norden und Osten die kalte Ostströmung zunächst erhalten blieb. Bis Mitte des Monats war das Wetter unbeständig. Atlantische Tiefausläufer brachten vor allem dem Norden Deutschlands Niederschläge, während der Süden überwiegend unter dem Einfluss eines Hochs über dem Mittelmeer stand. Ab dem 13. bildete sich bis zum

Monatsende erneut eine stabile Hochdrucklage aus. Das Wetter war überwiegend sonnig und trocken. Insgesamt zeichnete sich der März durch eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer und um bis zu 3,4 °C zu hohen Temperaturen aus. Am 22. März sorgte ein Erdbeben der Magnitude 4,4 in Südwürttemberg für Aufregung. Das Epizentrum lag bei Albstadt-Ebingen im Zollernalb-Kreis und war in einem Umkreis von 75 km – also auch in der Landeshauptstadt Stuttgart – deutlich zu spüren. Es entstanden wenige Sachschäden, die sich auf heruntergefallene Dachziegel und beschädigte Scheiben beschränkten.

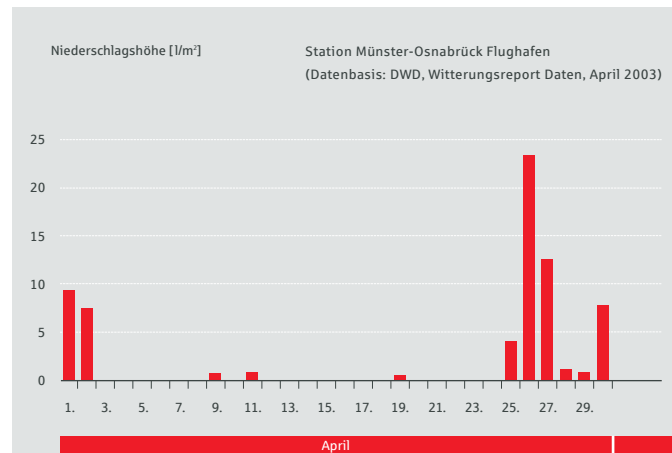
April

Der Monat begann mit typischem Aprilwetter – Schauerniederschläge, Graupel, Schnee in den höheren Lagen und Gewitter. Ursache war ein Hoch über den britischen Inseln und ein Tief über Nordostrussland, zwischen denen kalte Luftmassen arktischen Ursprungs nach Deutschland gelangten. Dabei wurden an einigen Stationen neue Rekordwerte der Tiefsttemperatur registriert. Gebietsweise führten diese starken Nachtfröste zu einer nachhaltigen Schädigung der Obstblüte.

Frühlingshafte Temperaturen stellten sich erst ab dem 12. April ein. An der Westseite eines Hochdruckgebietes über der Ostsee wurde zunächst Warmluft aus dem Mittelmeer herangeführt, später bestimmte warme Festlandsluft aus Osteuropa die Witterung in Deutschland. Bis zum 26. April war das Wetter überwiegend niederschlagsfrei. Die Waldbrandgefahr stieg dadurch regional auf die höchste Stufe an. Niederschläge brachte dann der Tiefdruckwirbel WINFRIED, der in einer ausgeprägten Südwestströmung Mitteleuropa überquerte. Gebietsweise fielen mehr als 20 l/m² innerhalb von 24 Stunden.

2003

Niederschlagshöhen in Greven



Trotz der Niederschläge am Monatsende war der April gegenüber der Klimavergleichsperiode nicht nur etwas zu warm, sondern auch viel zu trocken. In den meisten Gebieten fiel weniger als die Hälfte des üblichen Niederschlages.

Mai

Durch die anhaltende zyklonale Südwestlage gelangten zu Beginn des Monats maritime Luftmassen atlantischen Ursprungs nach Mitteleuropa. Insbesondere im Norden Deutschlands herrschte stürmische und mit Regenschauern durchsetzte Witterung. Ab dem 5. Mai wurde unter Hochdruckeinfluss aus Nordafrika stammende, tropische Festlandsluft nach Deutschland geführt. Die Folge waren verbreitete Temperaturen über 30 °C. Am 8. und 9. Mai wurde die warme Luft in Richtung Südosten verdrängt, und es kam im Bereich des Tiefs ERHARD zu heftigen Gewittern. Durch Starkregen waren besonders Gebiete im südlichen Baden-Württemberg, in Nordbayern und Unterfranken sowie in Thüringen und Sachsen betroffen. In Oberbayern und im Raum München fiel vielerorts starker Hagel (Korndurchmesser bis zu 5 cm). Nördlich von Reutlingen ereignete sich am

9. ein Tornado, der jedoch zu keinen Sachschäden führte.

Nahezu pünktlich zu den Eisheiligen (12. bis 14. Mai) wurde das Wetter in Deutschland deutlich kühler und wechselhafter. Grund war die Zufuhr subpolarer Meeresluft aus nordwestlicher Richtung. Mit Durchzug einer atlantischen Kaltfront kam es aufgrund hoher Temperaturunterschiede am 19. Mai in Süddeutschland zu starken frontgebundenen Gewittern mit unwetterartigen Starkregenfällen, Hagelschlag und Sturmböen. Besonders betroffen waren die bayerischen Landkreise Deggendorf, Straubing, Landshut und Passau sowie die Landkreise Amberg und Sulzbach-Rosenberg. Im Stuttgarter Stadtteil Heslach wurden durch einen räumlich

und bei Steinheim (Baden-Württemberg) beobachtet wurden. Erst in der letzten Monatsdekade setzte sich wieder eine südliche Strömung durch, und es gelangte feuchte subtropische Warmluft nach Süddeutschland. Nach zwischenzeitlichem Hochdruckeinfluss kam es zum Monatsende im Bereich eines in östlicher Richtung ziehenden Kurzwellentrogos zu kräftigen Gewittern und Hagelunwetterern im Westen und Süden Deutschlands.

Die Mitteltemperatur für das gesamte Bundesgebiet betrug im Mai 14,1 °C und lag damit etwa 2 °C über dem langjährigen Durchschnitt. Die Niederschlagsbilanz war mit 94 % des langjährigen Mittels leicht negativ.

Juni

Der Hochdruckeinfluss der letzten Maitage setzte sich fort und war in der ersten Junihälfte überwiegend wetterbestimmend. Die Zufuhr schwülwarmer tropischer Luft aus südlichen Richtungen führte dabei zu ungewöhnlich hohen Temperaturen (10. und 12. Juni: > 35 °C am Oberrhein) und verstärkte die Gewitteraktivität. So kam es am 2./3.

Juni in Hessen und Nordrhein-Westfalen, am 5. in Süd- und Ostdeutschland und am 8./9. in Nordrhein-Westfalen, Hessen, Brandenburg und Thüringen zu unwetterbedingten Schäden. Im Kreis Lippe führten am 8. Juni Starkniederschläge mit bis zu 120 l/m² (innerhalb von 4 Stunden) zu zahlreichen Überschwemmungsschäden. Im Zusammenhang mit schweren Gewittern (vor allem Hessen, Rheinland-Pfalz) eignete sich am 10. Juni in der Eifel ein für deutsche Verhältnisse seltener Tornado der Stufe F3 auf der Fujita-Skala (Windgeschwindigkeit ca. 254 bis 332 km/h). Der Tornado hatte eine Spurlänge von ca. 4 km, dauerte etwa 2 bis 4 Minuten und verwüstete mehrere Gebäude in dem Dorf Acht bei Mayen.



Tornado bei Reutlingen am 09.05.2003
(Quelle: M. Kaschuba, Reutlingen)

sehr eng begrenzten Gewittersturm mehrere Dächer abgedeckt. Vermutlich handelte es sich um einen schwachen Tornado. Hierfür spricht das Schadenbild und die Tatsache, dass weitere schwache Tornados an derselben Gewitterfront in Sulzemoos (Landkreis Dachau) am Starnberger See



Auch am 12. und 14. Juni richteten schwere Gewitter mit Sturmböen, Starkregen und Hagel unzählige Gebäudeschäden in (Nord-)Bayern und Baden-Württemberg (vor allem Zollern-Alb-Kreis, Tübingen, Reutlingen) an. Die beiden Unwetter verursachten allein in Baden-Württemberg Schäden von mehr als 10 Mio. €.

Nach einem kurzen Intermezzo subpolarer Meeresluft wurde ab dem 22. Juni erneut heiße tropische Luft aus südlicher Richtung nach Deutschland geführt. Am 23. erreichten die Temperaturen Maximalwerte von bis zu 37,2 °C (Karlsruhe). Im Norden und Nordosten führte an diesem Tag der Vorstoß kühlerer Meeresluft zu Gewittern mit Sturmböen, so auch in Norderstedt bei Hamburg, wo durch einen kleinräumigen Böenwirbel Dächer abgedeckt wurden. Zum Monatsende gewann eine ausgedehnte Hochdruckzone über der Nordsee an Einfluss, und es strömte mäßig warme Luft polaren Ursprungs nach Deutschland.

Mit einer bundesweiten Tagesmitteltemperatur von 19,1 °C war der Juni 2003 der heißeste Juni seit Beginn der flächendeckenden Messungen im Jahr 1901. Die positiven Abweichungen zur Klimavergleichsperiode 1961 bis 1990 betragen in Norddeutschland 1,5 bis 3 °C und in Süddeutschland bis zu 6,5 °C. Auch für das Mittel über die einzelnen Tagesmaxima in Freiburg i. Br. wurde mit 30,6 °C ein neuer Rekord seit

Beginn der Messungen aufgestellt. Extramar über die Dauer der Hitzeperiode (z. B. Karlsruhe: 17 heiße Tage > 30 °C; Konstanz: 30 Sommertage > 25 °C) und die durchschnittliche Sonnenscheindauer von 240 Stunden (Landsberg am Lech: 331 Stunden). Abgesehen von lokalen Niederschlagsüberschüssen durch Starkregenereignisse fielen, wie auch in den Vormonaten, meist deutlich weniger Niederschläge als normal.



Ein Tornado richtete am 10.06.2003 in dem Dorf Acht (Eifel) schwere Verwüstungen an (Quelle: M. Habel, Bonn).

Juli

Ein Tiefdruckgebiet, das von der Biskaya über die Nordsee nach Schweden zog, war zu Monatsbeginn Wetter bestimmend und verursachte eine kühle, mit Schauern und Gewittern durchsetzte Witterung. Während bis zum 13. Juli relativ kühle Luftmassen in das nördliche und östliche Mitteleuropa gelangten, geriet der Süden verstärkt unter den Einfluss des sich nach Mitteleuropa ausdehnenden Azorenhochs, das sich zur Monatsmitte mit einem Hoch über Nordskandinavien verband. Dadurch strömten warme trockene Luftmassen aus östlicher Richtung nach Deutschland, und die Temperatur stieg verbreitet auf über 30 °C. Zwar blieb Deutschland in der

Folgezeit überwiegend im Zustrom subtropischer Warmluft, die hochsommerliche Wetterlage wurde aber zeitweise durch Kaltfronten atlantischer Randtiefs unterbrochen, die feuchtlabile Luftmassen vom Ostatlantik heranzführten. Besonders starke, zum Teil von Sturmböen und Starkregen begleitete Gewitter ereigneten sich im Zusammenhang mit den Störungspassagen am 16./17. (Süden und Mitte Deutschlands), am 21./22. (Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz sowie Teile Hessens und Niedersachsens), am 24./25. (Norddeutschland) und am 27. Juli (Süddeutschland).

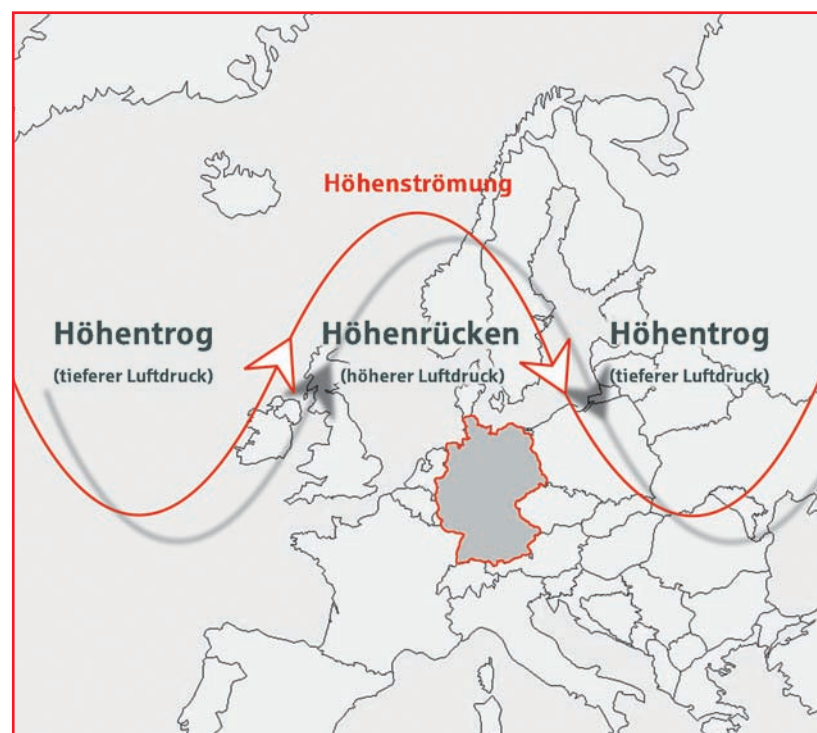
Auch wenn nicht so extrem wie der Juni, so war auch der Juli im Vergleich zu den langjährigen Durchschnittswerten um 1,3 °C (Südosten) bis 2,8 °C (Norden) zu warm und im Mittel um etwa 10 % zu trocken.

August

Die erste Hälfte des August war in Mitteleuropa durch eine extreme Hitzeperiode gekennzeichnet. Das seit Beginn der Messungen 1901 registrierte Temperaturmaximum von 40,2 °C (27.07.1983: Gärnersdorf bei Amberg) wurde mehrfach eingestellt und am 8. August in Perl-Nennig (Saarland) um 0,1 °C überschritten. Vielerorts herrschten so genannte „Tropennächte“ (Temperaturminimum > 20 °C), wobei in der Nacht zum 13. August an der Station Weinbiet (Pfälzer Wald) mit minimal 27,6 °C ein neuer Rekord aufgestellt wurde.

Der Grund für die extreme Witterung war eine so genannte Omega-Wetterlage über Mitteleuropa. Bei diesem Zirkulationsmuster entsteht in der Höhenströmung ein markanter, quasi-stationärer Wellenrücken (Hochdruckrücken), der von Wellentälern, einem Trog über dem Atlantik und einem Trog über Osteuropa, flankiert wird. Die Form der Luftströmung ähnelt dem griechi-

sehen Buchstaben Omega. Unter dem Wellenrücken etablierte sich, wie es für diese Wetterlage typisch ist, ein äußerst stabiles Bodenhoch (MICHAELA), das für wolkenarmes Wetter und damit für ungehinderte Sonneneinstrahlung und Erwärmung der bodennahen Luftschichten in Deutschland sorgte. Regenbringende atlantische Tiefs wurden blockiert und nordostwärts abgelenkt.



Schematische Darstellung einer so genannten Omega-Wetterlage

Zur Monatsmitte beendet der Zustrom maritimer Luftmassen aus Nordwest, verursacht durch ein Tiefdruckgebiet über Südkandinavien, die extreme Hitzeperiode. Es stellte sich sommerlich warmes, aber zum Teil wechselhaftes Wetter ein. Am 18. August zog der Tiefdruckwirbel NAPOLEON über Deutschland hinweg und verursachte lokal schwere Gewitter und entsprechende Schäden. Insbesondere der Landkreis Rosenheim war stark betroffen.



