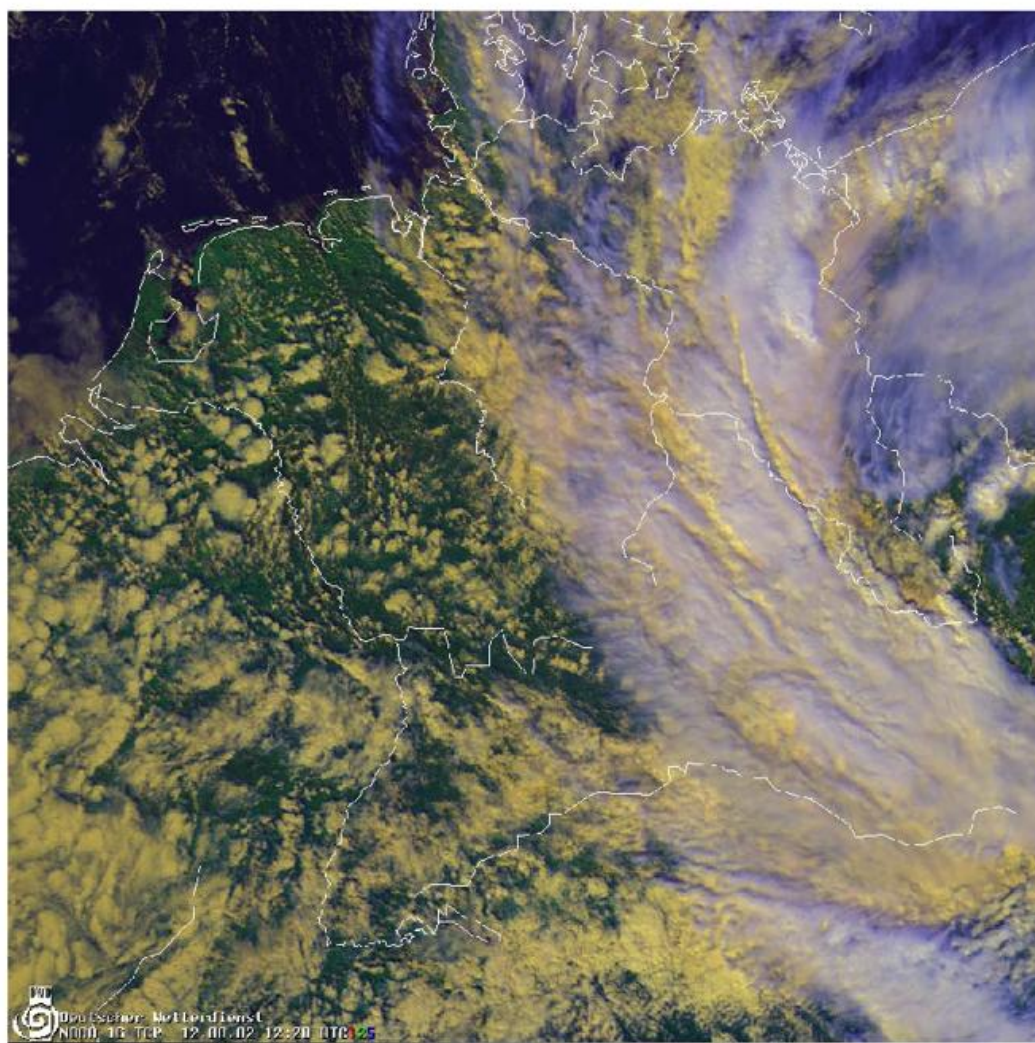




# Starkniederschläge in Sachsen im August 2002

Eine meteorologisch-synoptische und klimatologische  
Beschreibung des Augusthochwassers im Elbegebiet



Deutscher Wetterdienst  
Offenbach, Oktober 2002

<b>1</b>	<b>BESCHREIBUNG DER WETTERSITUATION ZUM AUGUSTHOCHWASSER 2002 .....</b>	<b>3</b>
1.1	Einleitung.....	3
1.2	Meteorologische Vorbedingungen .....	4
1.3	Synoptische Entwicklung.....	5
1.4	Meteorologisch-synoptische Ursachen des Hochwassers .....	13
<b>2</b>	<b>BESCHREIBUNG DER NUMERISCHEN WETTERVORHERSAGEN .....</b>	<b>20</b>
2.1	Vorbemerkungen.....	20
2.2	Numerische Vorhersagen.....	21
<b>3</b>	<b>WARNSITUATION IM ZUSAMMENHANG MIT AUGUSTHOCHWASSER 2002 .....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>KLIMATOLOGISCHE EINORDNUNG DER EREIGNISSE.....</b>	<b>41</b>
4.1	Zeitliche Abfolge .....	41
4.2	Klimatologische Bewertung der Extremereignisse .....	55
4.2.1	Bezug zur globalen Klimaentwicklung des letzten Jahrhunderts.....	55
4.2.2	Das Ereignis im Vergleich zum klimatologischen Mittel 1961 - 1990 .....	56
4.2.3	Wiederkehrzeiten für ähnliche Ereignisse .....	59

- Vorabexemplar -

Zusammengestellt von Uwe Fritzschner (DWD/BI) und Gerhard Lux (DWD/PS)

# Starkniederschläge in Sachsen im August 2002

Eine meteorologisch-synoptische und klimatologische Beschreibung des Augusthochwassers im Elbegebiet.

## 1 Beschreibung der Wettersituation zum Augusthochwasser 2002

### 1.1 Einleitung

Im Rahmen der globalen Zirkulation der Atmosphäre überwiegt über Mitteleuropa eine „zonale“ westliche Strömung, in der atlantische Tiefdruckgebiete meist über Nordeuropa hinweg ostwärts ziehen. Immer wieder wird diese sog. Westwinddrift aber unterbrochen, wobei Kaltluft aus hohen nördlichen Breiten nach Süden vordringt, während umgekehrt Warmluft aus südlichen Breiten nach Norden verfrachtet wird. Ohne diese gelegentlichen „meridionalen“ Ausgleichsphasen würden sich die polaren Gebiete der Erde immer mehr abkühlen und gleichzeitig die äquatorialen Regionen immer mehr aufheizen.

Bereits 1891 hat W. J. van Beber festgestellt, dass die Zugbahnen der Tiefdruckgebiete über Europa zyklischen Schwankungen unterliegen. Van Beber nummerierte die am häufigsten vorkommenden Zugbahnen mit den römischen Ziffern I bis V. Bis heute ist den Meteorologen in Mitteleuropa vor allem die Zugbahn „Vb“ ein Begriff. Vb-Tiefs ziehen üblicherweise von der Adria nordwärts über Österreich und Ungarn nach Tschechien und Polen. Sie sind oft mit markanten Wettererscheinungen verbunden, insbesondere mit kräftigem Dauerregen im Sommer beziehungsweise Schneefall im Winter. Ursache für die überdurchschnittlichen Niederschläge im Bereich von Vb-Tiefs ist die Tatsache, dass diese Tiefs südlich der Alpen meist feuchte Warmluft aus der Mittelmeerregion in ihre Zirkulation einbeziehen und im weiteren Verlauf nach Norden transportieren, wo durch Hebungsvorgänge der in der Luft enthaltene Wasserdampf kondensiert und als Niederschlag ausfällt. In der Vergangenheit wurden schon häufig intensive Vb-Tiefs beobachtet. Dennoch waren nur wenige mit vergleichbar katastrophalen Auswirkungen verbunden, wie die Vb-Tiefs, die das Oderhochwasser im Jahr 1997 und das Augusthochwasser an Elbe und Donau im Jahr 2002 verursachten.

Die Genese eines Vb-Tiefs steht meist am Ende einer ganzen Kaskade von vorlaufenden synoptischen Prozessen. Oft beginnt es mit einem Kaltluftvorstoß, der über Westeuropa hinweg zum westlichen Mittelmeer gerichtet ist. Dieser Teilprozess führt in der mittleren und oberen Troposphäre zur Entstehung eines sog. „abgeschlossenen Höhentiefs“ über Südfrankreich oder dem Löwengolf. Dieses wiederum induziert dann – manchmal über dem Golf von Genua, manchmal auch etwas weiter östlich – starken Druckfall in warmer Luft in der unteren Troposphäre. Auf diese Weise entsteht ein neues Bodentief, das sich dann häufig entlang der Vb-Zugbahn in Richtung östliches Mitteleuropa in Bewegung setzt.

Klimatologisch gesehen treten Vb-Tiefs am häufigsten im Frühjahr und im Herbst auf. Im Sommer haben sie gravierendere Folgen, da die Wassertemperaturen des Mittelmeeres zu dieser Zeit über 24 Grad liegen und damit im Vergleich zu den kühleren Jahreszeiten ein Vielfaches an Wasserdampf in die Zirkulation des Tiefs einbezogen wird.

## 1.2 Meteorologische Vorbedingungen

Zur Entstehung einer Flutkatastrophe, wie sie im August 2002 im Elbe- und Donaueinzugsgebiet auftrat, müssen neben Stark- und Dauerniederschlägen zusätzliche Faktoren erfüllt sein. So war eine der wesentlichen Voraussetzungen für das immense Ausmaß der Überschwemmungen die Tatsache, dass bereits in den Wochen zuvor ergiebige Regenfälle zu einer Wassersättigung des Bodens und zu einem Anstieg der Flusspegel geführt hatten:

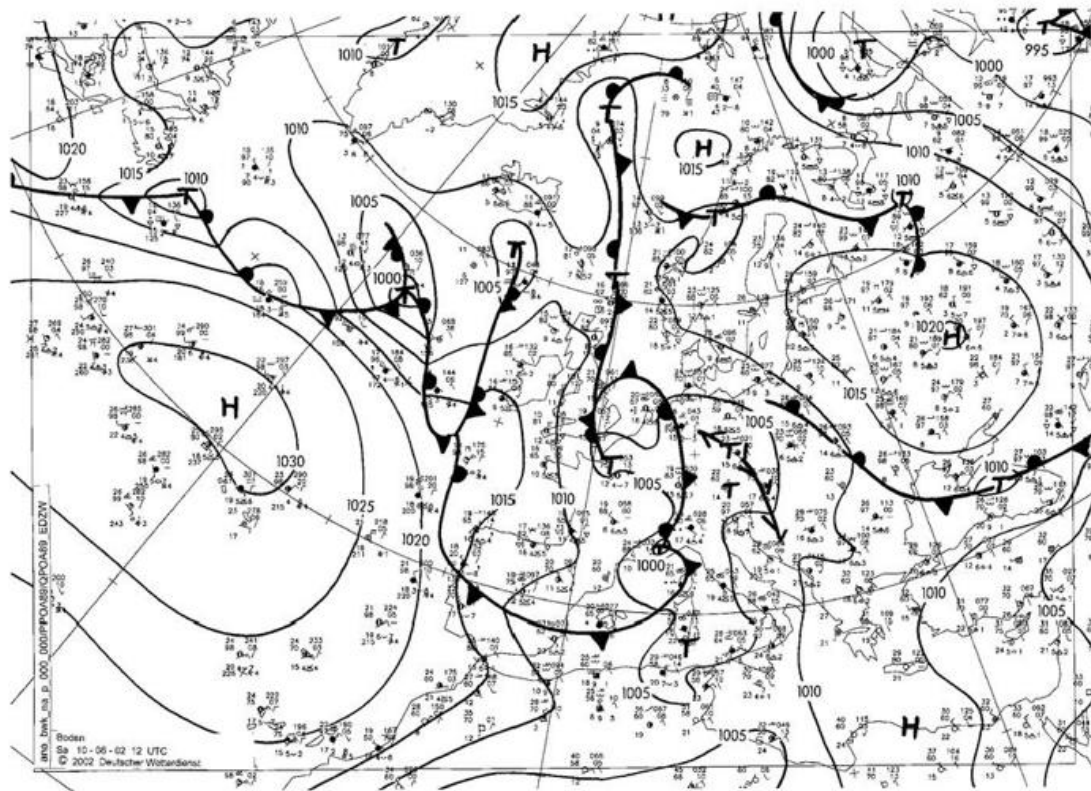
Im Juli sowie Anfang August 2002 kam es mehrmals zur Bildung flacher Tiefdruckgebiete mit eingelagerten kräftigen Gewittern. Dabei fielen zwar lokal begrenzte, aber immer wieder extrem hohe Niederschlagsmengen auch im Südosten und Osten Deutschlands. In der Zeit zwischen Juni und Anfang August 2002 gab der Deutsche Wetterdienst entsprechend überdurchschnittlich viele Wetterwarnungen bzw. Unwetterwarnungen heraus.

Starkniederschlagsereignisse wurden vor allem in der Zeit vom 07. bis 11.08.2002 für Bayern, Österreich, Tschechien und Sachsen verzeichnet. Dadurch waren die Böden in den späteren Katastrophengebieten schon vor dem 12.08. mit Wasser gesättigt und es kam vereinzelt bereits zu ersten Überflutungen.

### 1.3 Synoptische Entwicklung

Die primäre Ursache für die Flutkatastrophe war ein klassisches Vb-Tief, dessen Entwicklung in den synoptischen Analysen der Abbildungen 1 bis 5 verfolgt werden kann. Alle Zeiten hier in „UTC“ (Universal Time Coordinated, MESZ = UTC + 2Std).

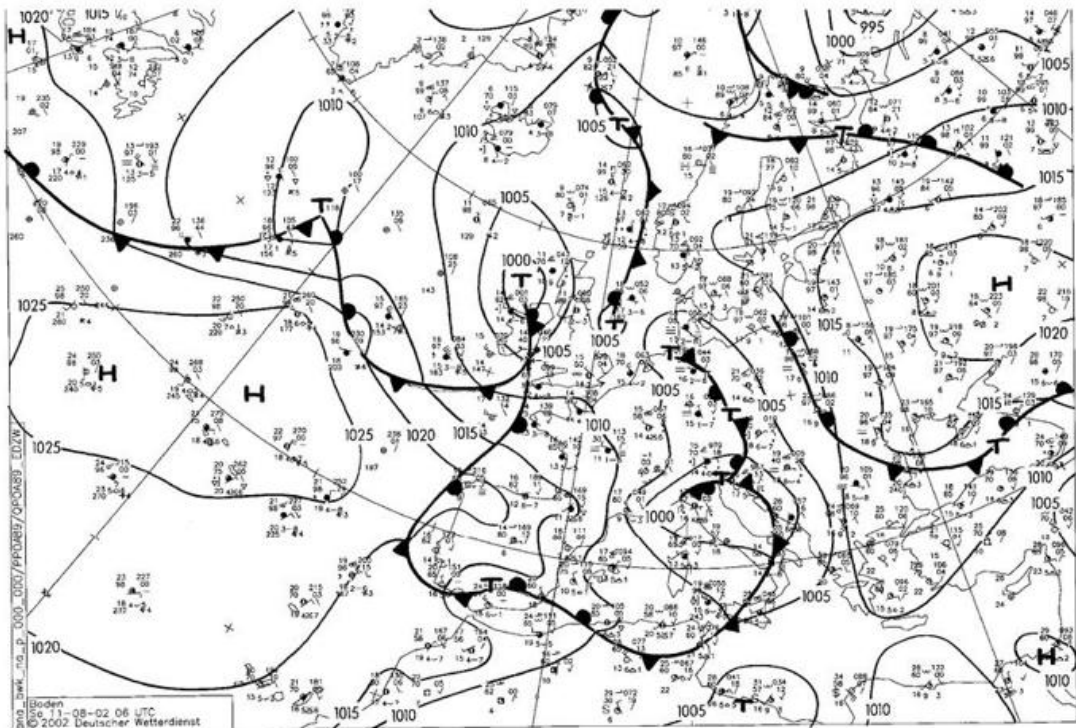
Am 08.08.2002 hatte sich am östlichen Rand eines stabilen Hochs bei den Azoren ein Tiefdruckgebiet entwickelt und war zunächst Richtung Irland gezogen. Oberitalien lag zu diesem Zeitpunkt noch im Bereich schwacher Luftdruckgegensätze bei sehr feuchter und warmer Luft mit Temperaturen bis 30 Grad. Das Irlandtief zog am 10.08. südostwärts über Südengland nach Nordfrankreich (Abb. 1). Es löste sich anderntags dort auf.