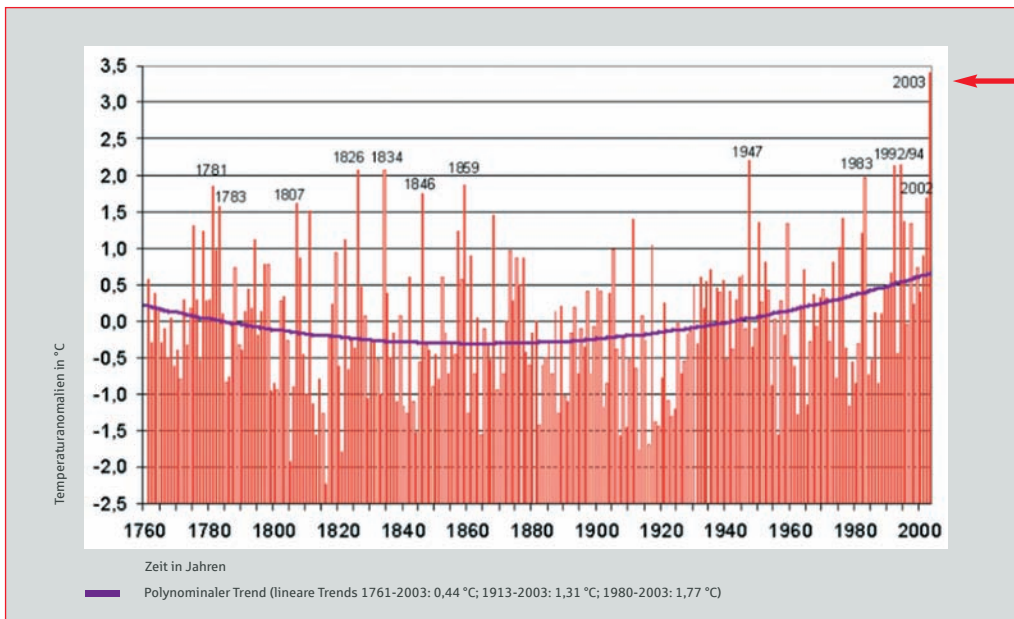
Schweres Unwetter am 18.08.2003 im westlichen Landkreis Rosenheim
(Quelle: W. Stieglmair, München)

In der letzten Monatsdekade herrschte bis zum 28. August unter Hochdruckeinfluss meist sonniges Sommerwetter. Erst in den letzten Augusttagen gelangte auf der Rückseite eines nordostwärts ziehenden Tiefdruckgebietes kühlere Meeresluft nach ganz Deutschland. In der Nacht zum 29. August verursachte ein Tornado in Kressbronn-Gohren (Bodensee) Schäden in Höhe von etwa 1 Mio. €.

Im Monat August waren nicht nur neue Rekorde der Tageshöchsttemperatur, sondern auch neue Rekordwerte der Tagesmittel (30,4 °C Freiburg i. Br. am 10. August) und der Monatsmitteltemperatur (vielerorts in Mittel- und Süddeutschland) zu verzeichnen. Bundesweit lagen die Temperaturen um etwa 4 °C über der Referenzperiode 1961 bis 1990. Die Niederschlagsmenge lag fast überall unter 50 % des sonst üblichen Monatsniederschlags. Der Minimalwert wurde in Görlitz mit 3,0 l/m², entsprechend 4 % der üblichen Regenmenge, registriert. Insbesondere im Osten Deutschlands führte die anhaltende Dürre zu großen Ernteeinbußen. Die Flüsse verzeichneten historische Niedrigstände. Der Rheinpegel an der deutsch-niederländischen Grenze bei Emmerich unterschritt ab der Monatsmitte den alten Rekordtiefstand von 54 cm (September 1991). Auch an der Elbe und der Donau musste der Schiffsverkehr an weiteren Abschnitten eingestellt werden.

Der Sommer 2003 (Monate Juni, Juli, August) war mit einer mittleren Tagestemperatur von 19,6 °C um 3,4 °C wärmer als die mittlere Sommertemperatur der Periode 1961 bis 1990. Damit war dieser Sommer der heißeste Sommer seit Beginn der flächendeckenden Temperaturlaufzeichnung im Jahre 1901 und sogar der heißeste seit 1761, dem Beginn der Flächenmittelabschätzungen der monatlichen bodennahen Lufttemperatur (SCHÖNWIESE et al. 2004).





Abweichungen des Flächenmittels der bodennahen Lufttemperatur (in °C) der Sommermonate (Mittel Juni, Juli, August) vom Mittelwert 1961 bis 1990 für die Jahre 1761 bis 2003 in Deutschland
(Quelle: SCHÖNWIESE et al. 2004)

Die Auswertung von Chroniken lässt für das südliche Bayern vermuten, dass der letzte ebenso heiße Sommer wohl der Sommer des Jahres 1540 war (PAESLER 2003). Anhand einer statistisch klimatologischen Analyse kann abgeleitet werden, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit für eine Sommeranomalie von $\geq 3,4^{\circ}\text{C}$ wie im Jahr 2003 in den letzten Jahrzehnten enorm angestiegen ist. Grund ist dafür Deutschland festzustellende, durch globale Umweltveränderungen hervorgerufene Erwärmungstrend. Die Wahrscheinlichkeit beträgt zum heutigen Zeitpunkt $p = 0,022$, was einer Jährlichkeit von 455 Jahren entspricht und damit immernoch ein sehr seltenes Ereignis darstellt (SCHÖNWIESE et al. 2004).

Die extrem heißen Sommertemperaturen waren nicht nur auf Deutschland beschränkt, sondern herrschten in ganz Europa. Schätzungen zufolge forderte die Hitzeperiode im Sommer 2003 in Europa insgesamt etwa 35 000 Menschenleben (EARTH POLICY INSTITUTE 2003).

September

Die kühlen Luftmassen maritimen Ursprungs, die bereits Ende August weit erbestimmend waren, beeinflussten auch zu Beginn des Septembers das Wettergeschehen. Ein von Westen heranziehendes Hoch führte ab dem 4. September zu einer Erwärmung, und gebietsweise wurde die 25°C -Marke überschritten. Anschließend strömte feuchte Meeresluft aus Südwesten heran, und es kam im Übergangsbereich zu den warmen Luftmassen zu verbreiteten Niederschlägen, im Großraum Heilbronn/Ludwigsburg sogar mit unwetterartigem Charakter.

Ab dem 11. September etablierte sich abermals eine Hochdruckbrücke über Mitteleuropa, und der Altweibersommer stellte sich ein. Hierbei stiegen die Temperaturen um den 20. selbst in Norddeutschland auf über 30°C . Erst am 23. September sanken die Temperaturen sehr deutlich durch die Zufuhr arktischer Meeresluft auf der Rückseite eines atlantischen Randtiefs über

Nordeuropa. Vor bzw. an der von Westnordwest einschwenkenden Kaltfront bilden sich konvektive Zellen, und es entwickelte sich in der Nacht zum 23. ein Tornado, der in Stuhr bei Bremen Sachschäden an Häusern und Autos in der Größenordnung von 0,5 Mio. € verursachte.



Niedrigwasser am Rhein bei Düsseldorf
Sommer 2003 (Quelle: ddp)

Paragraf § Praxis

Vor allem aufgrund der sehr warmen Periode zur Monatsmitte wich die Temperatur in Deutschland auch im September positiv von den langjährigen, klimatologischen Durchschnittswerten ab (um 0,8 bis 1,8 °C). Betrachtet man das deutschlandweite Flächenmittel, so war auch der September zu trocken.

Oktober

Im ersten Monatsdrittel herrschte aufgrund zyklonaler Westwetterlagen überwiegend wechselhaftes, kühles und teilweise stürmisches Wetter mit verbreiteten Niederschlägen. Anschließend etablierte sich ein ausgedehntes Hochdruckgebiet über Skandinavien, das die aus westlicher Richtung

heranziehenden Tiefdruckgebiete blockierte und den Weg freimachte für trockene, kalte Luftmassen polaren Ursprungs. Es war dementsprechend sonnig und kalt, wobei ab dem 13. Oktober gebietsweise die ersten Nachtfroste auftraten. Zu Beginn der dritten Monatsdekade überquerten Tiefdruckgebiete Deutschland, und anschließend stieß erneut arktische Kaltluft aus Norden vor. Mit Ausnahme der Gebiete in unmittelbarer Küstennähe herrschte in der Nacht zum 24. Oktober überall in Deutschland starkere Bodenfröste. In Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg kam es zu Schneefall. Die außergewöhnlich frühe Kälteperiode wurde in den letzten Oktobertagen durch den Zufluss von sehr milder, feuchter Meeresluft aus westlicher Richtung beendet.

gegenüber den Durchschnittswerten der Referenzperiode wichen die Oktobertemperaturen um 2,1 bis 3,4 °C nach unten ab. Die Serie der zu warmen Monate März bis September wurde somit beendet. Vor allem aufgrund der sehr niederschlagsreichen Periode zu Monatsbeginn war für den Oktober verbreitet ein um den Faktor 1,3 bis 1,5 über den langjährigen Mittelwerten liegender Niederschlagsüberschuss zu verzeichnen.

November

Die seit Ende Oktober herrschende Westströmung hielt weiter an, und erwärmte die Meeresluft wurde nach Deutschland geführt. Am 3. November kam es zu Schauern und Gewittern. Aus einer der Gewitterzellen entwickelte sich ein Tornado (F1 bis F2 auf der Fujita-Skala), der in Kirchhain bei Marburg die Dächer mehrerer Häuser und Gewerbebetriebe abdeckte und zahlreiche Autos beschädigte.

Ein Hochdruckgebiet, das sich ab dem 4. November über Frankreich und Süddeutschland entwickelte, wanderte in Richtung

Skandinavien und beschert e Deutschland bis fast zur Monatsmitte trockenes Wetter. Anschließend griff das Frontensystem eines nordatlantischen Tiefs auf Deutschland über, und es kam verbreitet zu Niederschlägen. Vom 21. bis 26. November gelangte am Rande eines Hochs sehr milde subtropische Luft aus südlicher Richtung in unser en Raum. Vielerorts wurden Tagesmaxima von deutlich über 15 °C gemessen. Die sehr milde Witterung hielt, wenn auch in abgeschwächter Form, bis zum Monatsende an.

Gebietsweise, vor allem im Westen und Norden, war der November deutlich milder als der Vormonat. Die höchsten Abweichungen der Monatsmitteltemperatur von den Werten der Klimavergleichsperiode konnten für das Niederrheingebiet abgeleitet werden (2,5 bis 3,0 °C). Für das gesamte Bundesgebiet betrug die positive Abweichung 1 bis 2 °C. Im Bundesdurchschnitt fielen nur 38 mm Niederschlag, was 58 % der mittleren Niederschlagsmenge entspricht.

Dezember

Die Zufuhr warmer Luftmassen durch südliche Strömungen hielt zu Beginn des Dezembers an und wurde am Alpennordrand durch starken Föhn verstärkt. Ab dem 6. Dezember stellte sich durch den Vorstoß kalter arktischer Luftmassen überwiegend trockenes, sonnenscheinreiches Wetter ein.

Zu Beginn des zweiten Monatsdrittels setzte sich eine westliche Strömung durch, in der sich eingelagerte Tiefdruckgebiete mit Zwischenhochs abwechselten. Die Folge war wechselhaftes Wetter, zum Teil mit Schneefall, Glatteis und Sturmböen.

Ab dem 19. Dezember entwickelte sich unter Kaltlufteinfluss nahe Island ein Höhentrog. Das zugehörige Tief **JAN** wanderte, gesteuert von einem Tiefdruckzentrum über Spitzbergen, in den Folgetagen über Schottland,



Sturmtief JAN richtete auf vielen Weihnachtsmärkten Schäden an (Quelle: dpa).

die südliche Nordsee bis in den baltischen Raum. Das assoziierte Sturmfeld überstrich Deutschland am Nachmittag des 21. Dezember (→ siehe Die Entwicklung des Sturmtiefs **JAN**). Die Feuerwehr musste u. a. in Hamburg, Hannover und Berlin zu zahlreichen Einsätzen ausrücken.

Die auf der Rückseite **JANs** von Skandinavien nach Mitteleuropa einströmende Kaltluft führte verbreitet zu Schneefall. Der starke auflandige Wind aus nördlichen Richtungen drückte das Ostseewasser in die Lübecker Bucht, und es wurden Wasserstände von bis zu 1,50 m ü. NN erreicht. Entsprechend wurden in Lübeck tiefliegende Bereiche überflutet.

Über die Feiertage herrschte im Norden mildes, trübes und im Süden kaltes, sonniges Wetter. Nachdem ganz Deutschland kurzzeitig unter dem Einfluss milder Luftmassen stand, floss gegen Monatsende auf der Ostseite eines skandinavischen Hochs Kaltluft aus Nordosteuropa nach Deutschland, und es stellte sich winterliches Wetter ein.

Die Monatsmitteltemperatur lag im Dezember fast überall, zumindest geringfügig, über dem Referenzwert. Mit Ausnahme des Emseinzugsgebietes im Nordwesten Deutschlands war es überall deutlich niederschlagsärmer als üblich.

2 Sturmdokumentation 2003

Die Entwicklung des Sturmtiefs CALVANN (2. bis 3. Januar 2003)

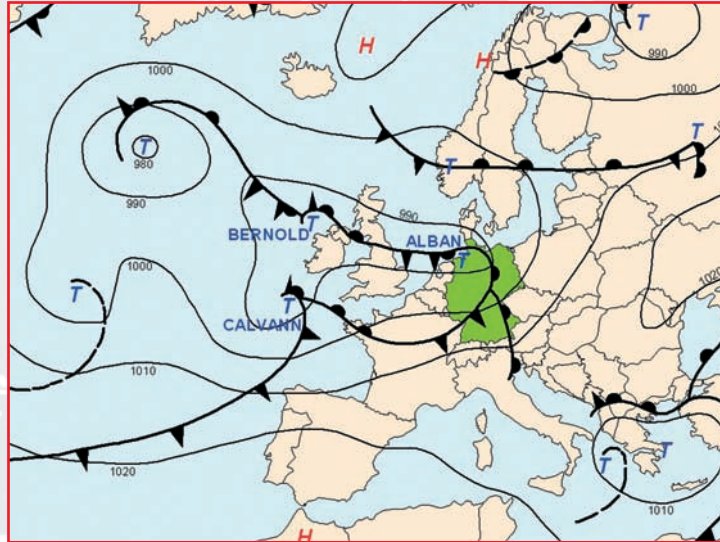
Am 2. Januar 2003 hatte sich über dem östlichen Nordatlantik und Mitteleuropa eine südliche Westlage ausgebildet, in der die Tiefdruckgebiete BERNOLD, ALBAN und CALVANN von West nach Ost über Mittel- und Osteuropa hinweg verlagert wurden (→ siehe Bodenkarte vom 2. Januar).

Steuerndes Zentrum war ein im zentralen Nordatlantik gelegener Wirbel, der maritime Polarluft weit nach Süden transportierte. Dadurch wurde der für die schnelle, nach Osten gerichtete Strömung verantwortliche Temperatur- und Druckgradient zu den subtropischen Luftmassen im Süden (Azorenhoch) aufgebaut. Im europäischen Bereich lag nördlich des Frontenzuges, der die Tiefdruckkerne BERNOLD und ALBAN verband (entsprechend einer Linie Schottland – Nordostdeutschland – Polen), kontinentale Polarluft, die ebenfalls einen großen Temperaturkontrast zu der südlicher gelegenen erwärmten Meeresluftmasse aufwies. Im Bereich dieser Luftmassengrenze, die bereits während der letzten Dekade des alten Jahres bestand, war es über Deutschland immer wieder zu starken Frontniederschlägen gekommen. In der schnellen Westströmung, die sich vom Atlantik nach Mitteleuropa hineinzog, kam CALVANN zügig voran (→ siehe Bodenkarte vom 3. Januar). Zur Intensität dieses Sturm-

tiefs trug bei, dass es in seinem Warmsektor, der sich auf der Bodenkarte vom 2. Januar zwischen Kalt- und Warmfront über Westfrankreich und der Biskaya befindet, sehr milde Subtropikluft enthielt, die über Deutschland zu Temperaturen bis 14 °C führte. Der Temperaturkontrast zur kühleren Luftmasse nördlich des Frontenverlaufs war somit im Falle CALVANNs stark ausgeprägt und das Tief energiereich. Am frühen Abend des 2. Januar erreichte der Bereich des Sturmes, in dem das größte Druckgefälle hin zum Zentrum herrschte und dementsprechend die höchsten Windgeschwindigkeiten auftraten, den Südwesten Deutschlands. Im Verlauf der Sturmpassage entwickelte sich ein von West nach Ost gerichteter Böenkorridor durch Süddeutschland; der zugehörige Kern CALVANNs zog über die Nordhälfte Deutschlands hinweg.

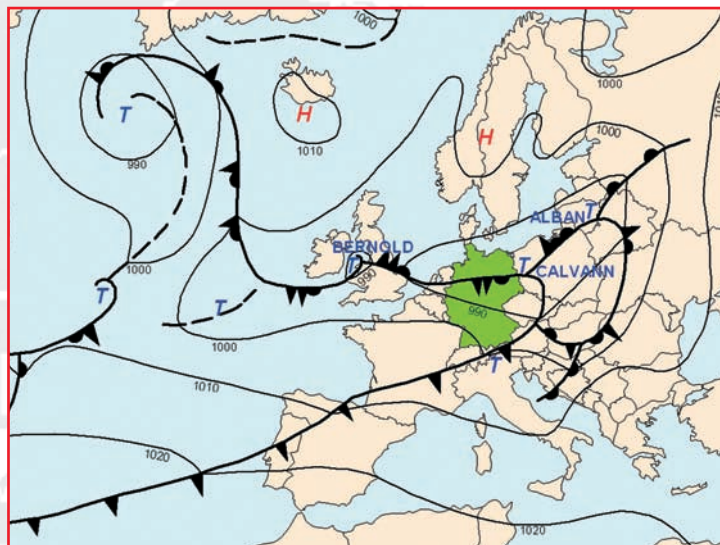
Bodenkarte

Sturmtief CALVANN
02.01.2003
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief CALVANN
03.01.2003
1 Uhr MEZ



Wie die Karte des Maximalböenfelds bestätigt, kam es vor allem in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern zu nennenswerten Sturmschäden. Darunter waren mehrere schwere Verkehrsunfälle aufgrund Straßen und Schienen blockierender Äste sowie umgefallener Bäume. Im bayerischen Wiesau entstand an einem Zug, der einen umgestürzten Baum gerammt hatte, Totalschaden; ein weiterer Zug verunglückte bei Freudenstadt. In München wurden zwei Zelte eines Weihnachtsfestivals zum Einsturz gebracht. Es entstand ein Schaden von ca. 1,5 Mio. €. Die Feuerwehre rückte in München zu 130 Einsätzen aus. Im Raum Freiburg i. Br. waren 300 sturmbedingte Einsatzfahrten erforderlich. Im Großraum Heilbronn mussten zahlreiche Haushalte zeitweise ohne Strom auskommen. Es entstanden etwa 0,5 Mio. m³ Sturmholz – weit weniger als die 29 Mio. m³, die der Orkan LOTHAR im Jahr 1999 allein in Baden-Württemberg verursacht hatte.