**Abb. 1: Analytierte Wetterlage vom 10.08.2002 - 12 UTC**

Auf diese Weise kam jedoch über nahezu 3 Tage hinweg zwischen dem Azorenhoch und dem westeuropäischen Tiefdruckgebiet ein breites Nordwindband zu Stande, mit dem ein Schwall maritimer Kaltluft aus dem isländisch-grönländischen Raum zum westlichen Mittelmeer vordringen konnte. Programmgemäß entstand in der oberen Troposphäre am 10.08.2002 über Südfrankreich ein markantes Tief in der Höhe (Höhentief). Vor diesem Höhentief begann aufgrund dynamischer Hebungsvorgänge der Luftdruck über Oberitalien sehr rasch zu fallen.

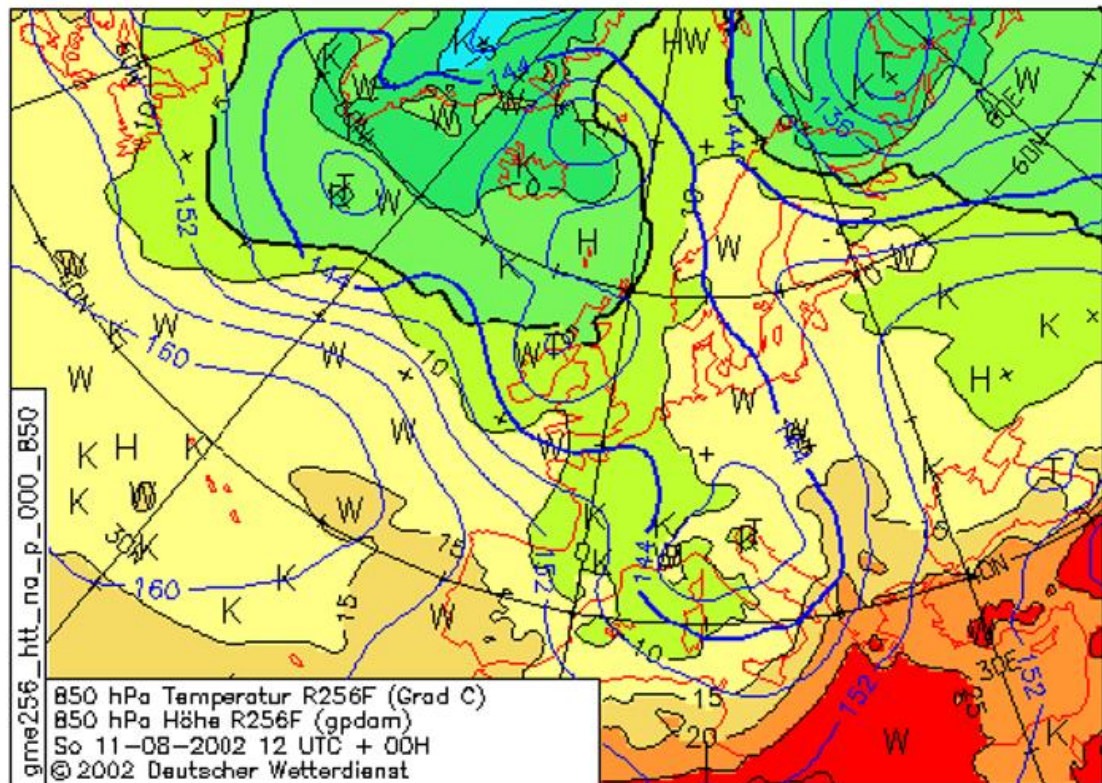
Die „heiße Phase“ der Entwicklung begann dann in der Nacht zum 11.08.2002 mit der Entwicklung des späteren Vb-Tiefs über der nördlichen Adria (Abb. 2). Es bezog auf seiner Ostseite extrem feuchte Luft von der Großen Syrte her in seine Zirkulation ein.



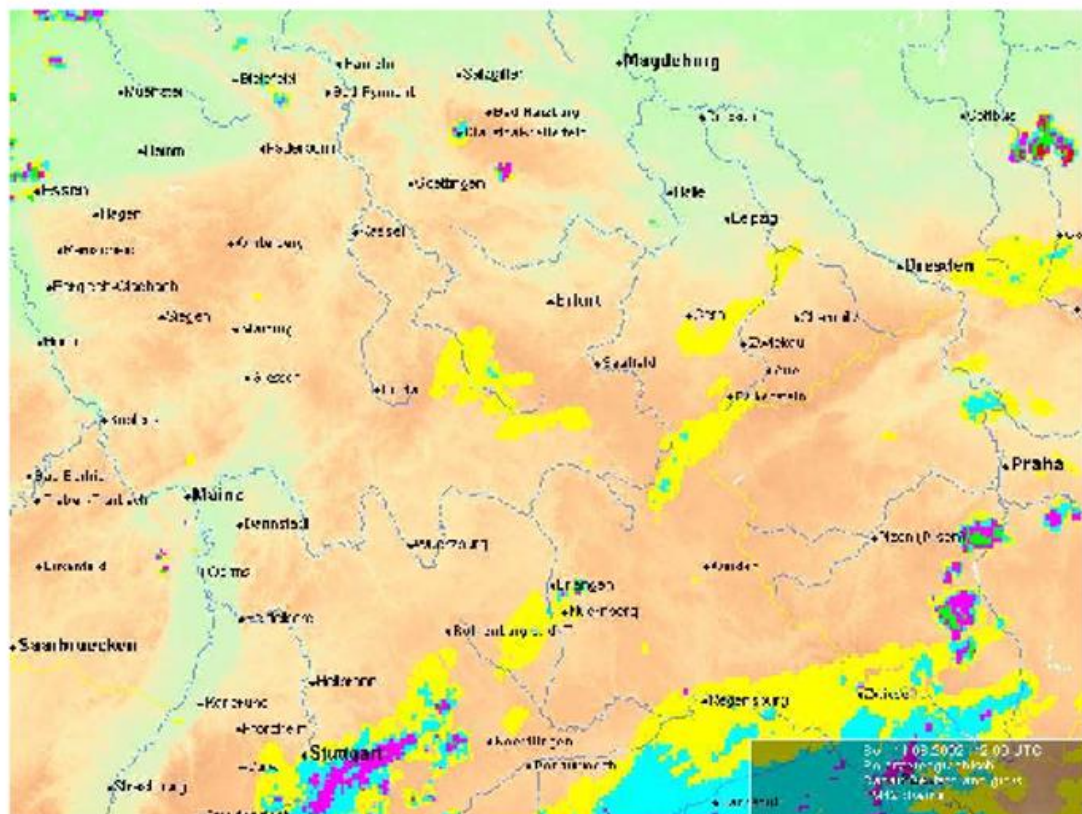
**Abb. 2: Analytierte Wetterlage vom 11.08.2002 - 06 UTC mit Tief „ILSE“ über der Adria**

Gleichzeitig brandete von Westen die kältere Luft, die über Frankreich nach Süden vorgedrungen war, gegen diesen Warmluftstrom an und führte zur weiteren Verstärkung des Tiefs. Es erhielt am 11.08.2002 den Namen „ILSE“. Sein Kern erreichte in den Abendstunden des gleichen Tages Venetien und Friaul. In der Abbildung 3 sind die unterschiedlich temperierten Luftmassen auf beiden Flanken des Tiefs in etwa 1,5 km Höhe (850 hPa-Fläche) gut zu erkennen. Blau/Grün entspricht kalter Luft, Gelb/Rot warmer Luft.

Abbildung 4a zeigt ein dazu zeitlich passendes Radarbild.

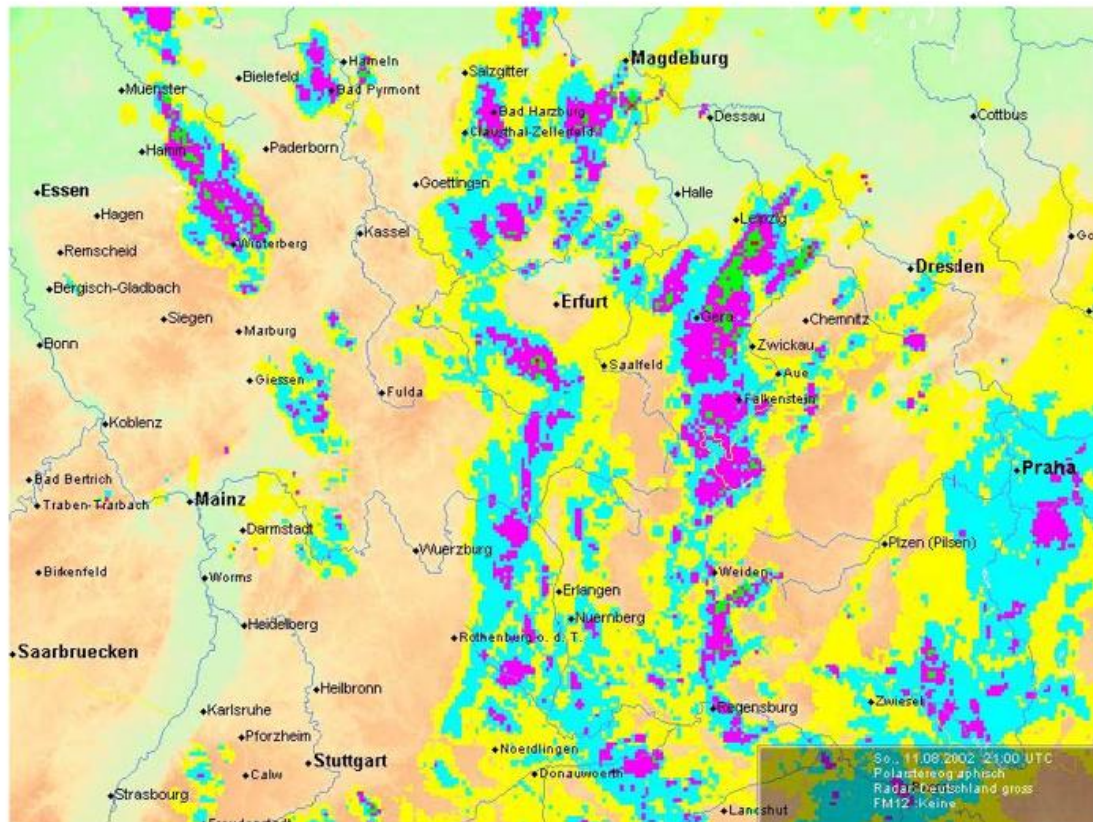


**Abb. 3: Numerische Analysen der Geopotential- und Temperaturverteilung in 850 hPa (etwa 1,5 km Höhe) am 11.08.2002. Das Vb-Tief formiert sich über der nördlichen Adria.**



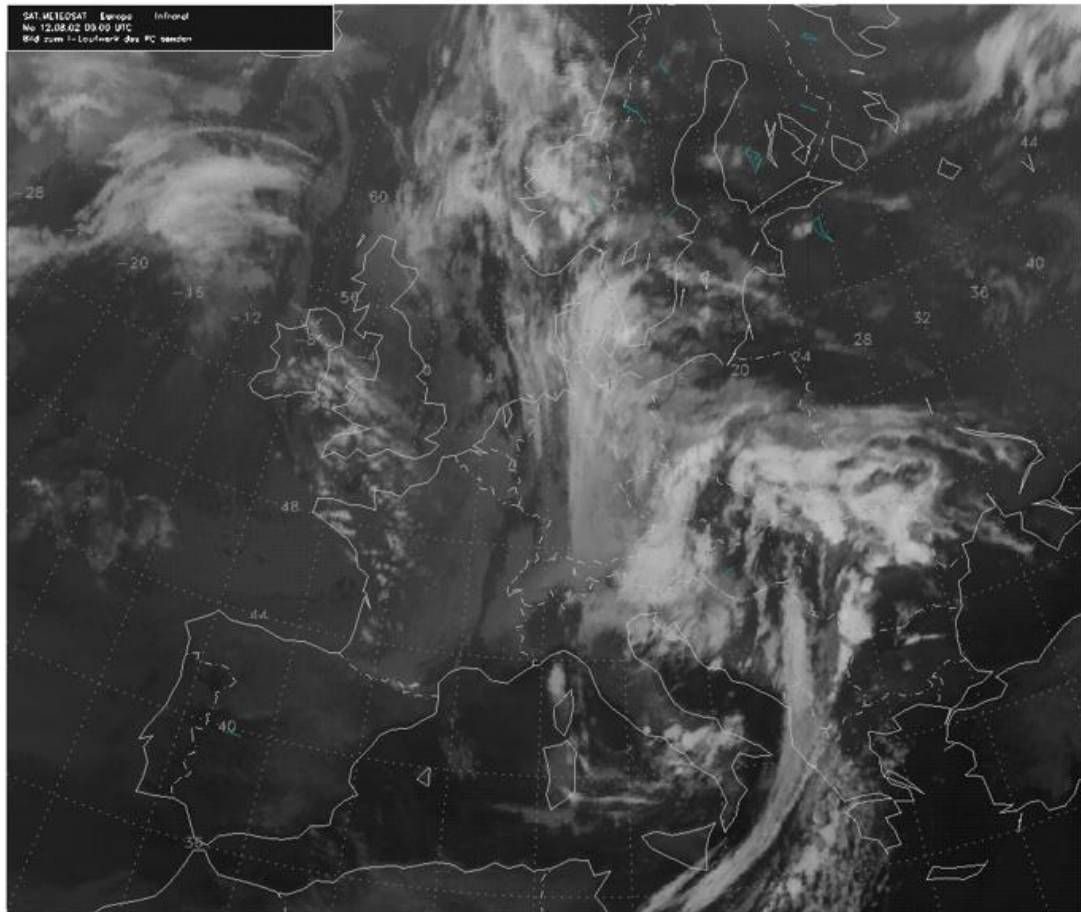
**Abb. 4a: Radarbild vom 11.08.2002 - 12:00 UTC. Zu diesem Zeitpunkt war bereits eine Unwettervorwarnung vor ergiebigen Regenfällen herausgegeben worden.**

Das Kompositbild der DWD-Radarstationen in Abbildung 4a zeigte zu dieser Zeit, also gegen 12 Uhr UTC, lediglich einige bemerkenswerte Regenfälle und Mengen an Flüssigwasser in den Wolkenbändern im Raum Stuttgart, südlich der Donau sowie südlich Prag und Cottbus, erkenntlich an den blauen und violett/roten Flächen. Gegen 21 Uhr UTC (Abb. 4b) verdichteten sich dann die Radarechos zunehmend und ließen größere, nunmehr auch gut quantifizierbare Mengen an Flüssigwasser erkennen, die bereit waren in den nächsten Stunden abzuregnen.



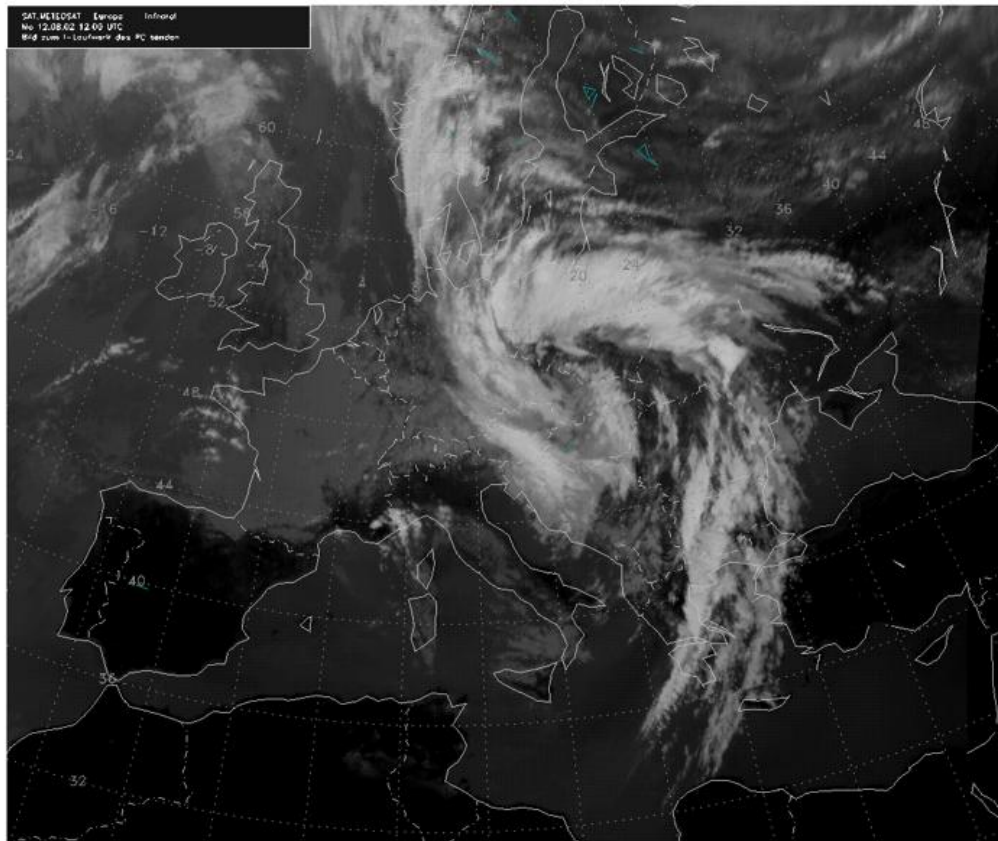
**Abb. 4b: Radarbild vom 11.08.2002 - 21:00 UTC (= 23:00 MESZ). Etwa zum Zeitpunkt der Herausgabe der Unwetterwarnung mit entsprechenden Mengenangaben.**

Wenig später, im Infrarot-Satellitenbild vom 12.08.2002 - 00 UTC (Abb. 5), sieht man bereits deutlich die Wirbelstruktur des Tiefs. Auf der Alpensüdseite und über den Alpen erkennt man hochreichende frontale Wolken und auf der direkten Süd- und Ostflanke eingelagerte Gewitterzellen.



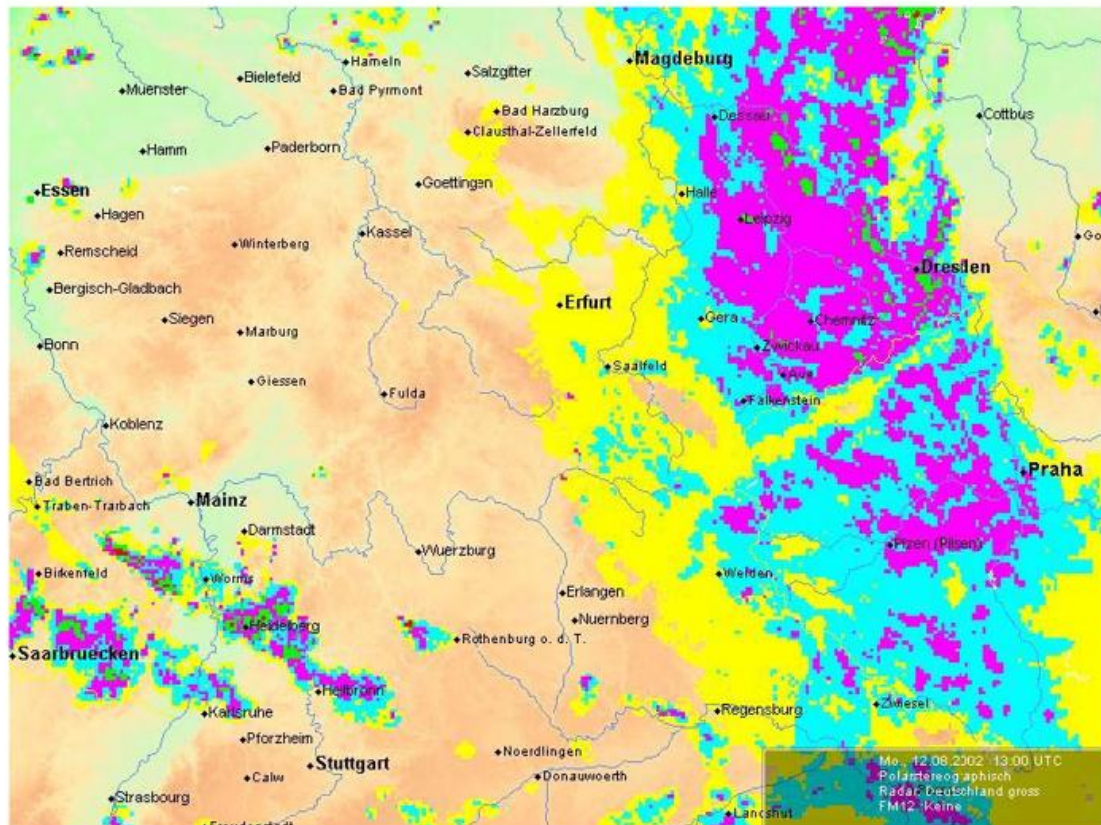
**Abb. 5: Satellitenbild vom 12.08.2002 - 00 UTC im infraroten Spektralbereich.  
Das Vb-Tief setzt sich nach Norden in Bewegung.**

In den Frühstunden des 12.08.2002 zog der Kern des Tiefs schließlich über Tschechien hinweg in Richtung Sachsen und verstärkte sich in den Morgenstunden dort nochmals erheblich. Eine Nordwestströmung in der Höhe drückte die mit Flüssigwasser gesättigten Luftmassen gegen die Nordseiten der Mittelgebirge, so dass durch die damit verbundene erzwungene Hebung in den Frühstunden des 12.08. schwere Regenfälle auf breiter Front ausgelöst wurden. Flankiert von kräftigen Hochdruckgebieten sowohl über Ost- und auch über Westeuropa wurde „ILSE“ nun stationär. Das Tief drehte sich gewissermaßen genau über dem Osten Deutschlands ein und regnete sich an dieser Stelle bis zum Ende seines Lebenszyklus komplett aus. Im Infrarot-Satellitenbild von 12.08.2002 - 12 UTC in Abbildung 6 erkennt man die inzwischen stark verwirbelte Struktur des Tiefs.



**Abb. 6:** Satellitenbild vom 12.08.2002 - 12 UTC im infraroten Spektralbereich. Warmluft gleitet in der oberen Troposphäre auf die Kaltluft in tieferen Schichten auf

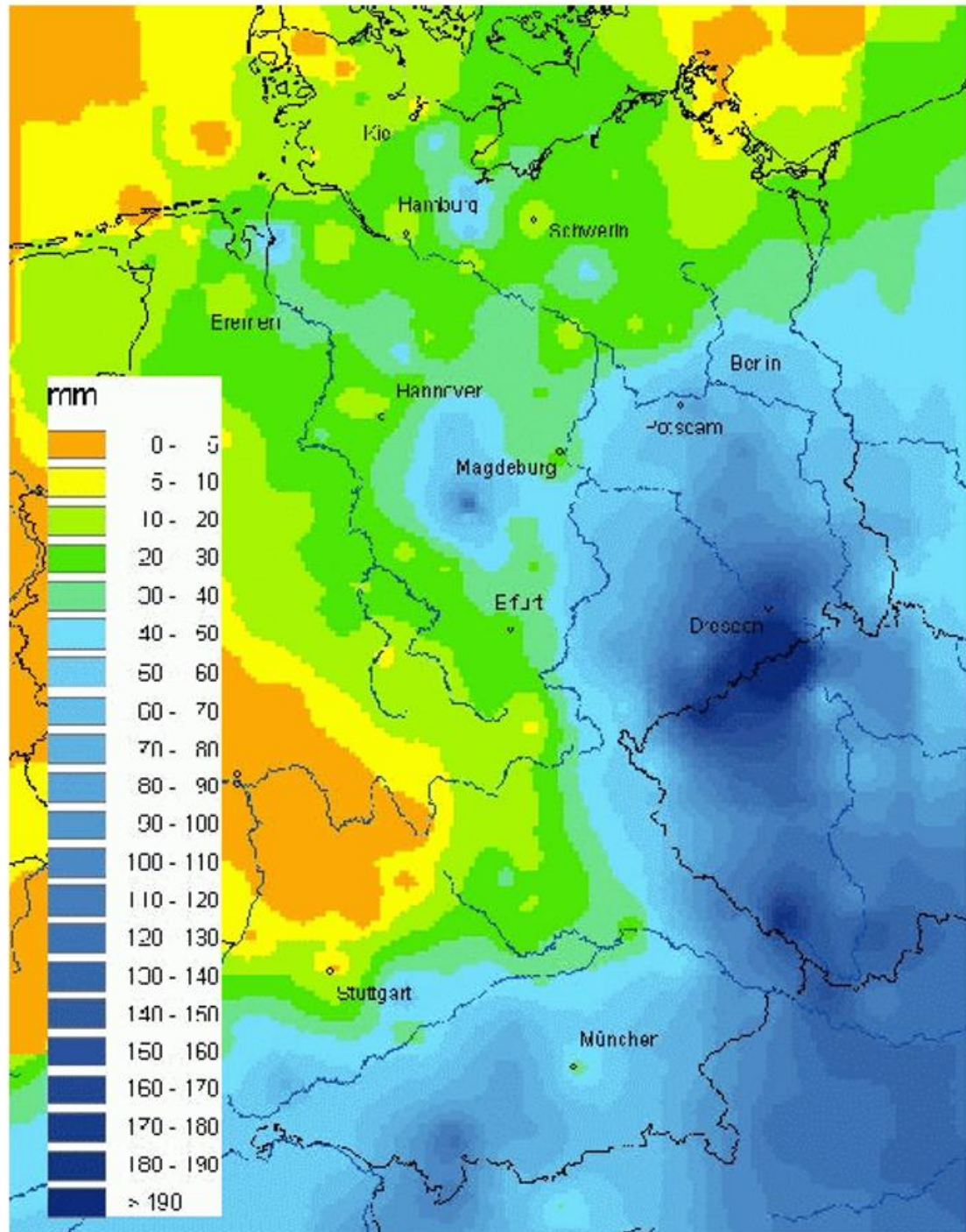
Von Tschechien her und nördlich entlang der Elbe erstreckte sich nunmehr ein breites und im wesentlichen stationäres Regenband. Abbildung 7 zeigt im Radarbild vom 12.08.2002 - 13 UTC die Verschmelzung zweier kräftiger Echobänder zu einer ausgedehnten, von den Alpen bis nach Norddeutschland reichenden Niederschlagszone. Es verlagerte sich nur wenig ostwärts und wurde in der 2.Tageshälfte lediglich etwas schmaler.



**Abb. 7: Radarbild vom 12.08.02 - 13:00 UTC.**  
*Deutlich sichtbar sind die Niederschläge im Bereich des Vb-Tiefs*

Niederschläge stehen immer in Verbindung mit Hebungsprozessen in der Troposphäre. Wird eine Luftmasse gehoben, kommt sie unter niedrigeren Druck und kühlt sich ab. Bei ausreichender Feuchte kondensiert der vorhandene Wasserdampf zu Wolken- und Niederschlagsteilchen bis schließlich Niederschlag ausfällt. Im betrachteten Fall des Tiefs „ILSE“ wurde durch die Position des Bodentiefs auf der Ostflanke des westeuropäischen, quasi steuernden Höhentiefs nicht nur warme Luft bis in große Höhen nordwärts verfrachtet, sondern auch gleichzeitig gehoben, so dass das beschriebene, ausgedehnte Regengebiet entstehen konnte.

Die Starkniederschläge setzten bereits auf der Alpensüdseite ein, verlagerten sich dann aber, der Vb-Zugbahn des Tiefs folgend zunächst in die Schweiz, nach Bayern, Österreich und Tschechien und in der Folge und unter Verstärkung in den Osten Deutschlands (Abb. 8).



**Abb. 8: Abgeleitete Niederschlagshöhen in mm.  
Zeitraum 10.08.2002 - 06 UTC bis 13.08.2002 - 06 UTC**

Am 11.08. fielen innerhalb 12 Stunden, in der Zeit von 06 bis 18 UTC, in Südbayern mehrfach über 20 mm Niederschlag (entspricht 20 l/m<sup>2</sup>), örtlich 40 mm, in der Nordost-Schweiz bis 73 mm. In den nächsten 12 Stunden, im Zeitraum vom 11.08. - 18 UTC bis zum 12.08. - 06 UTC, kamen in der Nordostschweiz erneut bis 68 mm hinzu, über Südostbayern/Österreich bis 76 mm, im Bayerischen Wald bis 69 mm. Im Erzgebirge wurden nun auch schon über 60 mm registriert (Marienberg 62 mm, Zinnwald 61 mm). Die Starkniederschläge im Osten Deutschlands steuerten nun auf ihren Höhepunkt zu.

Extremwerte, wie die 24-stündige Niederschlagssumme von 312 mm zwischen dem 12.08. - 06 UTC und dem 13.08. - 06 UTC in Zinnwald (südlich Dresden, vergleiche Abb. 8), kamen – wie bereits geschildert - vor allem dadurch zustande, dass die Mittelgebirge im Osten Deutschlands sowie in Bayern und Tschechien sehr rasch auf die Westflanke des Tiefs gerieten. Dort kam eine kräftige Nordwestströmung auf, wobei die um das Tief herumgeführte feuchte Luft zusätzlich gegen die Nordhänge der Gebirge gedrückt wurde, und das über einen Zeitraum von mehr als 24 Stunden. Die feuchten Luftmassen wurden so gezwungen das Erzgebirge von Norden her zu überqueren und regneten sie sich dabei komplett aus.

#### 1.4 Meteorologisch-synoptische Ursachen des Hochwassers

Für die beobachteten extremen Niederschlagsmengen in Sachsen, im Bereich von Tief „ILSE“, gab es also mehrere, insgesamt 4 Ursachen:

- (1) Das für Vb-Tiefs typische Aufgleiten der feuchten und warmen Mittelmeerluft, die vor allem in höheren Schichten nach Norden gegen die dort einströmende Kaltluft geführt wurde (vgl. Analysen in den Abb. 9 und 10).