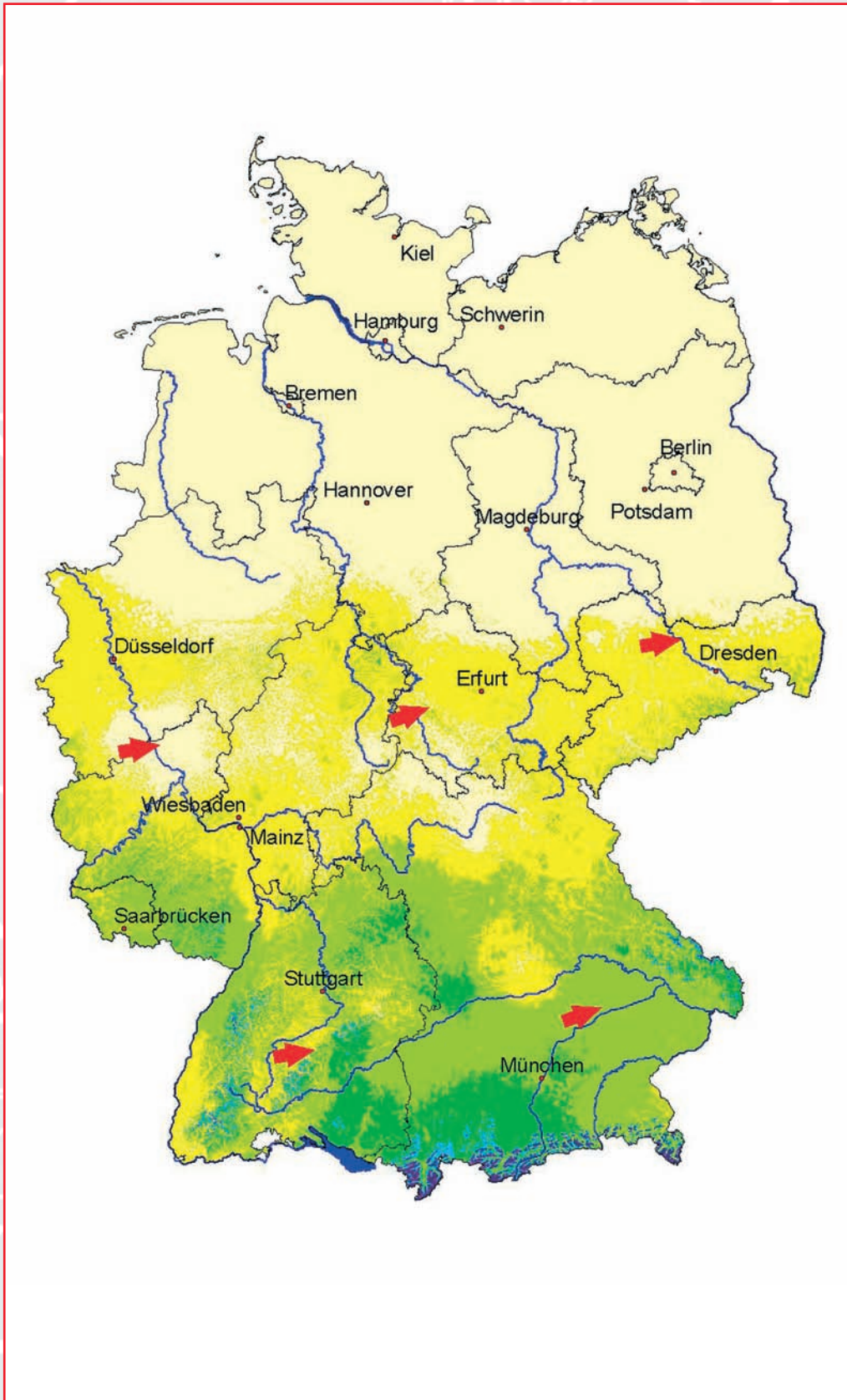
Während der Sturmpassage kam es nach dem Einfließen der Kaltluft zur Entstehung von Gewittern. Eine über der Schwäbischen Alb südwestlich von Ulm entstandene Gewitterzelle führte zur Ausbildung eines Tornados, der nach einem Augenzeugenbericht innerhalb von 30 Sekunden durch die Ortschaft Pfraunstetten zog, dort 16 Dächer abdeckte, die Fenster herausdrückte, Bäume entwurzelte und in den nahe gelegenen Wald eine Schneise schlug. Der Korridor der stärksten Schäden hatte eine Breite bis maximal 150 Meter. Gemäß einer Rekonstruktion hatte der Tornado insgesamt nur etwa 5 Minuten Bodenkontakt.

Im Bereich der Luftmassengrenze zwischen wärmerer Meeresluft im Südwesten/Süden und kälterer Polarluft im Norden/Nordosten Deutschlands war es im Laufe der letzten Dezemberdekade bereits zu mehreren ergiebigen Niederschlägen aus Frontensystemen gekommen. Das Wasserspeichervermögen der nassen Böden war deshalb erschöpft, und die starken Niederschläge, die vom 29. bis 30. Dezember 2002 und – mit der Passage CALVANNs – vom 2. bis 3. Januar 2003 über dem Westen, der Mitte und dem Süden Deutschlands niedergingen, konnten unmittelbar abflusswirksam werden. Hochwasserwellen an zahlreichen Flüssen waren die Folge. Brennpunkte der Gefährdung waren Koblenz und Köln am Rhein, Wertheim am Zusammenfluss von Main und Tauber und Bad Kissingen an der Fränkischen Saale.

Maximalböenfeld

Sturmtief CALVANN

02.-03.01.2003



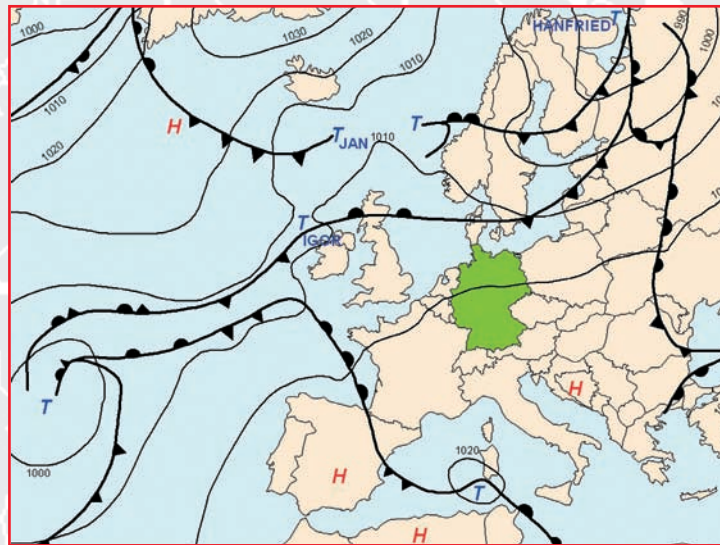
Die Entwicklung des Sturmtiefs JAN (21. bis 22. Dezember 2003)

Ab dem 19. Dezember war ein Ausbruch von sehr kalten Luftmassen von Grönland aus in Richtung auf Island und Schottland zu beobachten. Unter diesem Kaltluft einfluss formte sich in der Höhenströmung nahe Island ein nach Süden ausgebauchter Trog, dem das in der Bodenkarte vom 20. Dezember sichtbare Tief **JAN** zugehörte. Dieser Trog mit dem Tief **JAN** wurde gegen den Uhrzeigersinn um das im hohen Norden gelegene, kalte Tiefdruckzentrum HANFRIED herum verlagert. D. h., der Kern von **JAN** wanderte in einem leichten Bogen von dem Seegebiet südlich Island über Schottland in die südliche Nordsee (→ siehe Bodenkarte vom 21. Dezember). Neben der arktischen Meeresluft auf seiner nordwärtigen Seite bezog dieser Wirbel auch die aus dem Azoreng Gebiet stammende feuchtwarme Subtropikluft in seine Zirkulation ein, die im Warmsektor der Welle IGOR enthalten war (→ siehe Bodenkarte vom 20. Dezember). Aufgrund des Temperaturkontrasts der beteiligten Luftmassen und der bei den Kondensations- und Gefrierprozessen freier werdenden Wärme verstärkte sich der Wirbel über der Nordsee zum Sturmtief. Der Kerndruck lag am 21. Dezember, 1 Uhr MEZ, bei < 975 hPa. In den frühen Morgenstunden des 21. kam es im Nordwesten Deutschlands durch großflächige Hebung im Bereich des Tiefs auch zur Bildung von Gewittern mit Graupelschauern.

Das Sturmfeld überstrich Deutschland am Nachmittag des 21. Dezember, wobei die stärksten Böen in Niedersachsen, in Hamburg und in einem Band, das sich von Teilen Thüringens über den Süden Sachsen-Anhalts und Sachsen bis nach Brandenburg und Berlin hinzog, auftraten (→ siehe Karte des Maximalböenfeldes). In Berlin veranlassten abgerissene oder lose Dach-, Bau-, Reklame- und Gerüstteile sowie Windwurf von Bäumen und Ästen rund 200 Feuerwehreinsätze, wobei für zwei Stunden der Ausnahmezustand ausgerufen wurde. Auch in Hamburg kam es zu etwa 200 wetterbedingten Feuerwehreinsätzen, in Hannover waren es noch 50. In diesen Städten wurden Weihnachtsmärkte vorübergehend geschlossen; darüber hinaus führten auch andernorts die wenig sturmtauglichen Weihnachtsbaum-Arrangements zu Schäden bzw. erhöhten Risiken auf Weihnachtsmärkten (u. a. Aurich, Erfurt, Lichtenfels in Oberfranken). In ganz Nordrhein-Westfalen rückte die Polizei zu rund 700 wetterbedingten Einsätzen aus.

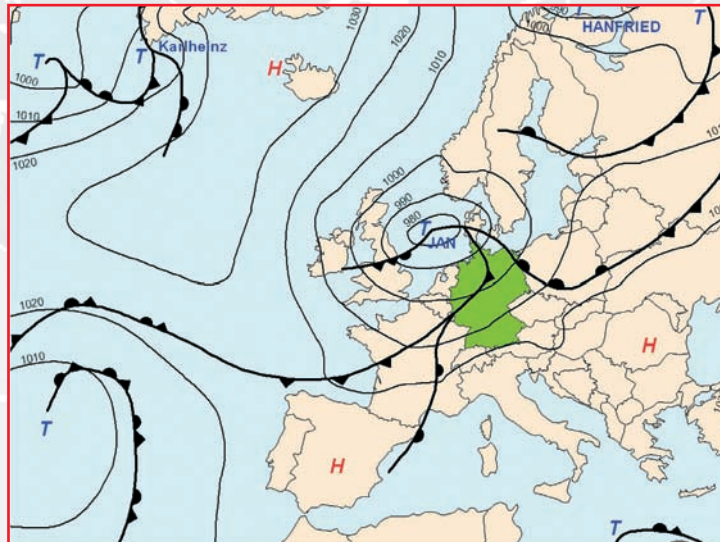
Bodenkarte

Sturmtief JAN
20.12.2003
1 Uhr MEZ



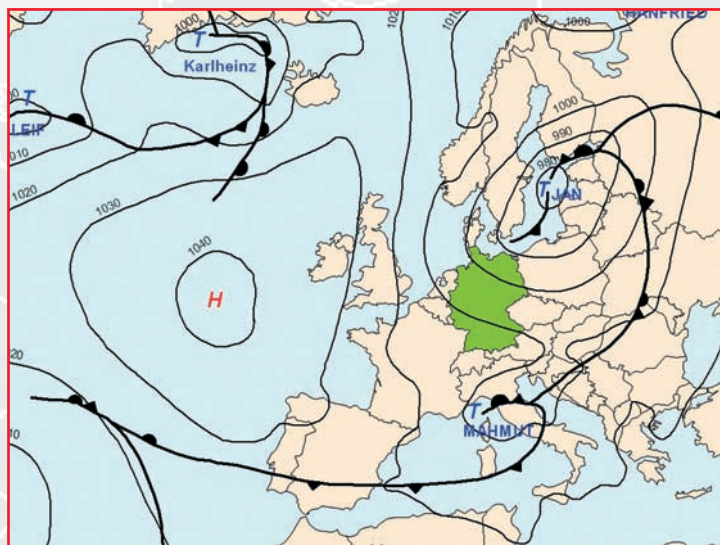
Bodenkarte

Sturmtief JAN
21.12.2003
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

Sturmtief JAN
22.12.2003
1 Uhr MEZ

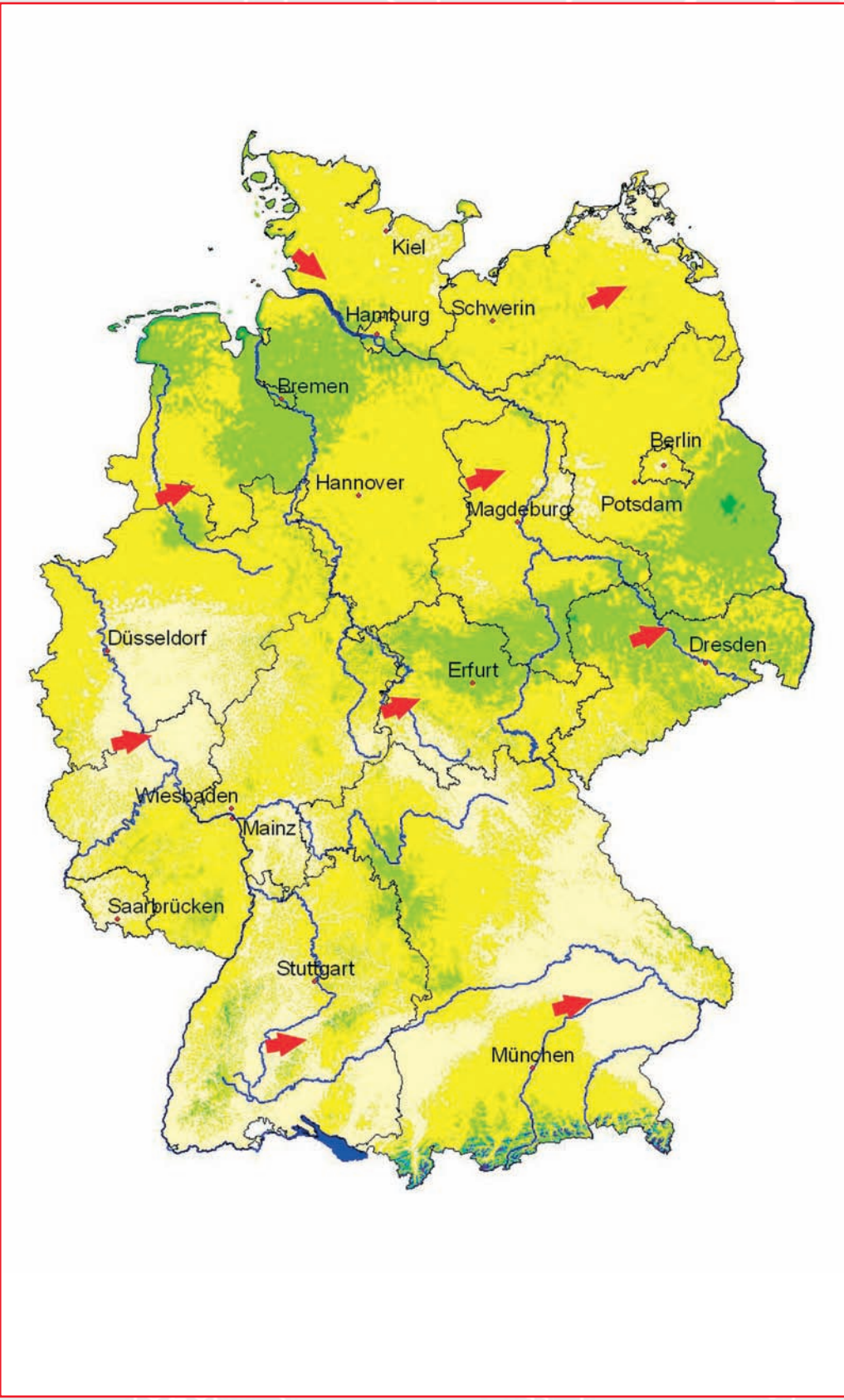


Die Schäden hielt en sich zumeist in Gr enzen; die Presse erwähnte Windschäden aus Niedersachsen, insbesondere für die Orte Hannover, Wolfenbüttel, Wolfsburg, Stade und den Landkreis Harburg. Auch aus Sachsen-Anhalt und Sachsen wurden Schäden an Strommasten, Dächern und Bäumen gemeldet. Böen und Graupelschauer führten zu Unfällen auf der A 27 bei Walsrode (Niedersachsen) und auf der A 61 in Rheinland-Pfalz. In Gütersloh und dem ostwestfälischen Umland waren stundenweise ca. 350 000 Menschen ohne Strom, weil ein Strommast, der allerdings in Sabotageabsicht mit einem Trennschleifer präpariert worden war, vom Sturm umgeworfen wurde. Wegen der ausfallenden elektrischen Pumpen brach auch die Gas- und Wasserversorgung zusammen, Alarmanlagen sprangen an, Notstromaggregate in Krankenhäusern nahmen den Betrieb auf, Türen von Banken und Supermärkten öffneten sich trotz der sonntäglichen Geschäftsruhe.