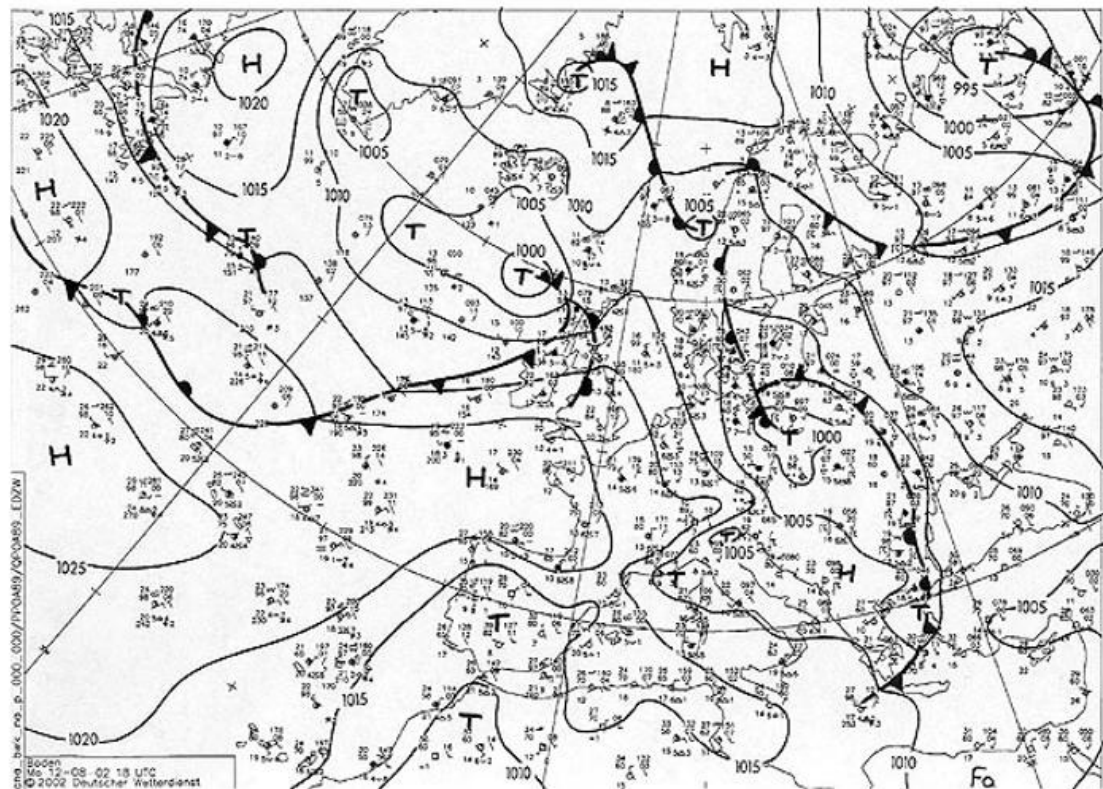
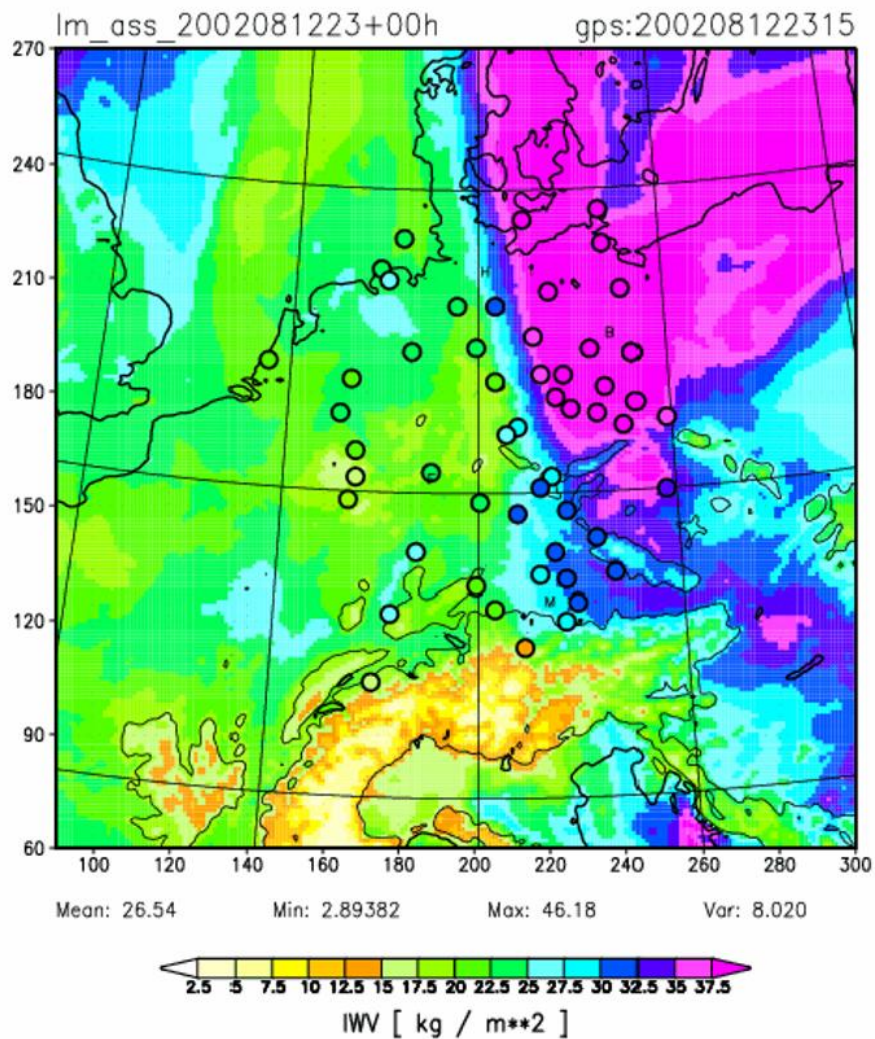


Abb. 9: Analytierte Wetterlage vom 12.08.2002 - 18 UTC, mit Tief „ILSE“



(2) Die in das Niederschlagsgeschehen zusätzlich eingelagerten konvektiven Prozesse (Schauer und Gewitter), vor allem im Osten des Regengebietes. Die Luftmasse war dort bis in große Höhen mit Wasserdampf nahezu gesättigt (vgl. hohe Werte des „Precipitable Water“ PPW bzw. IWW in Abbildung 11).

aktwen  
Die  
gt (vgl



**Abb. 11: Integrierter Wasserdampfgehalt der Atmosphäre (Precipitable water, PPW).  
Extrem hoher Feuchtegehalt der beteiligten Luftmassen am 12.08.2002.**

, PPW ).  
02 .

Hinzu kam eine potenziell instabil geschichtete Schichtung der Luftmasse in der Vertikalen, wie man am Radiosondenaufstieg vom 12.08.2002 - 12 UTC an der DWD-Station Lindenberg, südöstlich von Berlin, in Abbildung 12 erkennt.

isse in  
12 UTC  
ng 12

Die aus den Radardaten rechnerisch abgeleiteten Niederschlagshöhen des 72-Stundenzeitraums zeigt nachfolgend die Abbildung 13.

des

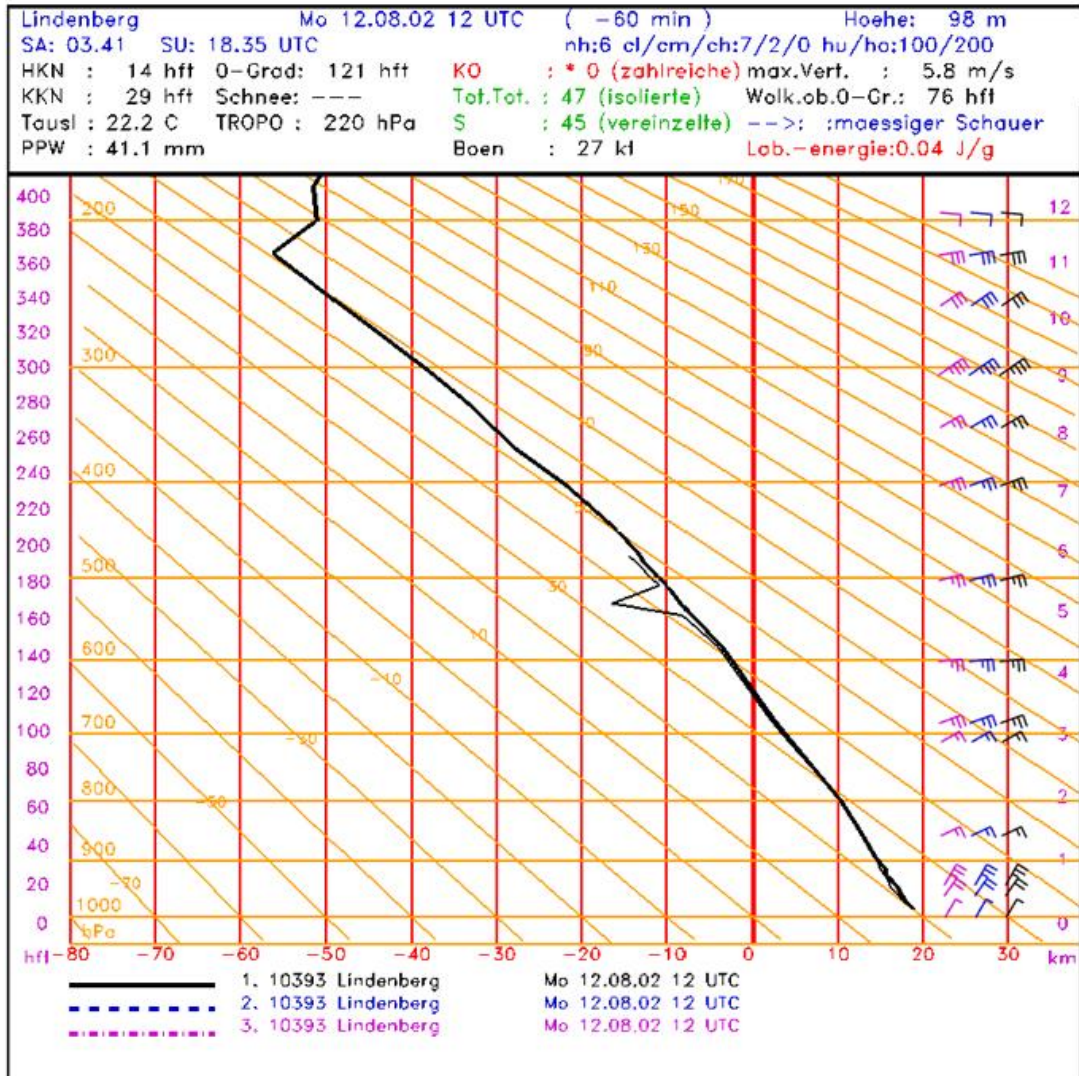
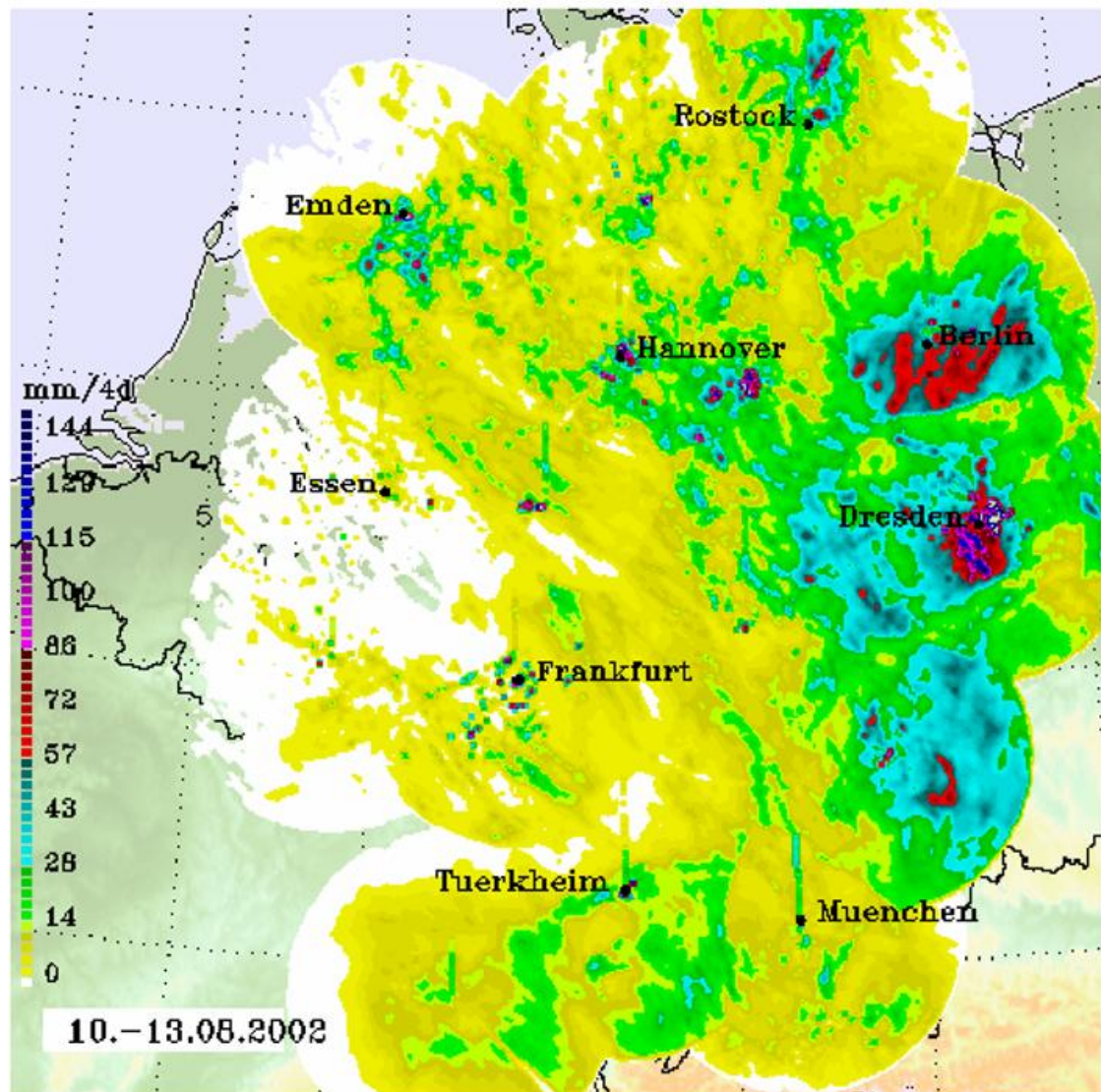


Abb. 12: Radiosondenaufstieg der DWD-Station Lindenberg vom 12.08.2002 - 12 UTC



**Abb. 13:** Aus Radardaten abgeleitete Niederschlagshöhen in mm.  
Zeitraum: 10.08.2002 - 06 UTC bis 13.08.2002 - 06 UTC

- (3) Die orografische Verstärkung der Niederschlagsbildung, also die erzwungene Hebung der Luftmassen im Nordstau der sächsischen Mittelgebirge auf Grund der Position des Tiefdruckgebietes und der Druckgradientverschärfung und damit deutliche Verstärkung des Nordwestwindes (Abb. 15).