Zahlreiche Fährverbindungen waren bei 7 bis 9 Meter hohen Wellen in der Deutschen Bucht eingestellt worden. Vor der niederländischen Küste kam der Giftfrachter „Andinet“ bei schwerer See in Bedrängnis und verlor 630 Fässer mit Pestiziden.

Die auf der Rückseite JANs von Skandinavien her nach Mitteleuropa einströmende Kaltluft ließ die Niederschläge – besonders am 22. Dezember – als Schnee und Eis wirksam werden. Es kam zu Hunderten von Verkehrsunfällen und zu mehreren langen Autobahnstaus. Die im Zuge der Sturmfrontpassage JANs veröffentlichte Sturmflutwarnung für die deutsche Nordseeküste wurde am 21. wieder zurückgenommen. Hingegen wurden am 22. Dezember durch die aus nördlichen Richtungen gegen die deutsche Ostseeküste gerichtete Anströmung Wasserstände von bis zu 1,50 m ü. NN erreicht und entsprechend etwa in Lübeck Parkplätze und eine Straße überflutet.

Maximalböenfeld Sturmtief JAN 21.12.2003



Witterungsrückblick und Sturmdokumentation des Jahres **2004**

2004



1 Witterungsrückblick 2004

Das Jahr 2004 im Überblick

Trotz einiger Stürme zu Jahresbeginn sowie einiger Tornados und Hagelschläge in den Sommermonaten – die witterungsbedingten Schäden hielten sich 2004 in Grenzen. In Süddeutschland kam es während der Passage der Tiefs **GERDA** und **HANNE** am 12./13. Januar lokal zu Sturmschäden und Überflutungen. In der Nacht zum 1. Februar war vor allem Nordrhein-Westfalen durch die Sturmböen des Tiefs **QUEENIE** betroffen. Für nennenswerte Schäden in den küstennahen Bundesländern waren die beiden Sturmtiefs **NINA** und **ORALIE** (19. bis 21. März) verantwortlich. Aus einer Gewitterzelle entwickelte sich am 23. Juni ein Tornado, der in Michel n (Sachsen-Anhalt) schwere Zerstörungen anrichtete. Unwetter mit Starkniederschlägen, Blitz und Hagel verursachten am 8./9. Juli im Südwesten und Osten Deutschlands vor allem in der Landwirtschaft beträchtliche Schäden. Am Abend des 18. Juli waren es zwei weitere Tornados, die am Niederrhein und im westlichen Ruhrgebiet zu erheblichen Sachschäden führten.

Mit einer Mitteltemperatur von 8,9 °C war es in Deutschland im Jahr 2004 um etwa 0,7 °C wärmer als im langjährigen Mittel (1961 bis 1990). Die positive Temperaturanomale fiel damit aber deutlich niedriger aus als in den Vorjahren. Überwiegend zu kalt war es in den Monaten Mai, Juni und Juli. Die mittlere Niederschlagshöhe war 2004 absolut durchschnittlich. Mit 790 l/m² entsprach sie quasi der Menge des langjährigen Mittels.

Weltweit betrachtet lag die mittlere Oberflächentemperatur im Jahr 2004 um 0,44 °C über dem Wert der Klimavergleichsperiode. 2004 war damit das viertwärmste Jahr seit Beginn der Messungen 1860. Lediglich die Jahre 1998, 2002 und 2003 waren im globalen Mittel noch wärmer.

Januar

Ein Hoch über Skandinavien sorgte zu Jahresbeginn für die Zufuhr arktischer Kaltluft aus Nordosten. Ab dem 6. Januar überquerte die Warmfront eines Nordmeertiefs Deutschland von Westen nach Osten und verdrängte das Kältehoch nach Südosten. Die aufgleitende, milde Meeresluft sorgte im Westen für Eisregen, im Osten für Schneefall. Der sich verschärfende Temperaturkontrast an der Polarfront bescherte Europa in den folgenden Tagen eine stürmische, regnerische Westwetterlage. Den Höhepunkt bildeten die Sturmtiefs **GERDA** und **HANNE** am 12. und 13. Januar, die jedoch nur vergleichsweise geringe Schäden verursachten (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **GERDA** und **HANNE**). Durch die teils erheblichen Niederschläge ereigneten sich in einigen Gebieten Süddeutschlands lokale Überflutungen, so unter anderem in Baden-Baden. Am Oberrhein entwickelte sich eine Hochwasserwelle, welche die Schifffahrt zwischen Iffezheim und Maxau beeinträchtigte. In der hinter dem Sturmtief einfließenden erwärmten Meeresluft traten aufgrund labiler Schichtung Schauer und Gewitterzellen auf. In der Ortschaft Drochtersen-Assel (Niedersachsen) beschädigte am 13. Januar ein Tornado acht Häuser zum Teil erheblich.



Das Kreuzfahrtschiff „Pride of America“ wurde durch die Sturmtiefs GERDA und HANNE in Schiefelage gebracht (Quelle: ddp).

Zu Beginn der letzten Monatsdekade bestimmte eine von Skandinavien bis zur Biskaya reichende Hochdruckbrücke das Wettergeschehen, und es herrschte vor allem im Osten Deutschlands Dauerfröste. In Oderwitz in der Oberlausitz ging die Temperatur in den Morgenstunden des 24. Januar bis auf -28°C zurück. Am letzten Montag stellte sich die Wetterlage um, und Mitteleuropa geriet unter eine schnelle westliche Strömung mit massiver Warmluftzufuhr.

Aufgrund der zahlreichen Niederschläge war der Januar verbreitet zu nass. In Augsburg-Mühlhausen fielen etwa 350 % der Niederschlagsmenge der Klimavergleichsperiode.

Februar

In der Nacht zum 1. Februar griffen die Fronten des Sturmtiefs **QUEENIE** auf Deutschland über (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **QUEENIE** und **URSULA**). Nennenswerte Schäden gab es dabei vor allem in Nordrhein-Westfalen. Nachfolgend verblieb Deutschland im Zustrom sehr milder Meeresluft mit Tageshöchsttemperaturen zwischen 10 und 15°C . Das Sturmtief **URSULA** beendete am 8. Februar die milde Phase (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **QUEENIE** und **URSULA**). Die auf seiner Rückseite eingeflossene subpolare Kaltluft führte verbreitet zu Schnee- und Graupelschauern, örtlich auch kurzen Gewittern.

Ein sich verstärkendes Hochdruckgebiet über den Britischen Inseln bescherte Deutschland zur Monatsmitte ruhiges, meist trockenes, anfangs aber auch sonnenscheinarmes Wetter. Am 21. Februar wurde im Alpenvorland, bedingt durch eine Föhnlage, kurzzeitig Saharastaub herantransportiert, der den Himmel orange färbte. Ab dem 23. Februar änderte sich die Großwetterlage, und bis zum Monatsende bestimmten atlantische Tiefdruckgebiete das Wettergeschehen in Mitteleuropa. Die sehr milde Witterung in der ersten Monatsdekade führte dazu, dass im Februar die Mittelwerte der Temperatur etwa zwischen $1,5$ und $2,5^{\circ}\text{C}$ über denen der Klimavergleichsperiode lagen.



Saharastaub färbte am 20.02.2004 den Himmel über den Alpen orange (Quelle: S. Riedl, Hall/Tirol).

März

Zu Beginn des Monats strömte arktische Kaltluft aus Nord bis Nordost nach Deutschland, und es kam wiederholt zu Schneefällen. Erst am 4./5. März, als sich ein Hochdruckgebiet am Boden nach Mitteleuropa hin verlagerte, schien verbreitet die Sonne. Ab dem 13. März führte ein Tiefdruckgebiet südlich von Island mit westlicher Strömung milde Meeresluft nach Deutschland. Während in den Folgetagen die Nordhälfte von atlantischen Fronten mit etwas Regen gestreift wurde, war es im Süden sonniger. Ein Hoch über dem Mittelmeer führte mit südwestlicher Strömung warme, trockene Subtropikluft nach Deutschland, die die Temperaturen am 17. März verbreitet über 20 °C steigen ließ. Vielerorts wurden neue Dekadenhöchstwerte aufgestellt. Ende März am Rhein schrammte mit 24,6 °C nur knapp am ersten Sommertag (ab 25 °C) vorbei.

Die sich zwischen nördlichen und südlichen Breiten verschärfenden Temperaturgegensätze führten zur Ausbildung einer kräftigen Frontalzone über dem Nordatlantik mit einem starken Westwindband. So war Deutschland in den Folgetagen von den Fronten der Sturmtiefs **NINA** (19. März) und **ORALIE** (20./21. März) betroffen (→ siehe Die Entwicklung der Sturmtiefs **NINA** und **ORALIE**). **ORALIE**, der stärkere der beiden Stürme, führte vor allem in den küstennahen Bundesländern zu Schäden.

Die nachfolgende kühle, in südlichen und östlichen Höhenlagen teils niederschlagsreiche Witterung wurde erst in den letzten Märztagen durch trockenes sonnenscheinreiches Hochdruckwetter abgelöst.

In der Monatsstatistik war der März in der Nordhälfte um etwa 1 °C zu warm, in Süddeutschland war die Bilanz ausgeglichen. Der Niederschlag lag nahezu bundesweit unter den Werten des langjährigen Mittels.



Teile des Daches des im Bau befindlichen Terminal 2 am Hamburger Flughafen wurden vom Sturm am 21.03.2004 weggerissen (Quelle: ddp).

April

Nach zwei Tagen ruhigen, sonnigen Hochdruckwetters wurde ab dem 3. April die Witterungsumschwung eingeleitet. Ein Tief bei Island verlagerte sich nach Mitteleuropa und führte auf seiner Rückseite subpolare Kaltluft nach Deutschland, in der sich immer wieder teils kräftige Regen-, Schnee- und Graupelschauer entwickelten. Ab Ostermontag (12. April) wurde die Witterung immer mehr von einem Keil des Azorenhochs bestimmt – es wurde zunehmend sonniger und wärmer.

Ein scharf ausgeprägtes Tief westlich der Britischen Inseln gestaltete ab dem 18. April das Wetter wieder wechselhaft. Auf seiner Vorderseite strömte warme Luft subtropischen Ursprungs ein, in der sich am 22. April vor allem im Westen teils kräftige Schauer und Gewitter entwickelten. Im Großraum Köln liefen nach Starkregenfällen mehrere Keller voll. Zuvor wurde in subtropischer Warmluft im Oberrheingraben vielerorts der erste Sommertag des Jahres registriert.

Vom 24. bis 27. April stand Deutschland unter Einfluss einer sich über Mitteleuropa ausweitenden Hochdruckbrücke. Zum Monatsausklang wurde es infolge eines Tiefs über Westeuropa wieder deutlich wechselhafter. In der vorderseitig eingeflossenen Warmluft entwickelten sich im Westen teils kräftige Schauer und Gewitter, die am 30. April in Nordrhein-Westfalen einige Schäden durch Starkregen, Hagel und Sturmböen verursachten.

Bundesweit fiel der April um 1 bis 2 °C, in Norddeutschland sogar um 2 bis 3 °C zu warm aus. Mit Ausnahme von Vorpommern und Teilen Nordrhein-Westfalens fielen meist nur 50 bis 80 % der monatsüblichen Niederschlagsmenge.

Mai

Die wechselhafte Witterung setzte sich zu Maibeginn fort. Die Okklusionsfront eines hochreichenden Tiefs über den Britischen Inseln lag am 5. Mai quer über Deutschland und trug subtropische Warmluft im Osten von kühler Meeresluft im Westen. An der Luftmassengrenze kam es am Abend in Sachsen und Brandenburg zu teils kräftigen Gewittern mit Starkregen. In Kreinitz an der Elbe wurde ein Tornado beobachtet.

In den Folgetagen verlagerte sich das Tief nach Mitteleuropa. Die intensive Schauer-tätigkeit hielt an. In starklabil geschichteter Luft entwickelten sich östlich der Elbe in den Nachmittags- und Abendstunden des 10. Mai teils heftige Gewitter. In der Region Oschatz wurden durch Starkregenfälle Keller überschwemmt. Vielerorts wurden Straßen überflutet.

Ab dem 13. Mai gelangte in den höheren Schichten der Atmosphäre mit nordwestlicher Strömung kühle Meeresluft in unseren Raum. Bodennah wurde aus Nordostarkt-



*Tornado in Kreinitz /Sachsen am 05.05.2004
(Quelle: M. Eppler, Villingen-Schwenningen)*



Am 09.06.2004 wurde diese Windkraftanlage durch Blitzeinschlag in Brand gesetzt (Quelle: dpa).

tische Kaltluft nach Ostdeutschland geführt, so dass in der Nacht zum 14. Mai die Temperaturen örtlich unter 0 °C absanken, womit die so genannten Eiseiligen (12. bis 14. Mai) ihrem Namen alle Ehre machten.

Ab dem 20. Mai führte tiefer Luftdruck über Skandinavien arktische, maritime Kaltluft in die Nordhälfte Deutschlands, während der Süden zunächst noch von einem Hoch über Frankreich beeinflusst wurde. An dieser Luftmassengrenze gab es in Süddeutschland am 21. einige Schauer und Gewitter.

Die sich danach über ganz Deutschland ausbreitende Kaltluft arktischen Ursprungs ließ die Tageshöchsttemperaturen teilweise unter 15 °C bleiben. Eine Hochdruckbrücke, die sich ab dem 28. Mai über Mitteleuropa aufbaute, beendete die für diese Jahreszeit ungewöhnlich kalte Witterung.

Vor allem die sehr kalte Witterung während der letzten Maidekade drückte die Temperaturbilanz des Monats nach unten. Die Mitteltemperaturen lagen rund 1 °C unter denen des langjährigen Mittelwertes.

Juni

Die auf der Rückseite eines kleinräumigen Tiefs eingeflossene mäßig warme Meeresluft sorgte zu Beginn des Juni wiederholt für Schauer und Gewitter mäßiger Intensität. Ab dem 7./8. Juni etablierte sich unter Hochdruckeinfluss sonniges Sommerwetter, und es wurde im Westen und Südwesten der erste heiße Tag (ab 30 °C) registriert. Aufgrund eines Tiefs, das sich von Skandinavien nach Nordosteuropa verlagerte, lagen die Höchstwerte im Küstenbereich von Nord- und Ostsee dagegen meist unter 20 °C. An der ausgeprägten Luftmassengrenze entwickelten sich in Norddeutschland in den frühen Morgenstunden des 9. Juni ungewitterartige Gewitter. Vor allem durch Blitzeinschläge wurden in Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern Schäden in Millionenhöhe verursacht. Die Bahn musste Züge von Hamburg nach Berlin, Kiel sowie Westerland/Sylt umleiten.

In den Folgetagen beendete eine westliche bis nordwestliche Strömung die heiße Periode. In feuchter Meeresluft bildeten sich immer wieder einzelne Schauer. Eine hochreichende Tiefdruckzone über Skandinavien und dem Nordatlantik führte ab 18. Juni zur Ausprägung einer klassischen Westwetter-

lage, die im Wesentlichen bis zum Monatsende anhielt und für wechselhaftes Wetter sorgte. Am 22. Juni hatte sich über dem Ostatlantik der Tiefdruckwirbel YASNA gebildet, der am 23. mit seiner Kaltfront Deutschland erreichte. An dieser Kaltfront entstanden im Westen Deutschlands teils kräftige Schauer und Gewitter, die rasch nach Osten zogen und am Abend die Oder erreichten. Bei der Passage der Unwetter kam es vor allem aufgrund von Sturmböen, aber auch durch Starkniederschlag und Hagel, zu einigen Schäden. Lokal schwere Schäden entstanden durch drei Tornados.