**Abb. 15: Numerische Analysen von Bodendruck und Wind in 850 hPa vom 12.08.02 - 12 UTC. Mit einer nordwestlichen Strömung wird die feuchte Luft gegen die Mittelgebirge getrieben.**

- (4) Die lange Andauer der Hebungsprozesse auf Grund der nur langsam sich ändernden großräumigen Druck- und Strömungsverteilung über Mitteleuropa.

Eine grobe Abschätzung der Anteile am Niederschlagsgeschehen im Einzugsgebiet der Elbe, anhand des zur Verfügung stehenden Beobachtungsmaterials (Wetter, Niederschlagshöhen, Blitzechos, Radar, etc.), ergibt für den Bereich des Erzgebirges größenordnungsmäßig folgende Anteile an den insgesamt gemessenen Niederschlagshöhen:

Flächenhafter (skaliger) Niederschlag	ca. 30 %
Konvektiver Niederschlag (Schauer, Gewitter)	ca. 10 %
Orografische Verstärkung (an Mittelgebirgen, maximal)	ca. 60 %

Die prekäre Hochwassersituation in den Ortschaften im und nahe dem Erzgebirge resultierte also letztlich vor allem massiv auf dem Stau effekt am Nordrand des Mittelgebirgsraumes.

Im Gegensatz dazu ging die Bedrohung der Orte und Städte an der Elbe und im Bereich des großen Elbe-Einzugsgebietes eher gleichermaßen auf das Zusammenspiel der oben beschriebenen Ursachen zurück.

## **2 Beschreibung der numerischen Wettervorhersagen**

### **2.1 Vorbemerkungen**

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, inwieweit die zur Verfügung stehenden numerischen Wettervorhersagemodelle die Wetterentwicklung erfasst haben und ab wann signifikante Signale für eine extreme Niederschlagssituation vorhanden waren.

Die Prognosen der numerischen Wettervorhersagemodelle der verschiedenen Wetterdienste Europas, des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersagen (EZMW) und der USA schwankten zunächst im Vorfeld der Entwicklung. Dies ist normal, da die Vorhersagbarkeit des Wetters grundsätzlich immer nur eingeschränkt möglich ist.

Alle numerischen Vorhersagen reagieren grundsätzlich sehr sensibel auf fehlerhafte Anfangsbedingungen. Gerade die Anfangsbedingungen, die für jeden Gitterpunkt eines Vorhersagemodells aus aktuellen Messwerten zum Starttermin einer Computersimulation abgeleitet werden, sind nie exakt bekannt.

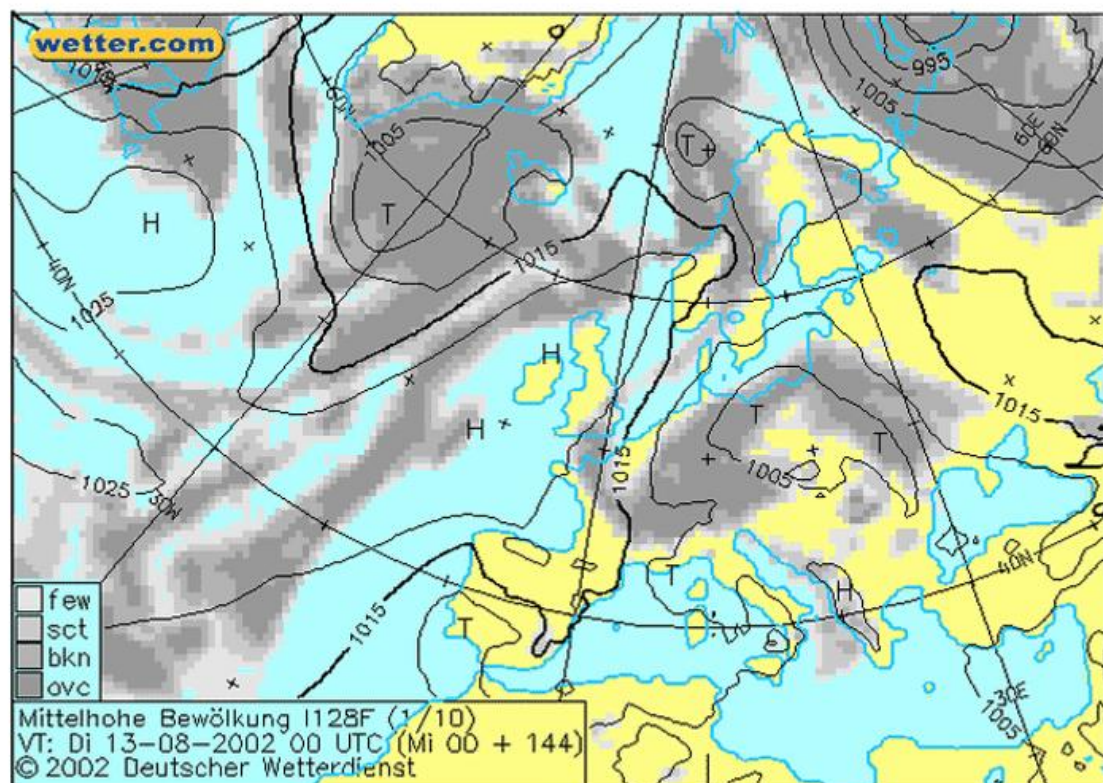
Niemand kennt z.B. die Temperatur und den Luftdruck über jedem Quadratkilometer des Mittelmeeres genau genug, um die Anfangsbedingungen, die zur Lösung der mathematischen Gleichungen eines numerischen Wettervorhersagemodells notwendig sind, exakt bestimmen zu können. Zuverlässige längerfristige Wettervorhersagen zu erstellen, ist deshalb nach wie vor eine große Herausforderung.

Im kurzfristigen Vorhersagebereich, insbesondere im Warndienst spielen aktuelle Beobachtungsdaten eine wichtige Rolle (z.B. Radar-, Satelliten- und Blitzortungsdaten). Durch den Vergleich zwischen aktuellen Beobachtungsdaten und Modellvorhersagen kann die Qualität der numerischen Prognosen beurteilt werden.

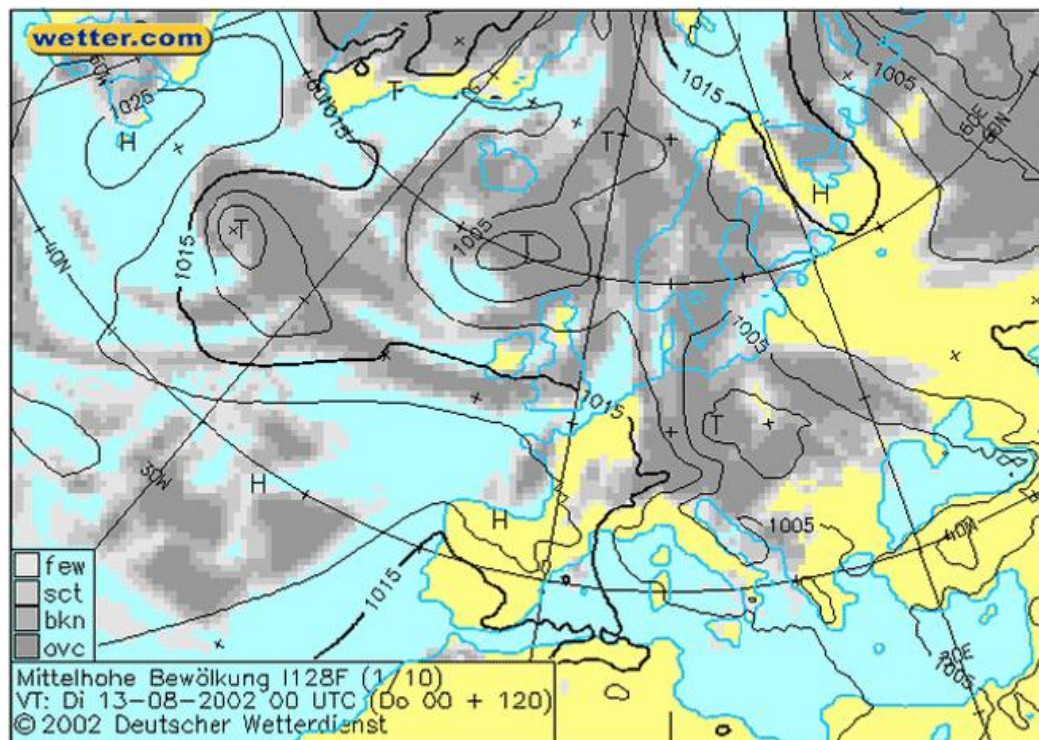
## 2.2 Numerische Vorhersagen

Einzelne numerische Vorhersagen, so das deutsche GME, zeigten ab Mittwoch, dem 07.08.2002, die mögliche Entwicklung eines Vb-Tiefs mit ergiebigen Regenmengen über den Alpen und dem südöstlichen Mitteleuropa - nicht über Sachsen.

Das Globale Modell des DWD (GME) simulierte als erstes Modell am Mittwoch, dem 07.08.2002, in der 144-stündigen Vorhersage für Dienstag, den 13.08.2002 – 00 UTC, eine Vb-artige Wetterlage (Abb. 16a) über Mitteleuropa (Abb. 16a). Das Modell bestätigte diese Vorhersage einen Tag später am Donnerstag, dem 08.08.2002 mit der 120-stündigen Prognose des Bodendruckfeldes (Abb. 16b).



**Abb. 16a: 144-std. Vorhersage des deutschen Modells GME vom 07.08.2002 - 00 UTC, für den Zielzeitpunkt 13.08.2002 – 00 UTC.**



**Abb. 16b:** 120-std. Vorhersage des GME vom 08.08.2002, 00 UTC, ebenfalls für den 13.08.2002 – 00 UTC. Beide Vorhersagen zeigen bereits mittelfristig ein Signal für eine Vb-Lage

Allerdings war das klare Signal der Bodendruckvorhersagen in der entsprechenden 120-stündigen Niederschlagsprognose (Abb. 16c) nicht sichtbar. Das GME zeigte zu diesem Zeitpunkt die intensiven Niederschläge lediglich in Alpennähe und auf der Alpensüdseite.

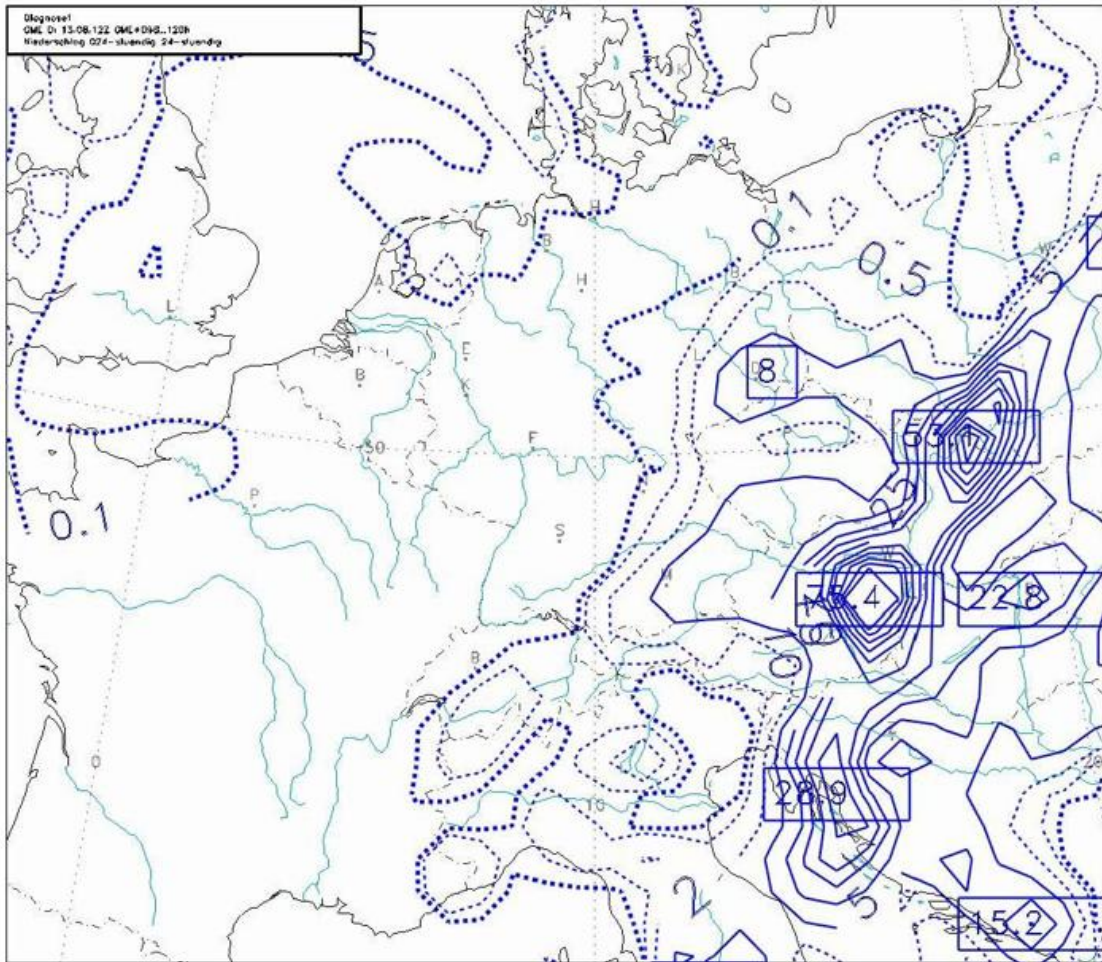
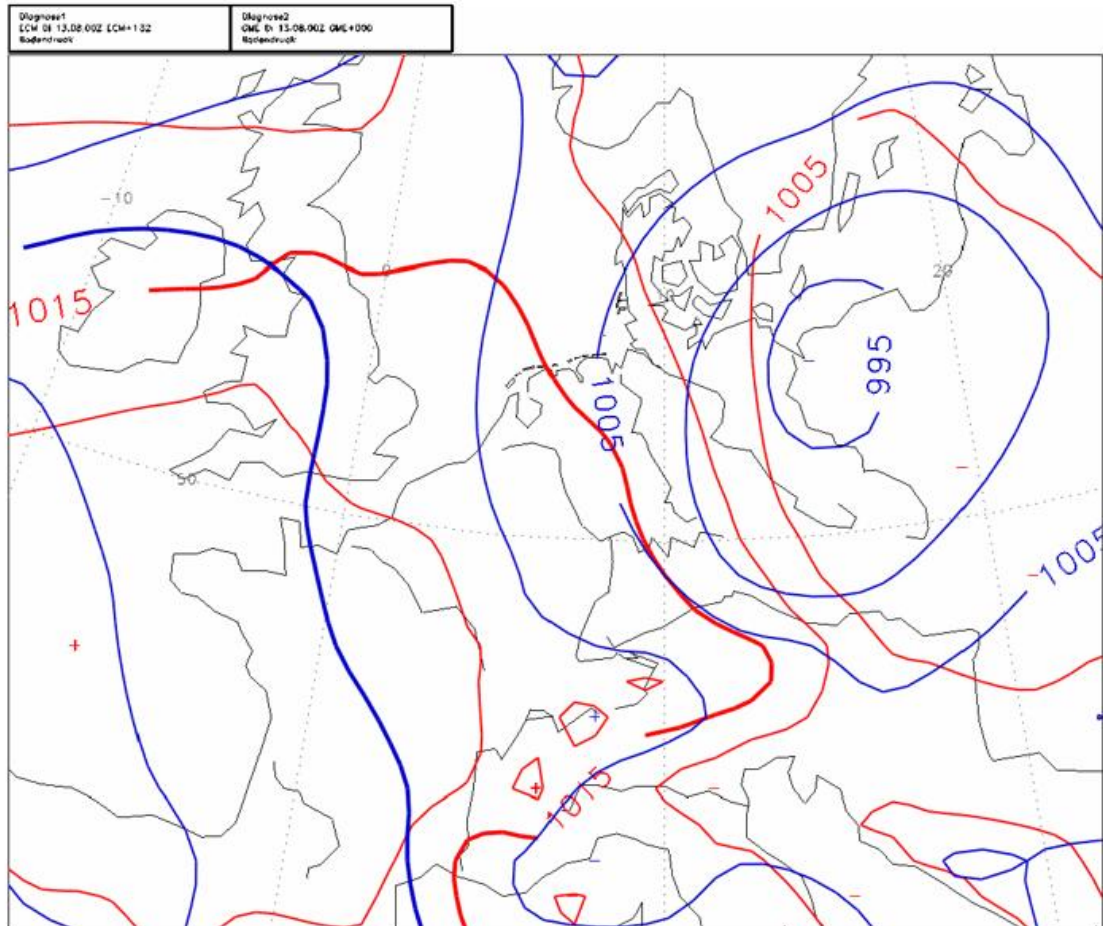
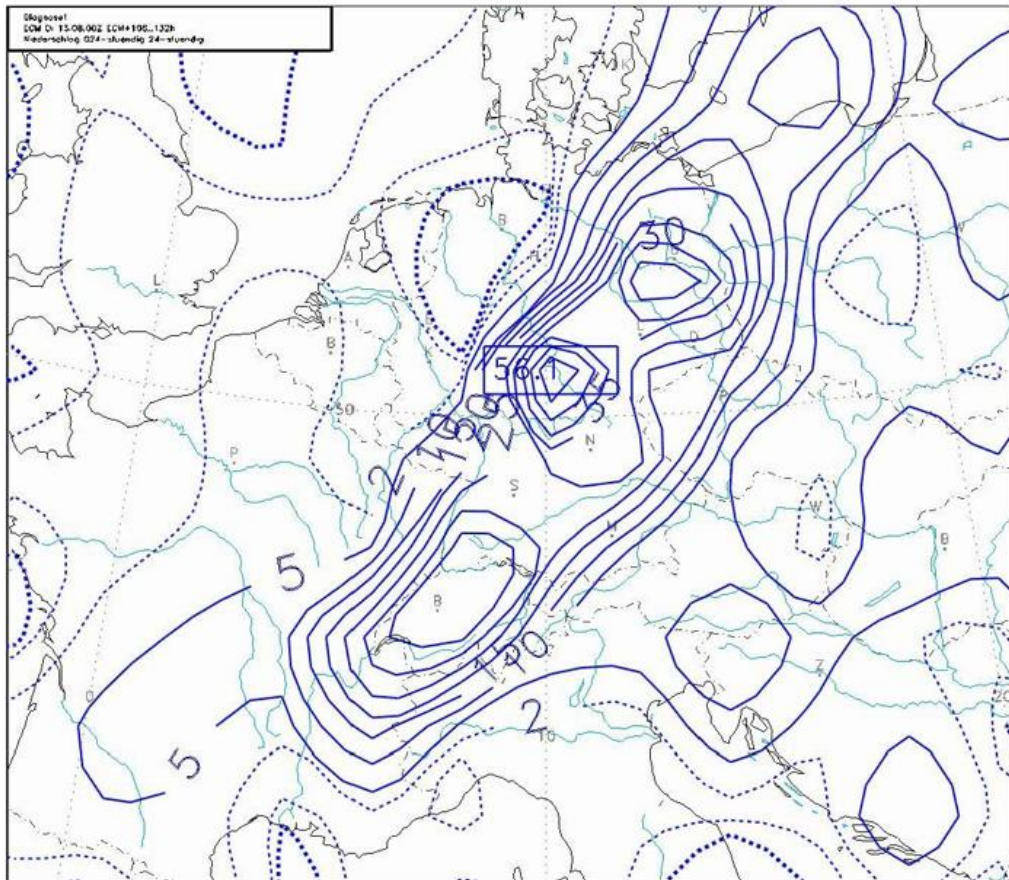