Der Tornado von Michelns/Sachsen-Anhalt am 23.06.2004 (Quelle: T. Fritz, Köthen)



Der Ort Michelns, nachdem der Tornado gewütet hatte (Quelle: R. Scheibe, Halle)

In Sachsen-Anhalt entwickelte sich aus einer Gewitterzelle ein Tornado, der gegen 18:45 Uhr über die Gemeinde Micheln und den dazugehörigen Ortsteil Trebbichau hinwegzog. 275 Gebäude wurden beschädigt. Dächer wurden – in vielen Fällen komplett – abgedeckt, Freileitungen zerstört, Bäume umgeworfen. Telefonnetz und Stromversorgung brachen zusammen. Sechs Häuser wurden so stark zerstört, dass sie nicht mehr bewohnbar waren; außerdem wurden Lagerhallen auf einem Fabrikgelände beschädigt. Sechs Menschen wurden verletzt, eine Person, die gegen eine Hauswand geschleudert wurde, schwer.

Ein weiterer Tornado wütete im schleswig-holsteinischen Marne und deckte dort das Dach einer Grund- und Hauptschule ab und beschädigte eine Turnhalle. Zudem hob der Tornado das Dach einer Realschule ab und setzte es anschließend wieder auf. Dachziegel wurden auf Autos geschleudert, 14 Wohnhausdächer abgedeckt, Parkanlagen verwüstet, Schaufensterscheiben eingedrückt.

Ein dritter Tornado wurde auf der Nordseeinsel Borkum beobachtet. Er riss eine Hütte der Deutschen Lebens-Rettungsgesellschaft vom Fundamentsockel. Eine Mitarbeiterin wurde aufgrund der Sogkräfte durch ein Fenster geschleudert und schwer verletzt.

Juli

Die seit Beginn der letzten Julidekade bestehende Westwetterlage setzte sich zu Julibeginn fort. Am 6. Juli verlagerte sich das Tief CHRISTINE von der Biskaya in den Ärmelkanal. Der Frontverlauf über Deutschland trennte dabei subtropische Warmluft im äußersten Osten und Südosten von kühlerer Meeresluft im Westen. An der Luftmassengrenze entwickelten sich am

8. und 9. Juli teils kräftige Unwetter mit Starkniederschlägen, Blitz und Hagel, die im Süden und Osten Deutschlands Schäden verursachten. In Südwestsachsen mussten Straßen wegen Überflutung gesperrt und Keller ausgepumpt werden. Bezogen auf die landwirtschaftlichen Schäden in Baden-Württemberg war dieses Hagelereignis eines der stärksten der letzten 20 Jahre.

Das mittlerweile nach Südkandinavien verlagerte Tiefdruckgebiet blieb in den Folge Tagen quasistationär und sorgte somit weiterhin für wechselhaftes, kühles Wetter.



Gewitterübersicht vom 08.07.2004 (Datenbasis: Meteorological Office UK)

Ab dem 16. Juli gelangte mit südwestlicher Strömung feuchte, subtropische Luft nach Deutschland. Am 17. und 18. Juli gingen infolge eines sich bildenden Wellentiefs schwere, teils unwetterartige Gewitter in weiten Teilen des Landes nieder. Im westlichen Ruhrgebiet trafen zwei Tornados am Abend des 18. Juli Millionenschäden an Teilen des Kreises Viersen am Niederrhein und Teile der Stadtgebiete von Duisburg, Oberhausen und Essen waren betroffen. Zu weiteren Unwitterschäden kam es an den Folgetagen am 19., 20. und 21. Juli



Der Tornado am Niederrhein in der Nähe von Tönisvorst am Abend des 18. Juli...



...verursachte einige extreme Gebäudeschäden
(Quelle: K. Kremers, Tönisvorst).



Hagelschlag zerstörte am 31.07.2004 zahlreiche Gewächshäuser südöstlich von Hamburg
(Quelle: T. Schwarz, Hamburg).

vor allem in der Osthälfte Deutschlands und am 23. Juli im Rhein-Main-Gebiet und Süddeutschland.

Ab dem 24. Juli gelangte wieder deutlich kühlere Meeresluft nach Deutschland, aber in den letzten Julitagen etablierte sich trockenes, hochsommerliches Wetter. In Norddeutschland kam es am 31. infolge eines Höhentiefs zu einzelnen Schauern und Gewittern. Dabei fielen südöstlich von Hamburg etwa zehn Minuten lang taubenei-

große Hagelkörner, die die Gewächshäuser von mehr als 70 Gartenbaubetrieben durchschlugen.

Hinsichtlich der Temperatur gliederte sich der Juli in eine signifikant nach unten abweichende erste Monathälfte und eine über dem Durchschnitt liegende zweite Hälfte. In der Gesamtbilanz war der Juli dann geringfügig kühler als im langjährigen Mittel. Nördlich der Mittelgebirge war es vergleichsweise zu warm, während die Niederschlagsbilanz im Süden ausgeglichen war.

August

In der ersten Augustdekade setzte sich das sonnige, heiße Wetter der letzten Julitage fort. Am 12. August griff das Frontensystem eines hochreichenden Tiefdruckgebiets über den Britischen Inseln auf Deutschland über und brachte längeranhaltenden Regen und einen markanten Temperaturrückgang. Vor allem Südbayern wurde von heftigen Gewittern heimgesucht. In der Nacht vom 14. auf den 15. August führten Starkniederschläge in Münster/Westfalen zu zahlreichen überfluteten Kellern. Nach kurzem Zwischenhocheinfluss am 15. August ge-

langte feuchtwarme Subtropikluft aus südlicher Richtung nach Deutschland. Dabei kam es immer wieder zu kräftigen Schauern und Gewittern. Besonders betroffen war der Raum Frankfurt am Abend des 18. August. Ab dem 24. August wurde die Witterung durch eine anhaltende Westwetterlage geprägt, und atlantische Tiefdruckgebiete überquerten Deutschland. Dabei kam es wieder zu Schauern, verbreitet auch zu gewittrigen Regenfällen, die örtlich sehr intensiv waren.

Im Vergleich zur Klimavergleichsperiode fiel der August deutschlandweit um ca. 2 °C zu warm aus. Von der Niederschlagsbilanz war der Monat meist zu nass, nur in weiten Teilen von Bayern und Sachsen trockener als im langjährigen Mittel.

Der Sommer 2004 (Juni, Juli, August) war insgesamt gesehen in der Südhälfte Deutschlands um etwa 1 °C zu warm, im Nordosten dagegen geringfügig zu kühl. Nördlich der Mittelgebirge war der Sommer überdurchschnittlich niederschlagsreich.

September

In der gesamten ersten Septemберdekade bescherte eine ausgedehnte Hochdruckzone über weiten Teilen West- und Mitteleuropas Deutschland sonniges, trockenes Spätsommerwetter. Mit Verlagerung des Hochdruckgebietes nach Südosten drangen atlantische Tiefausläufer vor, darunter auch der ehemalige tropische Wirbelsturm FRANCES, und führten kühle Meeresluft mit Regen nach Deutschland. Das Tief QUEEN, welches sich mit straffer Westströmung mit seinem Kern vom Nordatlantik nach Skandinavien verlagerte, sorgte vom 19. bis 21. September für stürmisches Wetter in Deutschland. Es kam zu sehr kräftiger Schauer- und Gewittertätigkeit, vor allem im Hamburger Großraum. Anschließend

gelangte mit nordwestlicher bis nördlicher Strömung Luft polaren Ursprungs nach Mitteleuropa. Ein kleines, sich nach Südosten verlagerndes Tiefdruckgebiet führte im Westen und Süden Deutschlands am 22./23. September zu länger anhaltendem Regen, der in den Staulagen der Mittelgebirge recht ergiebig war – im Spessart liefen Keller voll, und Straßen wurden überflutet. Die Witterung änderte sich in den darauffolgenden Tagen nicht, und mit nordwestlicher Höhenströmung wurden weitere Tiefs nach Mitteleuropa geführt. Erst am 30. September setzte Wetterberuhigung ein.

Wie der Vormonat war auch der September, vor allem aufgrund der sehr warmen ersten Monatsdekade, deutschlandweit wärmer als im langjährigen Mittel (ca. 0,5 bis 1,5 °C). Von den im September üblichen mittleren Niederschlagsmengen traten keine gravierenden Abweichungen auf.

Oktober

Aufgrund des Zustroms sehr milder subtropischer Luft zu Monatsbeginn kletterten die Temperaturen am 5. Oktober in der Südhälfte Deutschlands verbreitet auf über 25 °C. Bereits am 6. Oktober wurde die sehr milde Luft durch maritime Polarluft verdrängt. Ab dem 9. Oktober gelangte von Norden her subpolare Meeresluft nach Norddeutschland, während der Süden im Bereich der Ausläufer des ehemaligen tropischen Wirbelsturmes JEANNE lag. An der Luftmassengrenze kam es in Baden-Württemberg und Bayern zu intensiven Regenfällen. Auch in der Folgezeit bestimmte ein Tiefdruckgebiet das Wettergeschehen, und vor allem im Süden Deutschlands kam es immer wieder zu Niederschlägen. Ein umfangreiches Höhentief westlich der Britischen Inseln führte ab 20. Oktober mit südwestlicher Strömung wieder warme

subtropische Luft nach Deutschland. Die anhaltende Warmluftzufuhr ließ am 24. Oktober in weiten Teilen Süd- und Westdeutschlands die Höchsttemperaturen über 20 °C steigen, in Freiburg i. Br. wurden sogar noch einmal 25,2 °C erreicht. Danach geriet Deutschland unter schwachen Hochdruckeinfluss mit mäßig warmer Luft.

Der Oktober war bundesweit um etwa 0,5 bis 1,5 °C wärmer als im langjährigen Mittel, im Süden sogar um bis zu 2,6 °C (Garmisch-Partenkirchen). Die Niederschläge waren überwiegend unterdurchschnittlich, mit Ausnahme von Bayern und Baden-Württemberg, wo örtlich das Zweieinhalb- bis Dreifache der sonst üblichen Menge fiel.

November

Zu Monatsbeginn bestimmte ein sich von den Britischen Inseln nach Osteuropa verlagerndes Hochdruckgebiet das Wettergeschehen in Deutschland. Unterhalb einer Temperaturinversion (Zunahme der Temperatur mit der Höhe) herrschte dabei meist trübes Wetter, während in den Gipfelloagen der Mittelgebirge die Sonne schien. So war es z. B. am 2. November auf dem Wendelstein (1832 m ü. NN) mit 16,0 °C deutschlandweit am wärmsten. Am 9./10. November sorgte ein von Italien zur Nordsee ziehendes Tief für teils ergiebige Niederschläge, die im Süden bis ins Flachland als Schnee niedergingen.

Am 17. November und in den Folgetagen verlagerte sich eine ausgeprägte Frontalzone vom Nordostatlantik nach Mitteleuropa und sorgte für stürmisches Wetter. In der Nacht zum 18. November wurde vor allem Norddeutschland von den Fronten des Sturmtiefs PIA erfasst. Es wurden Bäume entwurzelt, einige Dächer beschädigt und einzelne Straßen überflutet.

In der Nacht zum 19. brach das Tief QUIMBURGA, welches sich quer über Deutschland mit Ostkurs verlagerte, neben Sturmböen auch teils kräftige Schneefälle. Die Schäden hielt es sich auch diesmal in Grenzen. Nach kurzer Wetterberuhigung erfasste am 22./23. November mit ROSELIES das dritte Sturmtief Deutschland. An der mecklenburgischen Ostseeküste kam es zu einer Sturmflut, schwere Schäden traten aber nicht auf.



Aufgewühlte Ostsee im Hafen von Lietzow/Mecklenburg-Vorpommern am 18.11.2004 (Quelle: ddp)

Bis zum Monatsende verblieb Deutschland meist unter schwachem Hochdruckeinfluss. Es herrschte nach anfänglichem Sonnenschein trübes Wetter mit Nebel und Hochnebel, zeitweise mit Nieselregen.

Die Temperaturen wichen im November nur wenig von denen des langjährigen Mittels ab. In der Nordhälfte war es überwiegend zu nass, im Süden meist zu trocken.

Dezember

Abgesehen von den ersten drei Dezembertagen stand Mitteleuropa bis zur Monatsmitte unter Hochdruckeinfluss. Bei der klassischen Inversionswetterlage schien in den höheren Lagen der Mittelgebirge in milder Luft verbreitet die Sonne, während sich im Flachland bei deutlich niedrigeren Temperaturen eine zähe Nebel- oder Hochnebeldecke hielt. Auf der Zugspitze (2962 m ü. NN) wurde so am 12. Dezember mit 5,2 °C die höchste je gemessene Dezembertemperatur seit dem Jahr 1900 registriert.



Inversionswetterlage – Blick vom Großen Arber am 12.12.2004

(Quelle: S. Engl, www.bayerwaldnatur.de)

Ab dem 17. Dezember dehnte sich eine Frontalzone vom Nordostatlantik nach Westeuropa aus und Deutschland geriet unter eine nordwestliche Höhenströmung, in deren Folge atlantische Tiefdruckgebiete auf unseren Raum übergriffen. Am 18. Dezember zog so das Sturmtief DAGMAR von Irland über Nordfrankreich und Deutschland hinweg zum Baltikum. Schwere Schäden entstanden in Nordfrankreich, während sich in Deutschland, wo vor allem der Südwesten betroffen war, die Schäden in Grenzen hielten. Schnee- und Hagelschauer sorgten laut Presseberichten

vielerorts für chaotische Straßenverhältnisse. Nach kurzem Zwischenhoch einfluss drangen am 22./23. Dezember die Ausläufer eines weitläufigen Tiefs nach Deutschland vor. Die nordwestliche Höhenströmung drehte jetzt auf West, so dass sich mit Durchzug mehrerer Tiefs das Weihnachtswetter relativ mild und wechselhaft gestaltete.

Am 26./27. Dezember brachte ein nordostwärts ziehendes Tief dem Osten Deutschlands verbreitet Schneefall, am 28. schneite es kurzzeitig im Westen. Am Silvestertag führte ein Tief ausläufer mit westlicher Strömung erneut milde Meeresluft nach Deutschland und sorgte so für einen regnerischen Jahresausklang.

Aufgrund der Inversionswetterlage in der ersten Monatshälfte wiesen die Gipfel der Mittelgebirge deutlich positive Temperaturabweichungen im Dezember auf. Auch im norddeutschen Tiefland war es verbreitet um etwa 1 bis 2 °C zu warm, während es in Süddeutschland geringfügig kälter als im langjährigen Mittel war.

Als besonders bemerkenswertes Elementarereignis im Dezember 2004 ist ein Erdbeben zu nennen, das sich am 5. Dezember um 2:52 Uhr im südlichen Baden-Württemberg ereignete. Das Epizentrum lag etwa 15 km nordöstlich von Freiburg bei Waldkirch im Südschwarzwald. Mit einer Magnitude von 5,4 auf der Richterskala war dieses Beben das stärkste mit einem Epizentrum in Baden-Württemberg seit dem Albstadt-Beben 1978. Trotz der für deutsche Verhältnisse großen Bebenstärke waren erstaunlicherweise nur relativ geringe Sachschäden zu verzeichnen. Diese beschränkten sich auf Risse in Hauswänden und heruntergefallene Dachziegel in den Landkreisen Emmendingen und Breisgau-Hochschwarzwald. Personen kamen nicht zu Schaden.

2 Sturmdokumentation 2004

Die Entwicklung der Sturmtiefs GERDA und HANNE (12. bis 13. Januar 2004)

Nachdem es ab dem 7. Januar zu einem Ausbruch sehr kalter Luftmassen von Kanada aus südostwärts in Richtung auf den westlichen und zentralen Nordatlantik gekommen war, wurde dadurch der Temperaturkontrast zu den weiter südlich gelegenen warmen Luftmassen im subtropischen Nordatlantik sehr stark. Die Folge war die Ausbildung einer stark akzentuierten Polarfront über dem Nordatlantik und damit eines kräftigen, von West nach Ost gerichteten Grundstroms, in dem immerwieder Tiefdruckgebiete nach Nord- und Mitteleuropa verlagert wurden. Stuerndes Zentrum dieser Verlagerung von Randtiefs war ein zeitweise mehrkerniger Bereich tiefen Luftdrucks im Seegebiet um Island. In dieser klassischen Westwetterlage wurden auch die Wirbel **GERDA** und – unmittelbar nachfolgend – **HANNE** nach Europa hinein verlagert (→ siehe Bodenkarten vom 12. und 13. Januar).

GERDA zog am Abend und in der Nacht vom 12. zum 13. Januar über Deutschland hinweg, wobei das Zentrum des Tiefs einer Bahn über die Mitte Deutschlands folgte. Die milde Meeresluft subtropischer Herkunft, die im Warmsektor des Tiefs zwischen Warmfront und Kaltfront enthalten war und im Südwesten Deutschlands milde Temperaturen zwischen 12 und 14 °C zur Folge hatte, bewirkte ergiebige Niederschläge an der nachrückenden Kaltfront. Der Korridor der stärksten Böen führte über Süddeutschland, d. h. Baden-Württemberg und Bayern, hinweg, wo etwa in Öhringen 119 km/h gemessen wurden (→ siehe Karte des Maximalböenfeldes).

In Süddeutschland behinderte der Sturm massiv den Verkehr. In Baden-Württemberg waren zeitweise 100 Straßen blockiert; Sperrungen wegen entwurzelter Bäume oder herabgestürzter Äste betrafen die Autobahnen A 5, A 6, A 8, A 9, A 81 und A 95. Der Regionalexpress Aalen-Stuttgart fuhr bei Schorndorf auf einen umgestürzten Baum; eine weitere Bahnstrecke zwischen Stuttgart und Nürnberg war durch Äste lahmgelegt. Mehrere Kommunen verzeichneten Straßenausfall (u. a. Fürth, Raum Ansbach, Heidelberg, Leimen, Sindelfingen, Calw, Künzelsau). Insbesondere in Mittelfranken flogen Fassadenteile, Wandtafeln, Dachziegel, Bauzäune, Toilettenhäuschen durch die Luft, in Nördlingen wurde ein Kirchturm abgedeckt. Etwa zwei Prozent des für das Jahr 2004 geplanten Holzeinschlags fielen in Baden-Württemberg als Schadholz an (160 000 m³), wobei die Schwerpunkte in den Schwarzwald-Hochlagen, im Bereich Ostalb und im Odenwald lagen.

Die ergiebigen Niederschläge, die an der Kaltfront **GERDA**s im Südwesten und Süden Deutschlands niedergingen, fanden mit der Passage der Fronten des Sturmwirbels **HANNE** über Deutschlands Süden am 13. Januar eine Fortsetzung. Auch hier waren bei der Niederschlagsentwicklung feuchtwarme, subtropische Luftmassen beteiligt, zudem wurde die Frontpassage durch Wellenbildung verzögert, so dass sich große Niederschlagsmengen akkumulieren konnten (24-Stunden-Niederschlag: Freudenstadt 102 l/m², Baiersbrunn 82,5 l/m²). Überflutungen durch Sturzregen wurden aus dem Ortenaukreis, dem Kreis Freudenstadt, dem bayerischen Landshut sowie aus Baden-Baden gemeldet. In der zuletzt genannten Stadt schollen Bäche zu

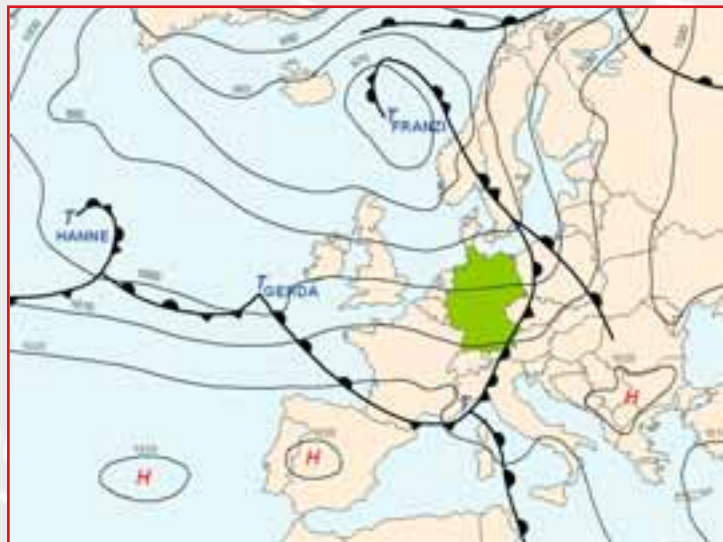
reißen den Strömen an – der Bach Oos erreichte einen Wasserstand von 2,12 m ü. Pegelnullpunkt und überstieg damit den mittleren Wasserstand von 0,4 Meter deutlich. Ganze Ortsteile der Stadt standen unter Wasser; von Feuerwehr und Polizei waren rund 350 Personen im Einsatz. Etwa 30 Personen konnten ihre Häuser nicht mehr erreichen und wurden in Notquartieren untergebracht.

In der Folge der starken Niederschläge entwickelte sich im Oberrhein eine Hoch-

wasserwelle, die am Pegel Karlsruhe-Maxau einen Scheitelpunkt von 8,30 Metern erreichte – die Schifffahrt zwischen Iffezheim und Maxau wurde eingestellt. Auch an Neckar, Mosel, Lahn und Donau stiegen die Pegel; die Schifffahrt wurde an der Mosel bei Trier und an der Donau zwischen Straubing und Passau eingestellt. Die von HANNE verursachten Sturm Schäden fielen insgesamt eher gering aus.

Bodenkarte

GERDA und HANNE
12.01.2004
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

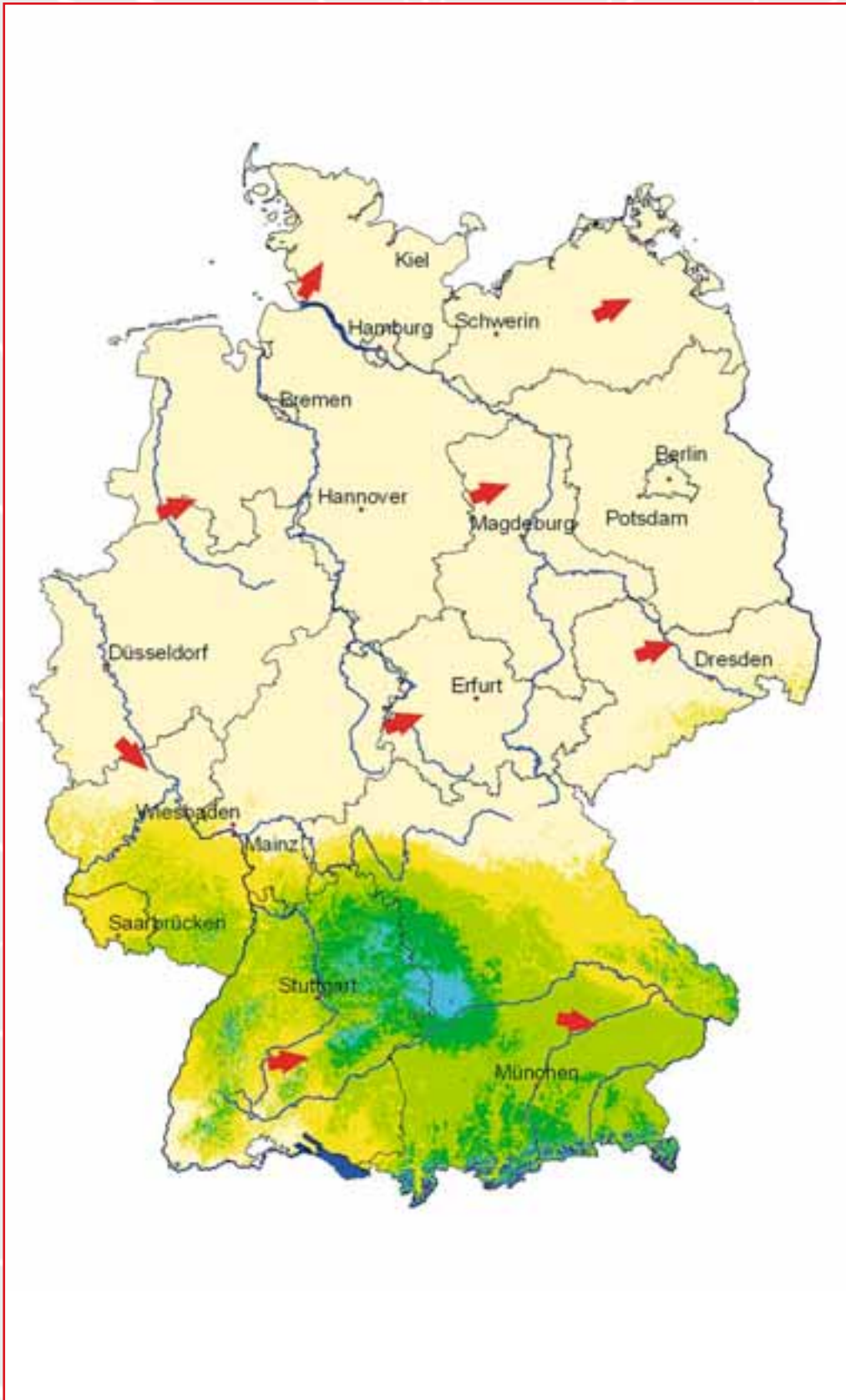
GERDA und HANNE
13.01.2004
1 Uhr MEZ



Maximalböenfeld

Sturmtief GERDA

12.01.2004



**Die Entwicklung der Sturmtiefs
QUEENIE und URSULA
(31. Januar bis 1. Februar
bzw. 8. Februar 2004)**

In der Nacht zum 31. Januar hatte sich an der Polarfront im Grenzbereich von polarer und tropischer Meeresluft westlich von Irland der Wirbel **QUEENIE** gebildet. Nicht zuletzt wegen der feuchtwarmeren Luftmasse in seinem Warmsektor durchlief er eine schnelle Entwicklung zum Sturmtief. In der Nacht vom 31. Januar zum 1. Februar überquerte das Sturmfeld **QUEENIE**s Deutschland.

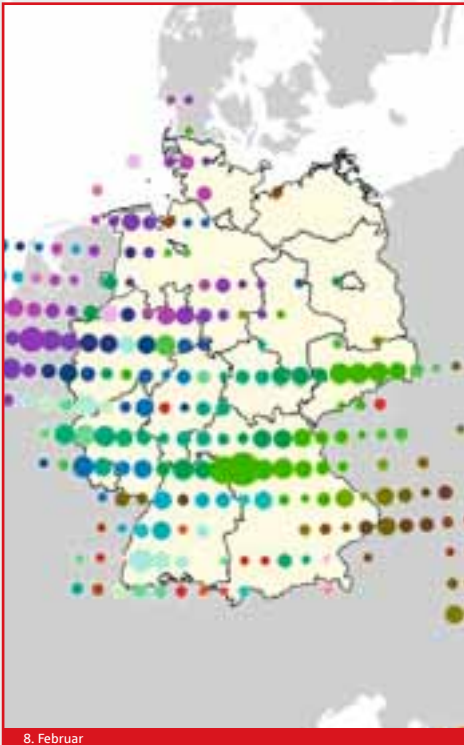
Obgleich es sich bei **QUEENIE** insgesamt betrachtet nicht um einen starken, schadenintensiven Sturm handelte, kam es lokal zu einigen Schäden. Insbesondere die Nordrhein-Westfalen (Rheinland), das südliche Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen waren betroffen. Neben sturmbedingt Verkehrsunfällen drohte in Neuss ein ganzer Dachstuhl abgehoben zu werden. In Krefeld stürzte ein ca. 1 Meter langes Zierstück aus einem Kirchturm auf den Vorplatz. Weitere Schäden und Gefahren durch herabstürzendes Fassadenmaterial sowie durch herumfliegende Bauzäune, Dachziegel und Äste bzw. Bäume entstanden in Bochum, Mönchengladbach und Neuss, wo die Einsatzkräfte jeweils zu über 70 Einsätzen ausfuhren. Auch aus den Kreisen Recklinghausen, Coesfeld, Borken, Lippe sowie aus Hagen, Wuppertal, Oberhausen und Mülheim wurden typische Sturmschäden wie gestürzte Bäume und Äste, Dach- und Fassadenschäden, Schornsteinschäden oder verdrehte Ampelmasten gemeldet. In Nordrhein-Westfalen wurden mehrere Bäume entwurzelt. Auch in Norddeutschland kam es zu vereinzelt Schäden. In Bremerhaven verursachte Winddruck die Karambolage zwischen einem Autofrachter, der durch den Hafen geschleppt werden sollte, und einem

am Kai liegenden zweiten Frachtschiff. Auch aus den Regierungsbezirken Weser-Ems, Hannover, Lüneburg wurden Sturmschäden gemeldet.

Etwa eine Woche nach **QUEENIE** nahte der nächste Sturm. Zum 7. Februar hatte sich im Seegebiet südöstlich von Island nach einem Ausbruch weiter nördlich gelegener arktischer Kaltluft das Tief **URSULA** zu einem zweikernigen Druckgebilde verstärkt. Zum 8. Februar verlagerte es sich nach Südosten über die zentrale Nordsee, wobei sich ein erheblicher Temperatur- und Druckgradient zu der südwestlich über der Biskaya nachfolgenden Hochdruckzelle ausbildete (→ siehe Bodenkarte vom 8. Februar). Die hohen Druckunterschiede auf kleinem Raum über den Britischen Inseln und Teilen Mitteleuropas hatten aufgrund der damit verbundenen großen Druckgradientkraft stürmische Windgeschwindigkeiten aus Nordwest bis West zur Folge. Nach der Passage der Kaltfront von **URSULA** kam es in der eingeflossenen kalten Meeresluft, die zuvor über dem Nordseewasser Wärme aufgenommen und eine labile Schichtung angenommen hatte, zu starker Schauer- und Gewittertätigkeit (→ siehe Gewitterübersicht vom 8. Februar). Der Niederschlag kam – verstärkt am 9. Februar – bis in die Niederungen als Schnee und Graupel an.

Ein Teil der bodennahen Sturmwirkung im Einflussbereich von **URSULA** kam aus Gewitterböen, wobei die Sturmwirkung **URSULAs** besonders in den Bereichen Rheinland-Pfalz, Südhessen/Rhein-Main, Nordrhein-Westfalen sowie Bayern zu spüren war. Nach einem starken Gewitter kam es zu Strömungsfall in Worms und in den Landkreisen Alzey-Worms und Mainz-Bingen. Block B des Kernkraftwerkes Biblis musste deshalb heruntergefahren werden, denn die Leistung konnte nicht mehr ins Netz gespeist werden. Ein weiterer Folge-

Gewitterübersicht



8. Februar

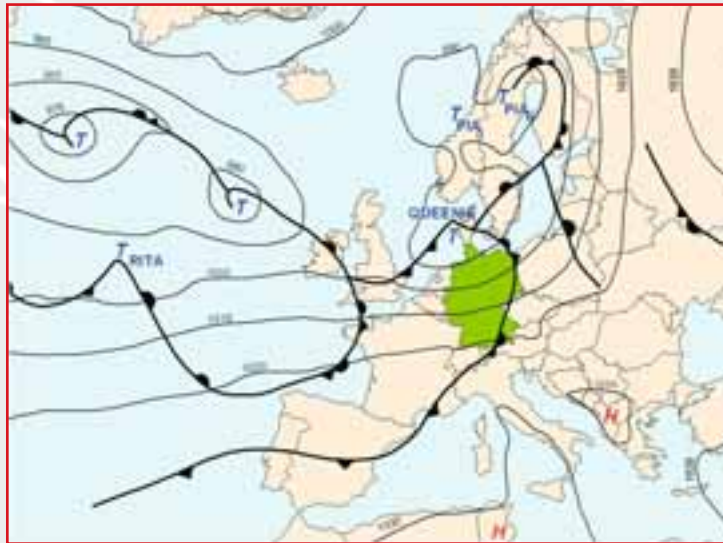
der Schweiz traten einige sturmbedingt e Sachschäden auf . Insgesamt gesehen handelte es sich bei **URSULA** trotz der lokal aufgetretenen Einz elschäden aber nicht um einen starken Sturm.