Abb. 16c: Niederschlagsvorhersage des GME vom 08.08.2002 - 12 UTC, H+96 ... 120

Die 120-stündige Vorhersage des deutschen GME wurde übrigens durch das gleichzeitig vorliegende Modell des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersagen (EZMW) gestützt (Abb. 17a), wobei letzteres ebenfalls entsprechend hohe Niederschlagssummen prognostizierte (Abb. 17b).

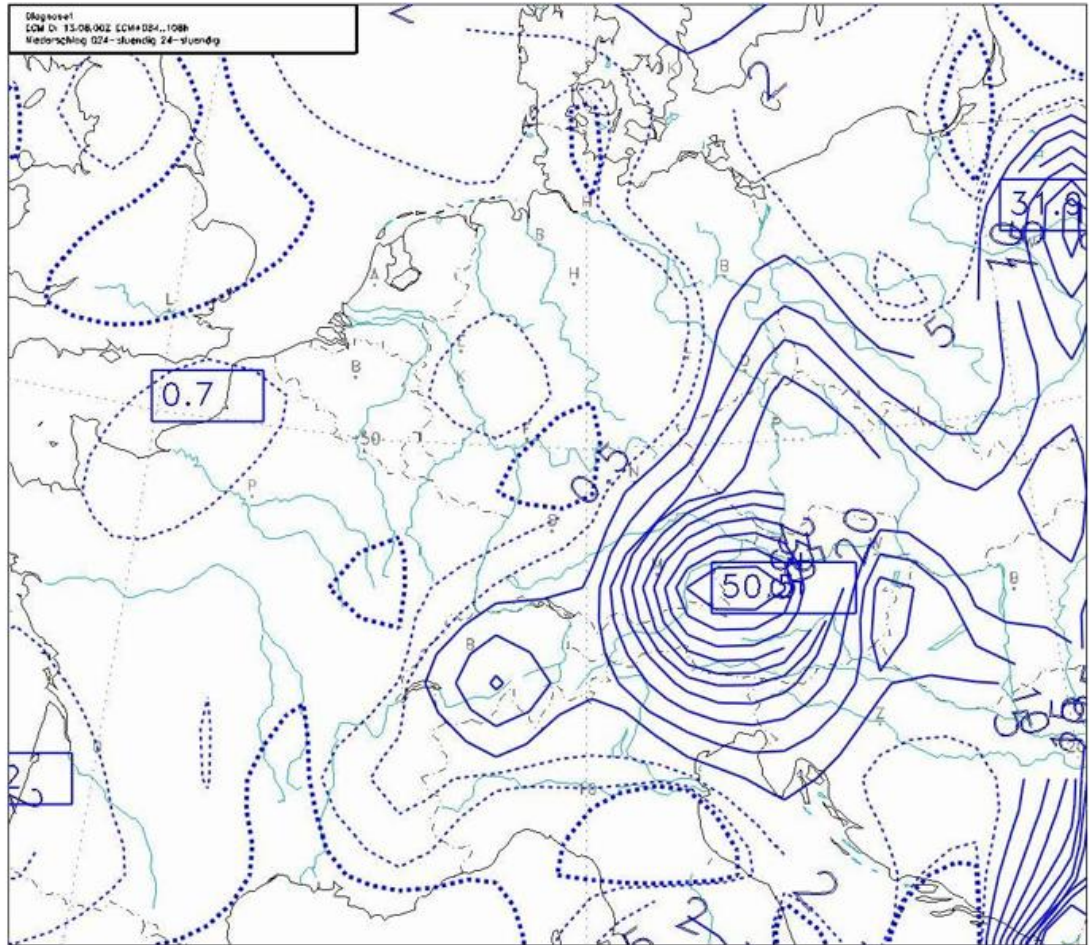


**Abb. 17a: Bodendruckvorhersage des EZMW (blau) vom 07.08.2002, H+132, für den Zielzeitpunkt 13.08.2002 – 00 UTC im Vergleich mit der tatsächlich dann eingetretenen Bodendrucksituation (rot).**

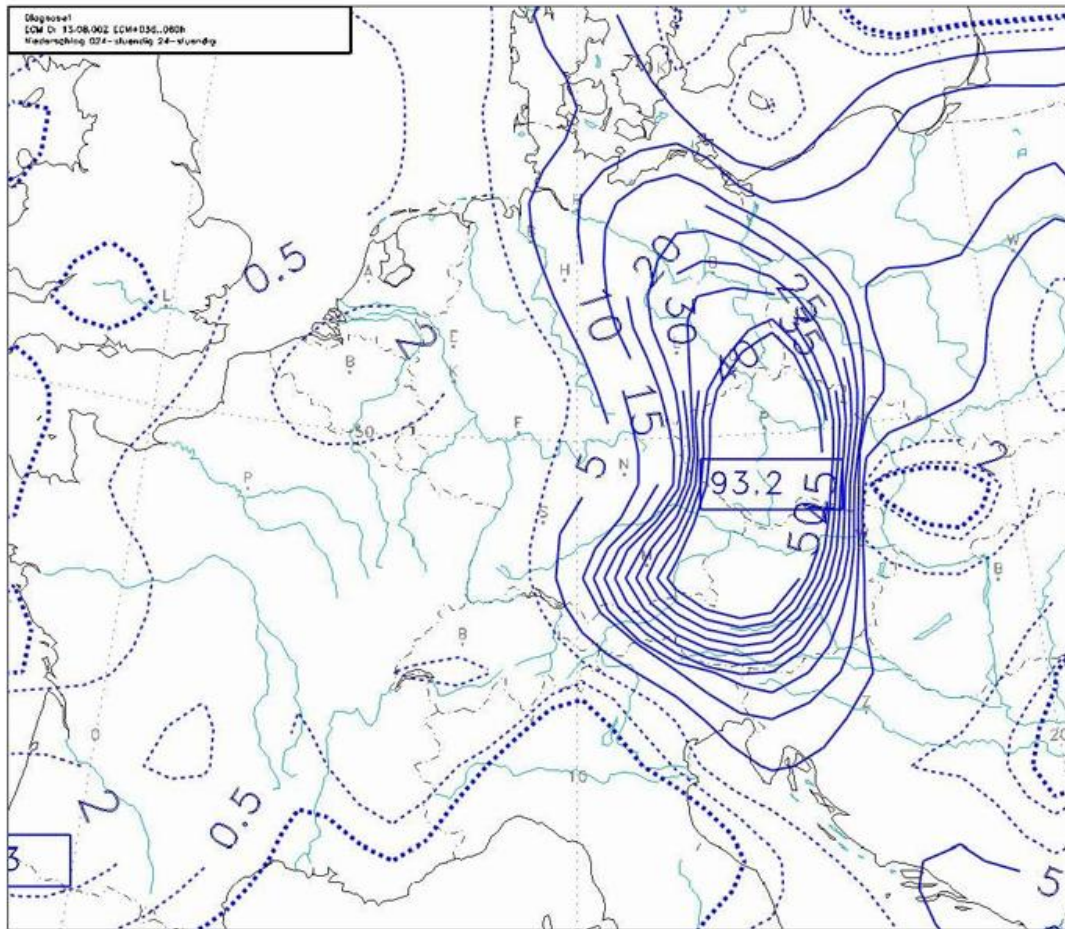


**Abb. 17b: Die 132-std. Niederschlagsvorhersage des EZMW-Laufs vom 07.08.2002 – 12 UTC bestätigt zunächst das klare Signal für eine Vb-Lage ...**

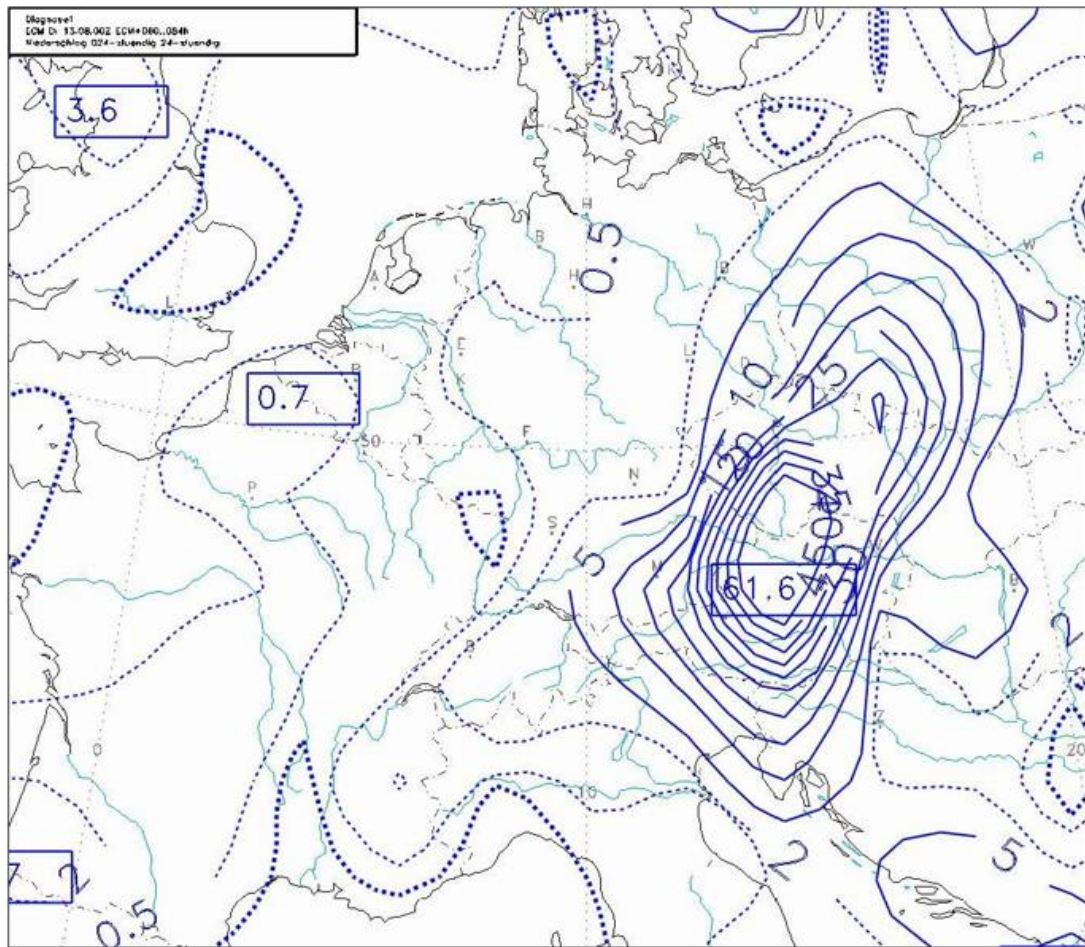
Die Unsicherheit in allen genutzten numerischen Modellen zu diesem Zeitpunkt wird in den nachfolgenden Abbildungen 17b bis 17e mit Vorhersagen des EZMW deutlich. Menge und Schwerpunkt der erwarteten Niederschläge variieren von Tag zu Tag stark. Diese Unsicherheit kennzeichnete gleichermaßen auch die entsprechenden Niederschlagsvorhersagen des GME.