Die in den Sturm eingelagert en Schnee- und Graupelschauer führten zu teilweise chaotischen V erkehrsverhältnissen. In Nordrhein-Westfalen kam es auf glatten Straßen zu 95 Unfällen; u. a. auch zur Vollsperrung einiger Autobahnen (A 3, A 31, A 52). Auch in Bayern blieben die Autos auf der A 3 nahe Würzburg und auf der A 9 im Altmühltal in den Schneemas sen stecken; zahlreiche Unfälle ereigneten sich.

schaden war ein Brand in einer Umspann- anlage, durch den diese stark beschädigt wurde. Aus Rheinland-Pfalz und Südhessen wurden weit ere typische Sturmschäden gemeldet: Die Feuerweh r musste umge- stürzte Bäume beseitigen; in Bensheim wurde u. a. ein Hochhausdach abgedeckt; in Frankfurt/Main kam es zu 25 Feuerweh- einsätzen wegen abgedeckt er Dächer und umgerissener Bäume, Bauzäune und Plakatwände. Nahe Mainz ris s der Sturm ein Festzelt aus der Verankerung und schleuderte es auf die Gleise der Bahn- strecke Mainz-Worms. 61 Feuerweh rleute waren im Einsatz; es kam zu erheblichen Verspätungen im Zugverkehr. Auch in Nord- rhein-Westfalen, in Oberbayern und im südlichen Sachsen traten Sturmschäden auf. Im belgischen Haf en Seebrügge ris s der Sturm eine Fähre los, die von Schleppern wieder an ihren Liegeplatz gebracht werden konnte. Auch in Ober österreich und in

Bodenkarte

Sturmtief QUEENIE
01.02.2004
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

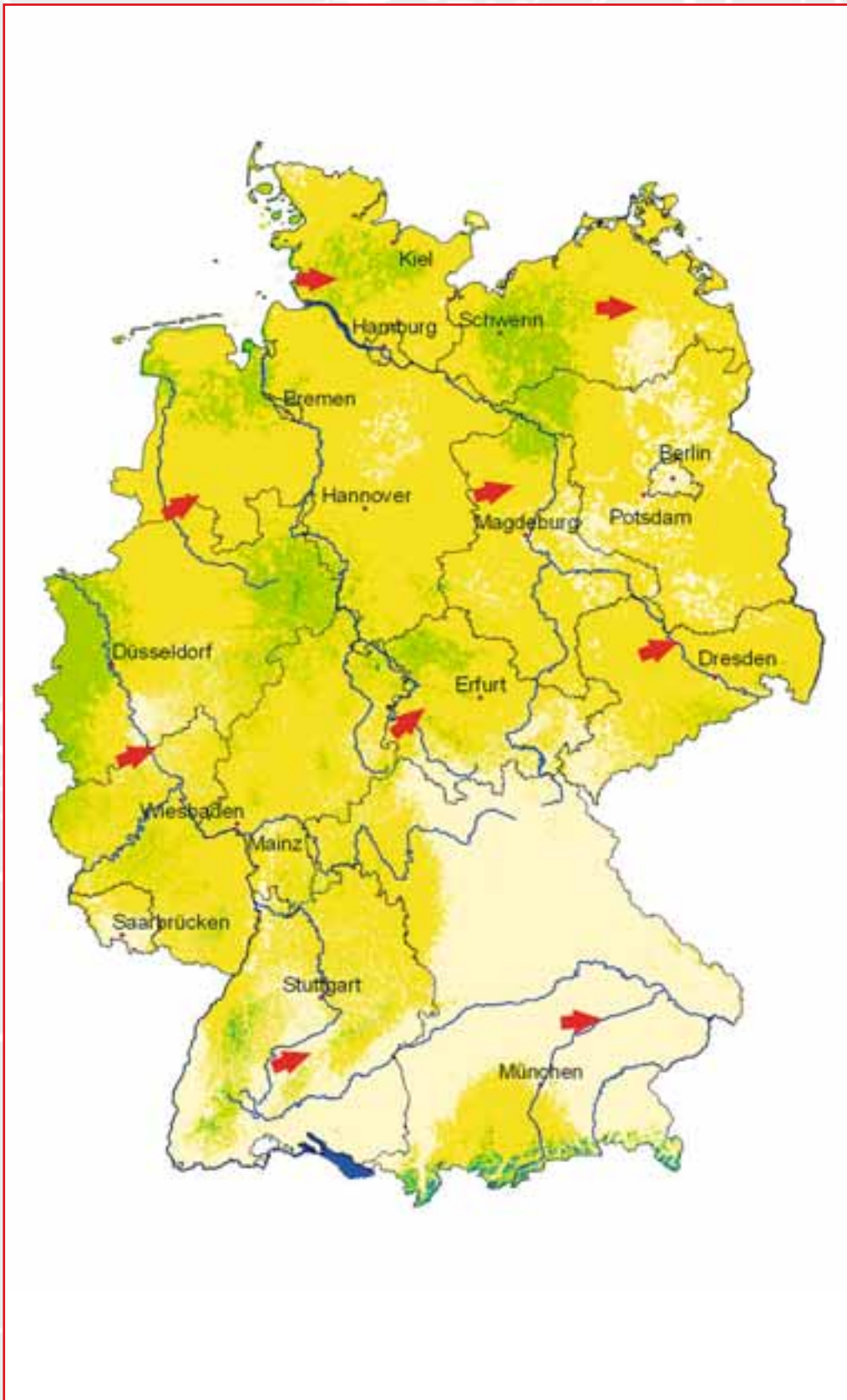
Sturmtief URSULA
08.02.2004
1 Uhr MEZ



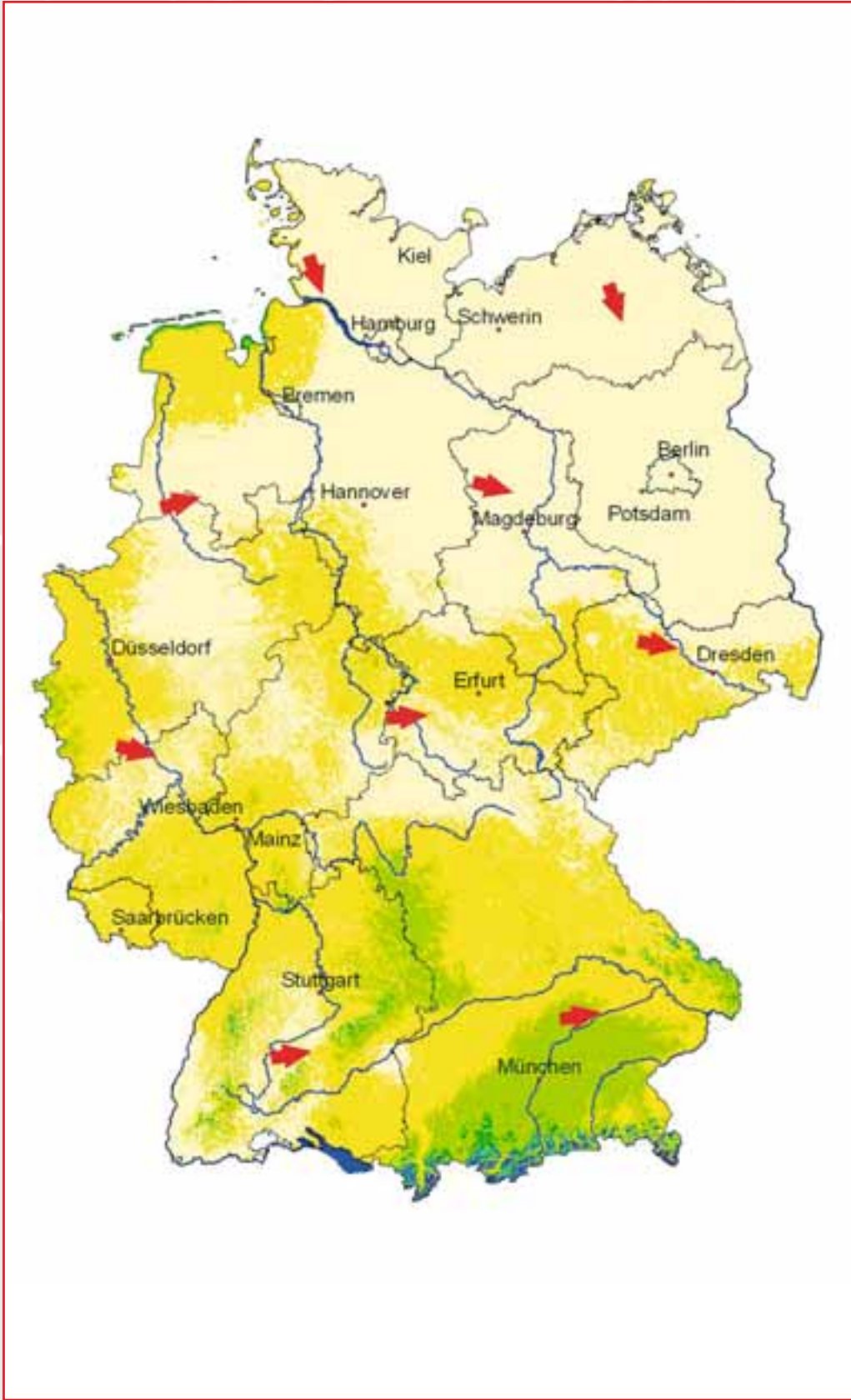
Maximalböenfeld

Sturmtief QUEENIE

31.01.-01.02.2004



Maximalböenfeld Sturmtief URSULA 08.02.2004



Die Entwicklung der Sturmtiefs NINA und ORALIE (19. bis 21. März 2004)

Bereits ab dem 17. März verstärkten sich die Temperaturgegensätze über dem westlichen und mittleren Nordatlantik zwischen polarer Kaltluft, die sich aus dem Raum Westkanada/Ostgrönland nach Süden bewegte, und subtropischer Warmluft aus der Zirkulation des Azorenhochs. Dadurch entstand über dem Nordatlantik ein starker, von West nach Ost gerichteter Grundstrom, der zum 19. März bereits bis in die Nordsee und nach Mitteleuropa hineinreichte. Diese Westdrift zwischen dem steuernden Tief MELITTA bei Island im Norden und dem kräftig ausgeprägten Azorenhoch im Süden ergab am 19. das Bild einer klassischen Sturmwetterlage (zyklonale Westlage; → siehe Bodenkarte vom 19. März). Entsprechend wurden die über dem westlichen Nordatlantik entstehenden Wellentiefs, die aufgrund der herrschenden Luftmassenkontraste das Potenzial zur Entwicklung starker Stürme besaßen, in der Westdrift sehr schnell in den europäischen Raum hineinverlagert.

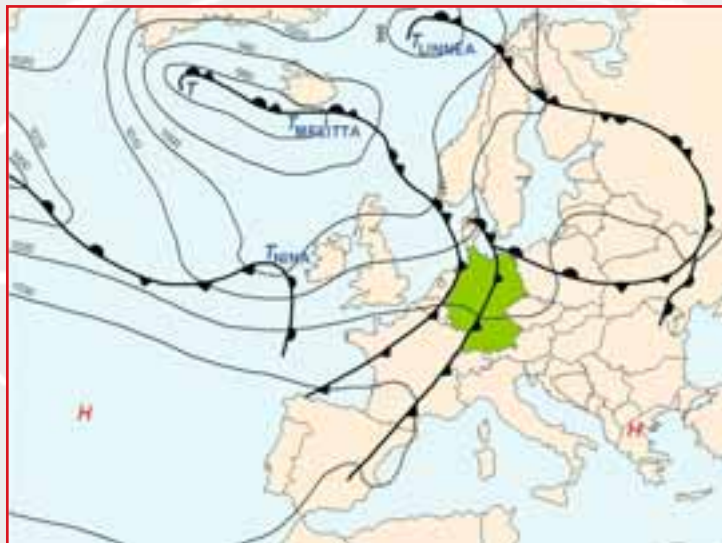
So erreichten uns die unmittelbar aufeinander folgenden Wellen einer Zyklonenfamilie: Das erste dieser Randtiefs mit Namen **NINA** überquerte Deutschland mit seinen Fronten und Böen in der Nacht vom 19. auf den 20. März, wobei der Kerndruck des Tiefs über der Nordsee knapp unter 980 hPa lag und das Hauptsturmfeld Dänemark betraf. Unmittelbar gefolgt wurde es von dem zweiten Randtief **ORALIE**, dessen Kerndruck über der Nordsee auf unter 970 hPa sank und dessen Fronten und Starkwindfeld Deutschland in der Nacht vom 20. auf den 21. März überstrichen. In diesem Zeitraum erreichte die Strömung über dem Westen Deutschlands in 6 km Höhe stellenweise Geschwindigkeiten von etwa 190 km/h. In der hinter der Kaltfront eingeflossenen

kühlen Meeressluft entwickelten sich vor allem im Nordwesten Deutschlands Schauer und Gewitterzellen (→ siehe Gewitterübersicht vom 21. März).

ORALIE (20. bis 21. März), der zweite und stärkere der Stürme, betraf den Norden und Teile der Mitte Deutschlands. Schadensschwerpunkte lagen in Niedersachsen im Gebiet um Bremen, in Hamburg, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern sowie im Nordosten Brandenburgs (Uckermark). In Hamburg rückten die Einsatzkräfte zwischen Samstagabend und Sonntagnachmittag über 400 Mal aus, um vor allem gestürzte Bäume und gefällene Äste zu beseitigen, beschädigte Dächer oder Verkehrsschilder bzw. Ampelanlagen zu sichern. Am Flughafen Fuhlsbüttel entstand Schaden am Dach des im Bau befindlichen Terminals 2, das teilweise vom Sturm abgedeckt wurde. In Bremen drückten Windböen an der A 27 eine kurze Lärmschutzwand um; im ganzen Stadtgebiet wurden Bäume und Ampelmasten geknickt sowie Baustellenabspernungen weggerissen. Die Bahnstrecke Bremen-Hannover war zeitweise aufgrund eines großen Metallgestells, das auf die Gleise fiel, unterbrochen. Im Nordhafen von Bremerhaven riss der Sturm die Leinen eines 174 Meter langen Autotransporters los, der vom Wind getrieben eine Containerbrücke und eine Verladerrampe schwer beschädigte. In Niedersachsen waren den Presseberichten zufolge Sturmschäden im Raum südwestlich und südlich von Bremen (z. B. Ahlhorn, Wildeshausen), Hannover (65 Feuerwehreinsätze), Gifhorn (mehr als 100 Feuerwehreinsätze) und Peine zu verzeichnen. Aus Schleswig-Holstein wurden 1400 sturmbedingte Feuerwehreinsätze gemeldet. In Lübeck riss der Sturm u. a. die frisch renovierte Fassade eines Hochhauses herunter. Auf der Insel Sylt kam es – insbesondere an der Südspitze nahe Hörnum – zu massiven Uferabbrüchen. Als gefährlich erwiesen

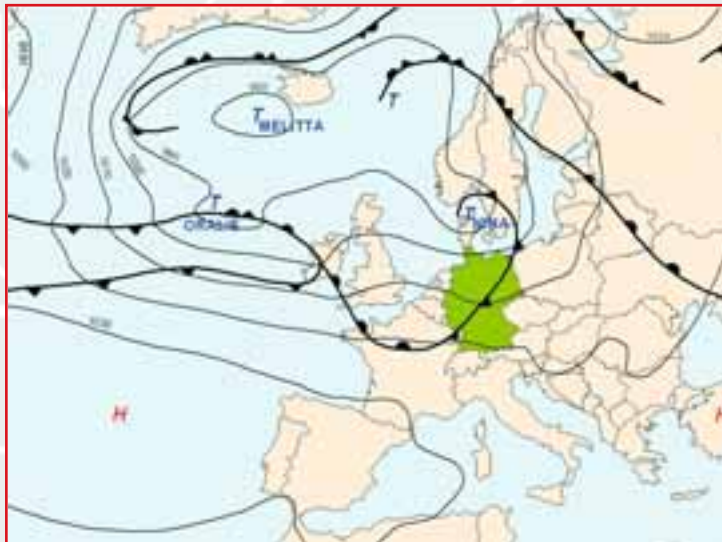
Bodenkarte

NINA und ORALIE
19.03.2004
1 Uhr MEZ



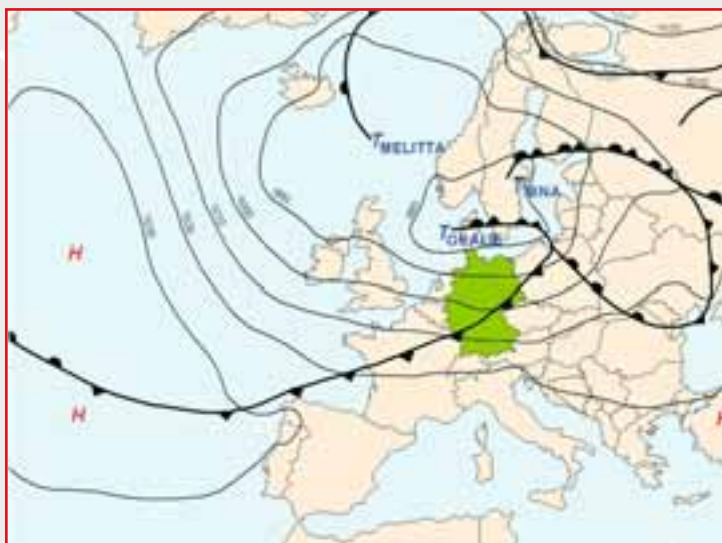
Bodenkarte

NINA und ORALIE
20.03.2004
1 Uhr MEZ



Bodenkarte

NINA und ORALIE
21.03.2004
1 Uhr MEZ



sich auch leere Anhänger, die – vielerorts zu Werbezwecken am Fahrbahnrand abgestellt – vom Sturm auf die Fahrbahnen geworfen wurden. Auch in Mecklenburg-Vorpommern entstanden zahlreiche Sturmschäden. Böen deckten das Dach des Schweriner Bildungsministeriums auf einer Länge von 40 Metern ab, wodurch 18 Büros der Kulturabteilung vorerst unbrauchbar gemacht wurden. Beschädigte Stromleitungen brachten für einige tausend Haushalte in Westmecklenburg zeitweise Stromausfall. Aus Wismar wurden mehrere sturmbedingte Verkehrsunfälle gemeldet, oft durch gestürzte Bäume verursacht. In Berlin rückte die Feuerwehr wegen des Sturms **ORALIE** insgesamt über 200 Mal aus, wobei 67 % der Einsätze umgestürzten Bäumen und herabgewehten Ästen, die restlichen Fahrten beschädigten Dachteilen galten. Im Nordosten Brandenburgs war besonders die Uckermark betroffen, wo die Feuerwehr über 20 Sturmeinsätze fuhr und u. a. ein Schuldach in Schwedt komplett abgedeckt wurde.

Außer in den küstennahen Bundesländern gab es auch in Nordrhein-Westfalen sturmbedingte Schäden; in Essen rückte die Polizei zu über 40 sturmbedingten Einsätzen aus. Auch aus Teilen der deutschen Mittelgebirge wurden Schäden gemeldet: In Rheinland-Pfalz kam es zu sturmbedingten Unfällen und Sachschäden; im Westerwald knickten zahlreiche Bäume um und blockierten Straßen; in Nord- und Mittelhessen knickten Bäume um, und auch im sächsischen Chemnitz waren Feuerwehreinsätze zur Beseitigung von umgestürzten Bäumen erforderlich. Tragisch wütete der Sturm **ORALIE** im Ausland: In England starben drei Menschen. In Polen mussten mehrere hundert Ortschaften zeitweise ohne Strom auskommen. In Deutschland wurden durch den Sturm mehrere Menschen verletzt, die meisten aufgrund von sturmbedingten Verkehrsunfällen.

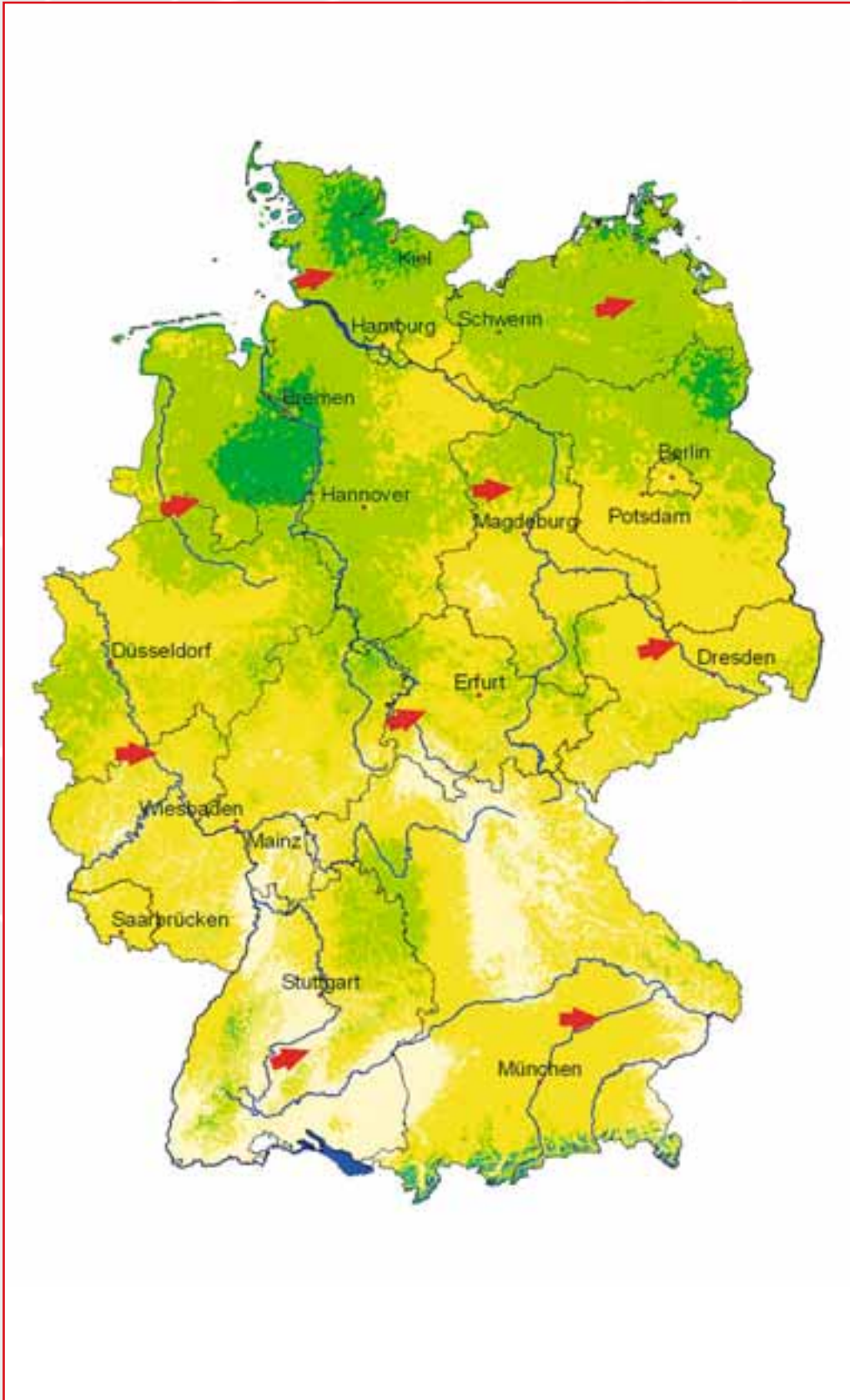
Gewitterübersicht



Maximalböenfeld

Sturmtiefs NINA und ORALIE

19.-21.03.2004



Quellenverzeichnis

BERLINER WETTERKARTE, VEREIN [Hrsg.] (1997 bis 2004): Berliner Wetterkarte.- Berlin.

BFG, BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (2002, 2003): Wasserstände.- <http://www.bafg.de>

DEUTSCHE RÜCK (1998): Hochwasser Oktober 1998: 20 S.; Düsseldorf.

DEUTSCHE RÜCK (1999): Das Pfingsthochwasser im Mai 1999: 34 S.; Düsseldorf.

DEUTSCHE RÜCK (2002): Das Extremhochwasser im August 2002 in Deutschland: 17 S.; Düsseldorf.

Dundee Satellite Receiving Station, Dundee University, UK (1999): Satellitenbilder.- <http://www.sat.dundee.ac.uk>

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (1987): Allgemeine Meteorologie, Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst Nr. 1: 181 S.; Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 3. Auflage, Offenbach am Main.

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST [Hrsg.] (1997 bis 2003): Klimastatusberichte.- Offenbach am Main; <http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/KSB/>

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (01/1999 bis 12/2004): Witterungsreport Daten.- Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung, Offenbach am Main.

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (01/1999 bis 12/2004): Witterungsreport Express.- Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung, Offenbach am Main.

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (2002): Starkniederschlagsereignisse vom 16.07.2002 bis 18.07.2002.- Berichte zu besonderen hydrometeorologischen Ereignissen, Geschäftsfeld Hydrometeorologie; <http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Hydrometeorologie>

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (2002): Klimatologische Einschätzung des Jahres 2002 in Deutschland am 11.12.2002.- Berichte zu besonderen Ereignissen; <http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/index.htm>

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (2003): Das Niederschlagsgeschehen in Deutschland über den Jahreswechsel 2002/2003.- Berichte zu besonderen Ereignissen; <http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/index.htm>

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (2004): Jahresrückblick: Deutschlandwetter im Jahr 2004, Ein warmes, sonnenreiches Jahr mit üblichen Niederschlägen.- Pressemitteilung, 29.12.2004; <http://www.dwd.de/de/Zusatzmenues/Presse/Archiv2004.htm>

EARTH POLICY INSTITUTE (2003): Record heatwave in Europe takes 35,000 lives – Far greater losses may lie ahead.- Eco-Economy updates 9. October 2003; <http://www.earth-policy.org>

GILLETT, N. P., GRAF, H. F. & T. J. OSBORN (2003): Climate Change and the North Atlantic Oscillation.- In HURRELL, J. W., KUSHNIR, Y., OTTERSEN, G. & M. VISBECK [Hrsg.]: The North Atlantic Oscillation. Climatic Significance and Environmental Impact.- Geophysical Monograph Series 134: 193 – 209; American Geophysical Union, Washington.

HADLEY CENTRE FOR CLIMATE PREDICTION AND RESEARCH (2005): Annual global temperatures.- <http://www.metoffice.com/research/hadleycentre/obsdata/globaltemperature.html>

HURRELL, J. W., KUSHNIR, Y., OTTERSEN, G. & M. VISBECK (2003): An overview of the North Atlantic Oscillation.- In HURRELL, J. W., KUSHNIR, Y., OTTERSEN, G. & M. VISBECK [Hrsg.]: The North Atlantic Oscillation. Climatic Significance and Environmental Impact.- Geophysical Monograph Series 134: 1 – 35; American Geophysical Union, Washington.

HVZ, HOCHWASSER-VORHERSAGE-ZENTRALE BADEN-WÜRTTEMBERG (1998): Wasserstände, Niederschläge.- <http://www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/hvz/>

IKSE, INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe: 207 S.- <http://www.ikse.de>

JÄNKE, H. (1968): Erkenntnisse aus Sturmschäden an neuzeitlichen Bauten.- Schleswig-Holsteinische Landesbrandkasse Kiel, Kiel.

KERR, R. A. (2001): It's official: Humans are behind most of Global Warming.- Science 291: 566; New York.

KRAUS, H. (2004): Die Atmosphäre der Erde. Eine Einführung in die Meteorologie: 422 S.; Springer-Verlag, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg.

KURZ, M. (1990): Synoptische Meteorologie, Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst Nr. 8: 197 S.; Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 2. Auflage, Offenbach am Main.

LFUG, SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2004): Ereignisanalyse, Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen: 188 S.; Dresden.

METEOROLOGICAL OFFICE UK (2001 bis 2004): SFLOC Bulletin.- <http://www.atmos.albany.edu/weather/data1/surface/syn/>

MÜLLER, M. (2000): Jahrhundertflut – Die Auswirkungen von Deichbrüchen und Heizöllagerung auf Überschwemmungsschäden bei Wohngebäuden – Eine Analyse der Pfingsthochwasser-Schäden 1999 in Neustadt a. d. Donau.- Versicherungswirtschaft 55/10: 693 – 696; Karlsruhe.

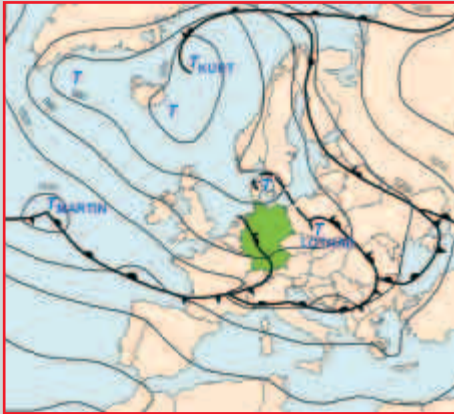
MÜNCHENER RÜCK (2001): Winterstürme in Europa (II): 72 S.; München.


PAESLER, M. (2003): Der Sommer 2003 in München – mehr als nur sehr groß.- In BERLINER WETTERKARTE, VEREIN [Hrsg.]: Beiträge des Deutschen Wetterdienstes zur Berliner Wetterkarte: 8 S.; Berlin.

- ROEDEL, W. (2000): Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre: 498 S.; Springer-Verlag, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg.
- SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI [HRSG.] (August 2003): Der Wiederaufbau im Freistaat Sachsen ein Jahr nach der Flut: 92 S.; Dresden.
- SCHÖNWIESE, C.-D., STAEGER, T., TRÖMEL, S. & M. JONAS (2004): Statistisch-klimatologische Analyse des Hitzesommers 2003 in Deutschland.- In DEUTSCHER WETTERDIENST [HRSG.]: Klimastatusbericht 2003: 123 – 132; Offenbach am Main.
- STMLF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): <http://www.forst.bayern.de>
- SUTTER, W. (2002): Sturmschäden. Häufige Fehler bei Planung, Ausführung und Wartung von Gebäuden, Versicherungsumfang und Ausschlüsse.- In IFS TAGUNGSBAND 6. INTERNATIONALER WORKSHOP: Aktuelle Entwicklungen bei Elementarschäden und Brandursachenermittlungen.- 09./10.09.2002, Bern.
- SWISS RE (2003): Natur- und Man-made-Katastrophen im Jahr 2002: Belastung durch hohe Flutschäden: 37 S.; sigma Nr. 2/2003, Zürich.
- UBA, UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.] (2004): Umweltdaten online - Abb. Jährliche mittlere Tagesmitteltemperatur in Deutschland; Deutscher Wetterdienst, Mitteilung vom 15.06.2004.- <http://www.env-it.de/umweltdaten/>
- VON STORCH, H., GÜSS S. & M. HEIMANN (1999): Das Klimasystem und seine Modellierung – Eine Einführung: 255 S.; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- WIEDERSICH, B. (1996): Das Wetter – Entstehung, Entwicklung und Vorhersage: 208 S; DTV, 1. Auflage, München.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1997 bis 2003): WMO statement on the status of the global climate.- Genf; <http://www.wmo.ch/web/Press/Press.html/#pr>


Legenden


Bodenkarte



 **Isobaren**
(Linien gleichen Luftdrucks in hPa)

 **Warmfront**
Warmluft gleitet langsam auf bodennahe Kaltluft auf: großflächige Schichtbewölkung, z.T. Dauerniederschlag.

 **Kaltfront**
Kaltluft schiebt sich wie ein Keil unter Warmluft und zwingt diese zum raschen Aufsteigen: hochreichende Bewölkung, Schauer, böiger Wind, z. T. Gewitter, Hagel.

 **Okklusionsfront**
Die rascher fortschreitende Kaltfront hat die Warmfront eingeholt, der Warmsektor wird über die Kaltluft gehoben: häufig Niederschläge.

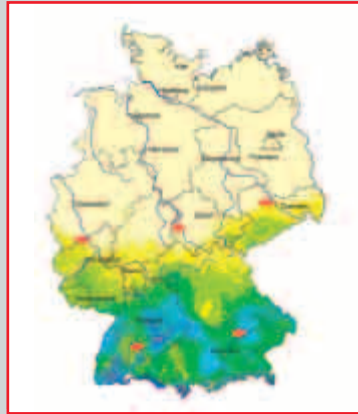
T Tiefdruckgebiet


H Hochdruckgebiet

Momentaufnahme der Luftdruckverteilung in Hektopascal (hPa) am Boden in der Regel um 1 Uhr MEZ.

Datenbasis: Berliner Wetterkarte

Maximalböenfeld



 Böenrichtung

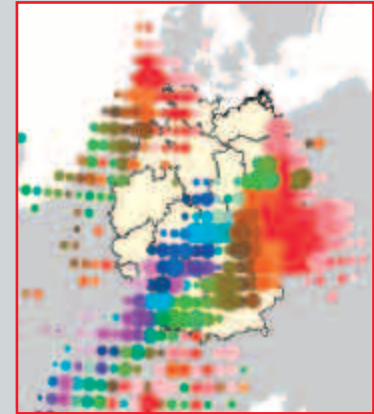
Geschwindigkeit der Maximalböen



Pro Rasterzelle ist die abgeleitete Maximalböe in m/s für den angegebenen Zeitraum dargestellt. Die Erstellung erfolgt mit dem Sturm-schadenmodell der Deutschen Rück.

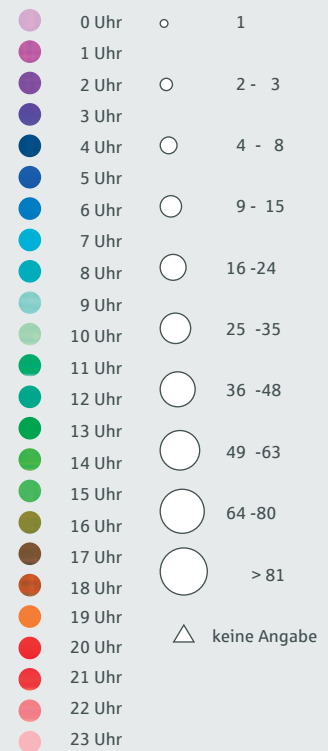
Datenbasis: DWD

Gewitterübersicht



Zeitskala

Häufigkeit registrierter Blitze



Häufigkeit registrierter Blitze (vorwiegend Wolke-Erde-Blitze) für das 30-Minuten Intervall vor der angegebenen vollen Stunde. Räumliche Auflösung: 0,5° geographische Länge und Breite.

Datenbasis: Meteorological Office UK

Deutsche Rückversicherung
Aktiengesellschaft
Düsseldorf und Berlin

Hansaallee 177, 40549 Düsseldorf
Postfach 290110, 40528 Düsseldorf
Telefon: (02 11) 45 54-3 77
Telefax: (02 11) 45 54-3 39
www.deutscherueck.de