**Abb. 17c:** Der nachfolgende Lauf vom 08.08.2002 - 12 UTC, prognostiziert 24-std. Summen (bis zum 13.08.2002 - 00 UTC) von ca. 20 mm über Sachsen, Tschechien und den Schwerpunkt des Regens im Raum Salzburg.

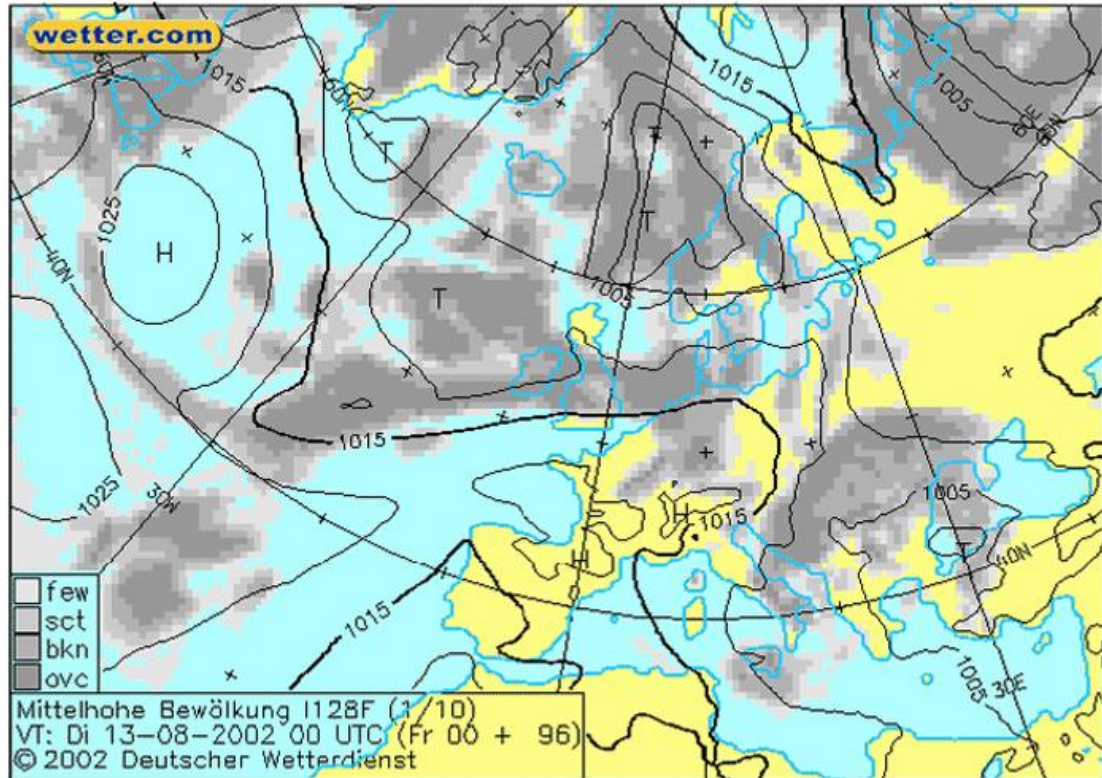


**Abb. 17d: Der EZMW-Lauf vom 09.08.2002 - 12 UTC (Vorhersage H+84, 24-std. Niederschlagssumme bis 13.08.2002 - 00 UTC) verlagert den Starkregen nun etwas nach Norden.**

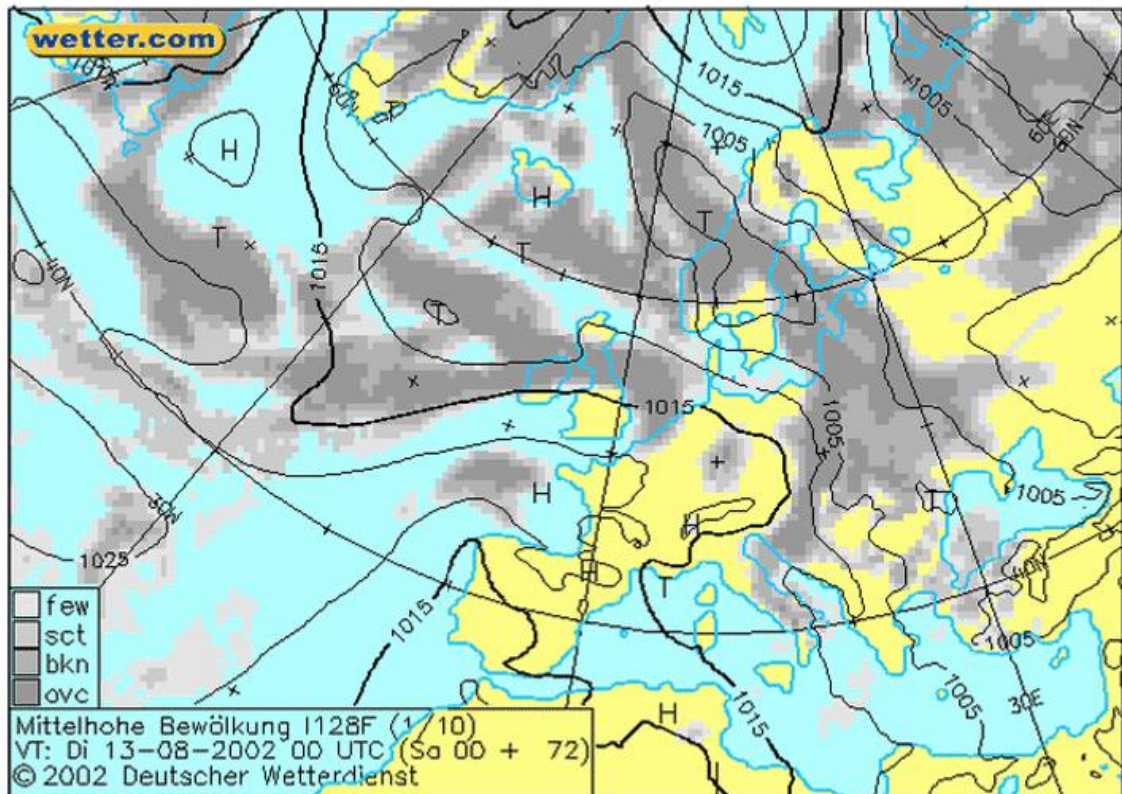


**Abb. 17e:** Erst ab dem Lauf vom 10.08.2002 - 12 UTC, der am 11.08.2002 etwa gegen 02:00 Uhr zur Verfügung stand, ist ein warnwürdiges und konsistentes Signal des Modells zweifelsfrei zu erkennen.

Die 96- und 72-stündigen Vorhersagen des GME vom 09.08.2002 und 10.08.2002 (Abb. 18a und 18b) zeigten im Gegensatz zu den Vorhersagen der Vortage für den Zielzeitpunkt dann plötzlich überhaupt keine Vb-Entwicklung mehr im Bodendruckfeld über Mitteleuropa. Erst in der Prognose vom 10.08.2002 - 12 UTC wird das entsprechende Signal wieder aufgegriffen und angezeigt. Die Niederschlagsvorhersagen vom 10.08.2002 - 12 UTC, H+42 ... 66 und vom 11.08.2002, 00 UTC, H+30 ... 54 lieferten jedoch immer noch zu geringe Werte, zumindest deutlich unter den später beobachteten Mengen.

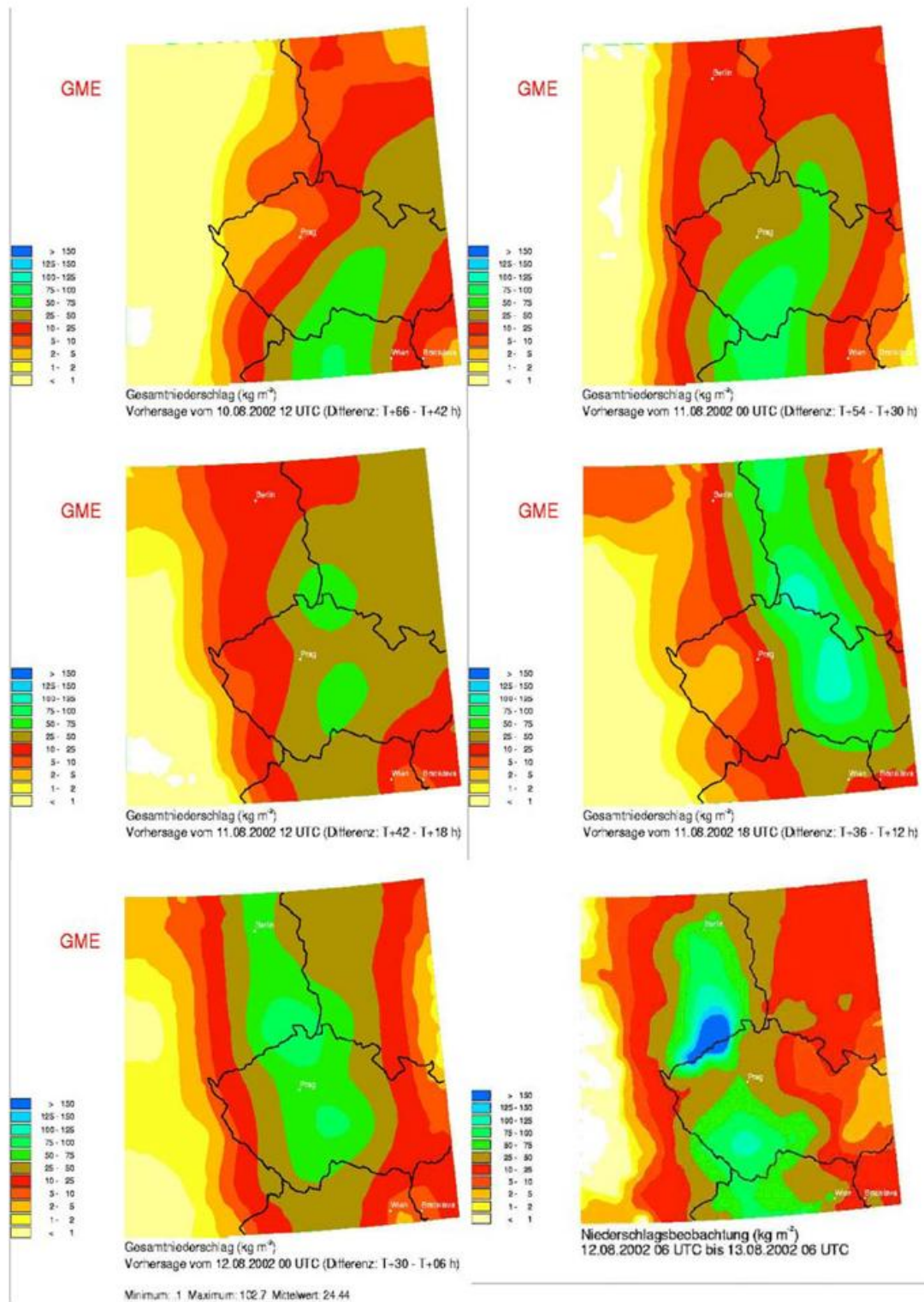


**Abb. 18a:** 96-std. Bodendruckvorhersage des GME für den 13.08.2002 - 00 UTC.

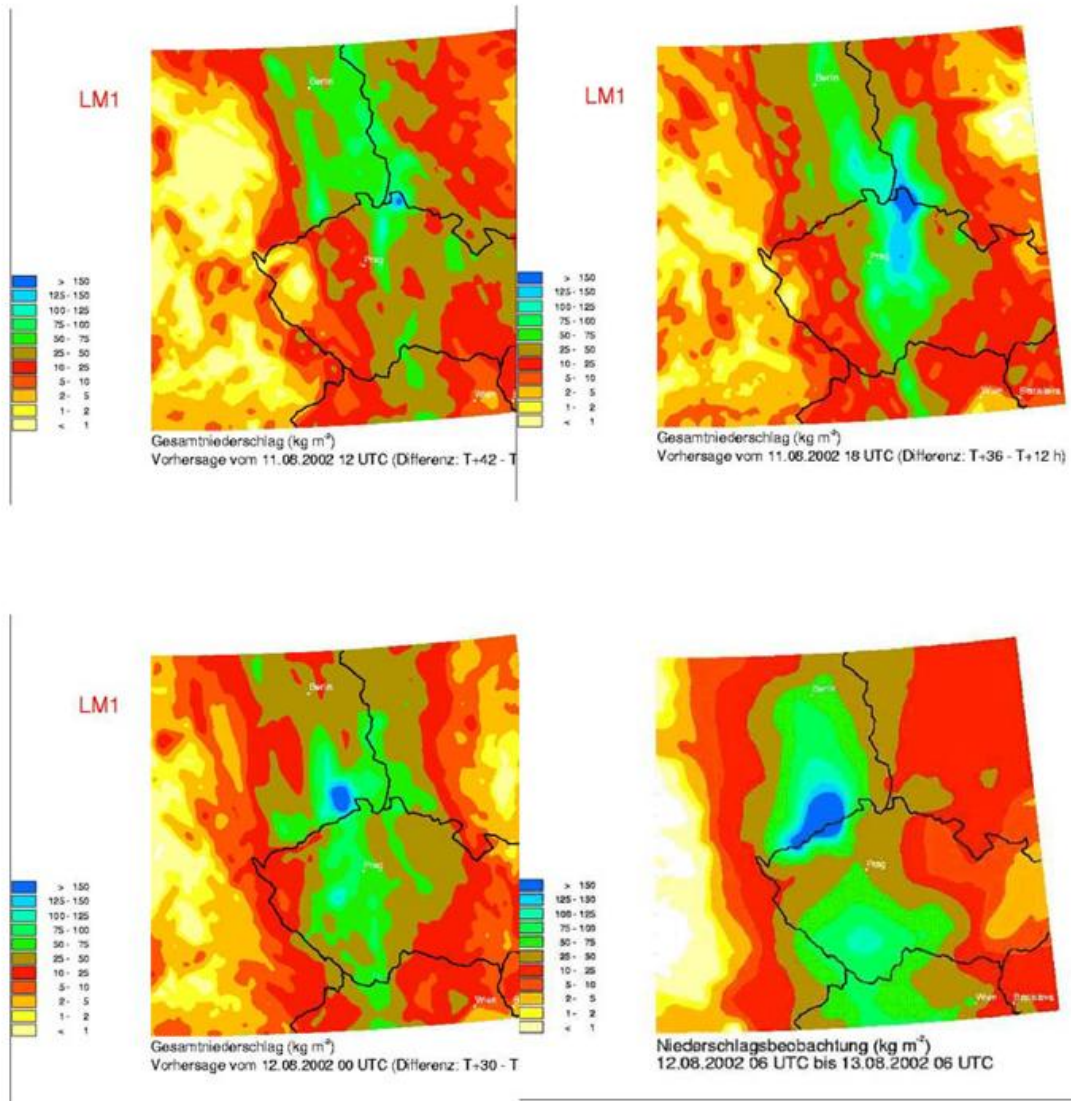


**Abb. 18b: 72-std. Bodendruckvorhersage des GME für den 13.08.2002 - 00 UTC. Beide Vorhersagen zeigen zu dieser Zeit keine Vb – Entwicklung mehr.**

Das vorhergesagte Maximum des Regens lag zu diesem Zeitpunkt deutlich südöstlich der später betroffenen Region, weshalb die Ausgabe einer Unwetterwarnung für Sachsen zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgen konnte. Vergleiche dazu die folgenden Abbildungen 18c und 18d, mit den Niederschlagsvorhersagen des deutschen Modells GME sowie des hochaufgelösten deutschen Modells LM (Lokalmodell).



**Abb. 18c:** GME-Vorhersagen der 24-std-Niederschlagssumme für den Zeitraum 12.08.2002 - 06 UTC bis 13.08.2002 - 06 UTC. Oben links: Vorhersage vom 10.08.2002 - 12 UTC, oben rechts: vom 11.08.2002 - 00 UTC. Mitte links: 11.08.2002 - 12 UTC. Mitte rechts: 11.08.2002 - 18 UTC. Unten links: 12.08.2002 - 12 UTC. Unten rechts: Die tatsächlich beobachteten Niederschlagssummen. Bis einschließlich des Modell-Laufs vom 11.08.2002 - 00 UTC, war das Signal für eine Unwetterwarnung in Sachsen noch nicht relevant. Das Maximum der prognostizierten Niederschläge wurde z.T. zu weit nach Osten „verlagert“, wodurch ein anderer Einzugsbereich (Neiße – Oder – Spree) betroffen gewesen wäre. Erst der Modell-Lauf vom 12.08.2002 – 00 UTC zeigte dann die halbwegs korrekte Position des Maximums der Niederschläge.



**Abb. 18d:** Das LM zeigte erst ab dem 12 UTC-Lauf des 11.08.2002 in den betroffenen Gebieten „warnwürdige“ Niederschlagssummen. Die höchsten Mengen wurden allerdings anfangs noch über Tschechien und Polen gesehen. In diesem Fall wäre das Wasser in die Neiße und Oder abgeflossen. Ab dem 12.08.2002, 00 UTC lieferte das LM die besten Vorhersagen mit 24-std. Niederschlagssummen von über  $150 \text{ l/m}^2$  im Erzgebirgsraum. Die Grafik unten rechts zeigt wieder die tatsächlich beobachteten Niederschlagssummen.

Auch das amerikanische AVN-Modell konnte in der Mittelfristvorhersage nicht überzeugen. Das am 09.08.2002 in der 96-stündigen Prognose vorgestellte Vb-Tief-Konzept wurde ebenfalls in den folgenden Vorhersagen wieder verworfen, dann aber, am 11.08.2002, mit dem 00 UTC-Lauf wieder aufgegriffen. Die AVN-Niederschlagsprognosen von diesem Termin zeigten dann die ersten signifikanten Hinweise auf eine unwetterartige Entwicklung für die Region Sachsen.

Die Erfahrung bei der Interpretation der verschiedenen Modellvorhersagen zeigt, dass man im Vorfeld markanter Wetterentwicklungen nicht sagen kann, welche der verschiedenen Modelllösungen die richtige ist. So war es auch am 11.08.2002.

Klare Hinweise dafür, welches der verschiedenen Modelle mit seiner Lösung richtig lag, waren noch nicht vorhanden. Dies wird auch deutlich, wenn man die sog. „Ensembleprognosen“ des EZMW betrachtet:

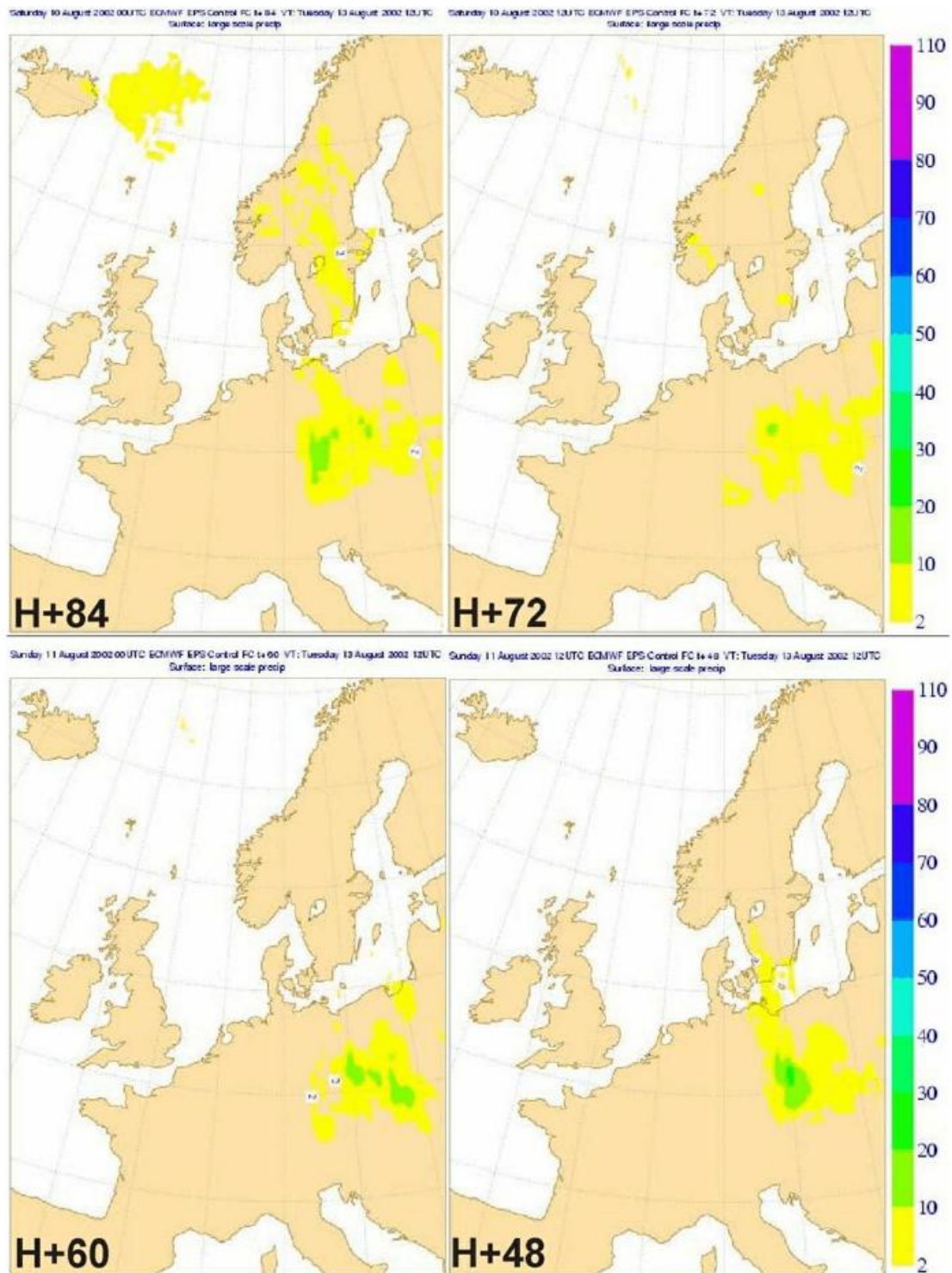
Am EZMW wird täglich um 00 und 12 UTC ein Ensemble von 50 einzelnen Vorhersagen gerechnet. Das „Ensemble Prediction System“ (EPS) bietet jeweils 50 verschiedene Modellvorhersagen für einen festen Zieltermin, wobei die Anfangsbedingungen für jede Modellvorhersage etwas variiert werden.

Aus den 50 verschiedenen Einzelvorhersagen können Wahrscheinlichkeiten für das Überschreiten vorher festgelegter Schwellenwerte ermittelt werden. Auf diese Weise wird versucht, die Beurteilung der Unsicherheit der numerischen Vorhersagen zu objektivieren.

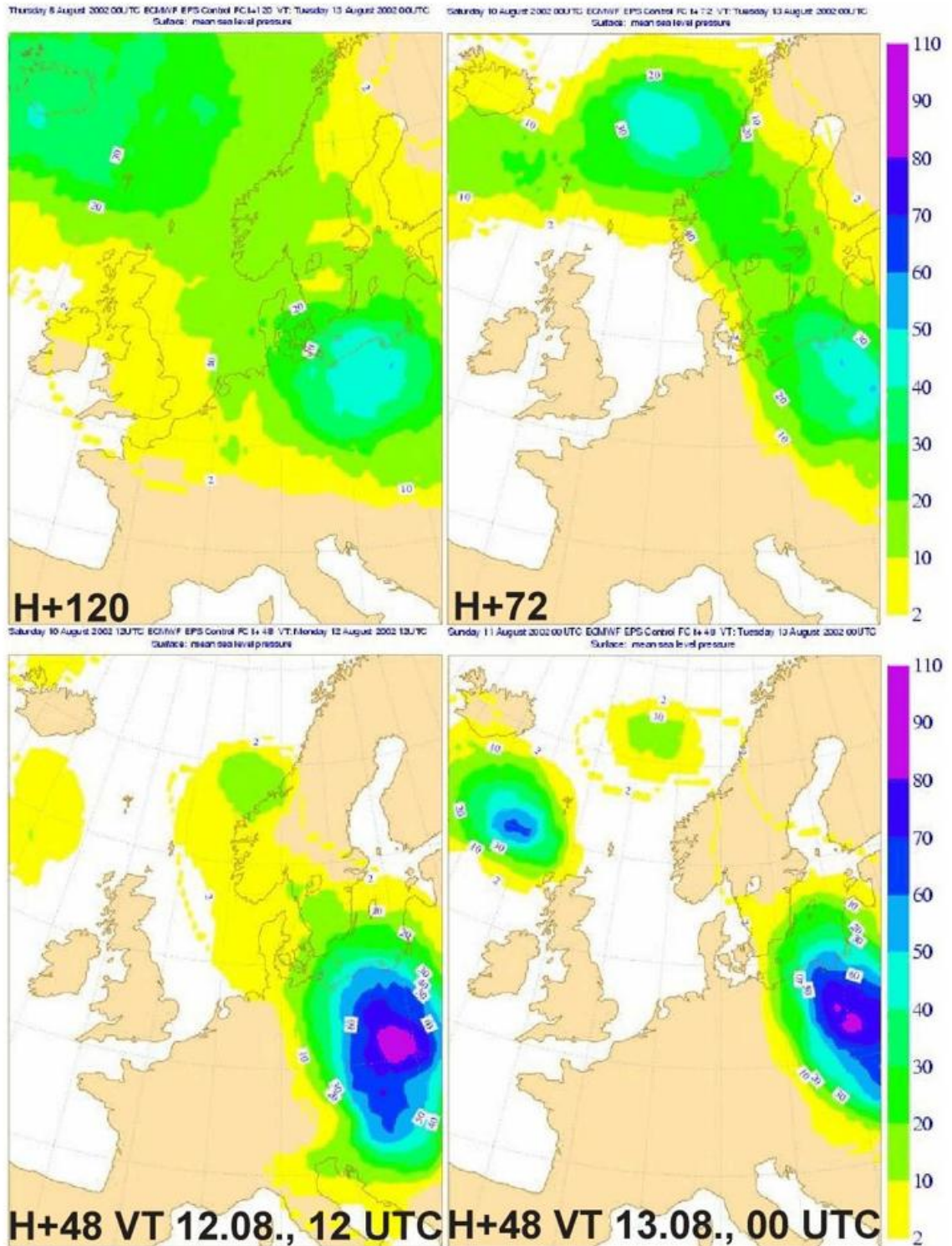
Welche Aussagen konnte man nun aus dem EPS-System ableiten?

Die EPS-Prognosen der Niederschlagswahrscheinlichkeit ( $> 50$  mm / 24 Stunden, Zielzeitraum 12.08.2002, 12 UTC bis 13.08.2002, 12 UTC) boten in der Vorhersage vom 10.08.2002, 00 UTC (H+84) ein erstes brauchbares Signal. Dieses wurde jedoch in den nachfolgenden Modellläufen abgeschwächt und weiter östlich, d.h. nach Polen und Tschechien, verlagert (Abb. 19). Die simulierten Niederschläge betrafen damit das benachbarte Flusssystem (Oder -Neiße – Spree), das übrigens am häufigsten von Vb-Entwicklungen heimgesucht wird.

Die EPS-Niederschlagsvorhersagen signalisierten also bis zum 11.08.2002 ebenfalls keine ausreichenden Kriterien bzw. Schwellen, für die Ausgabe einer Unwetterwarnungen für Sachsen.



**Abb. 19: EPS-Prognosen der Niederschlagswahrscheinlichkeit (mehr als 50 mm / 24h) für den Zeitraum 12.08.2002 - 12 bis 13.08.2002 - 12 UTC. Das Signal erweist sich selbst im Kurzfristbereich als instabil und wird erst ab der 48-std. Prognose stabil, die – ausgehend vom 12 UTC-Lauf des 11.08.2002 erst am 12.08.2002 gegen 02:00 Uhr verfügbar war.**



**Abb. 20: EPS-Prognosen des Bodendrucks (<1000 hPa). Das in der 120-std. Vorhersage erkannte Signal mit einer Wahrscheinlichkeit bis 50 % bleibt auch 72-std. konsistent und verstärkt sich während der Kurzfrist. In den 72- und - mehr ausgeprägt - in den 48-std. Prognosen bildet sich sogar die Verlagerung des Bodentiefs über Polen hinweg nach Norden ab.**

**Oben: Vorhersagen für den 13.08.2002 - 00 UTC, 120- und 72-std.  
Unten: 48-std. Vorhersagen für den 12.08.2002 - 12 und 13.08.2002 - 00 UTC.**

Eine insgesamt gute Allgemeinvorhersage boten die Ensemble-Prognosen der Wahrscheinlichkeit eines kräftigen Bodentiefs <1000 hPa (Abb. 20) über dem östlichen Mitteleuropa. Im Gegensatz zu den Vorhersagen der einzelnen Modelle der verschiedenen Wetterdienste hatte das „Ensemble Prediction System“ des EZMW in den Vorhersagen vom 09.08.2002 und 10.08.2002, gültig für den 12.08.2002 - 12 UTC und den 13.08.2002 - 00 UTC für die Mehrzahl der Lösungen eine Vb-Situation simuliert. Allerdings zeigten die entsprechenden Niederschlagsprognosen wie gesagt das Maximum des Niederschlages über Polen und Tschechien.

Ausgehend vom 11.08.2002 - 12 UTC, besser dann aber vom 12.08.2002 - 00 UTC gaben schließlich die numerischen Modellvorhersagen des DWD und der anderen Wetterdienste konsistente Hinweise auf ergiebige Niederschläge in Sachsen. Das LM (Lokalmodell des DWD) hatte die Situation im Modelllauf vom 12.08.2002 - 00 UTC und in den Folgeläufen sehr gut simuliert. Dabei wurden akkumulierte Niederschlagssummen von über 150 mm/24 Stunden für Sachsen sehr gut prognostiziert (vgl. Abb. 18d).

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die verschiedenen numerischen Wettervorhersagemodelle mehrere Tage vor der Hochwasserkatastrophe sehr unterschiedliche Signale für das extreme Niederschlagsereignis zeigten. Dies ist normal, da die Vorhersagbarkeit solcher Ereignisse beschränkt ist. Sobald mehrere Modellvorhersagen Signale für Unwetterentwicklungen liefern bzw. aktuelle Beobachtungsdaten eine Unwetterentwicklung anzeigen, werden vom DWD entsprechende Unwetterwarnungen ausgegeben.

Das GME (Globale Modell) des Deutschen Wetterdienstes zeigte schon am 07.08.2002 ein Unwettersignal, hatte dieses in den Folgeläufen jedoch zunächst wieder verworfen. Auch das EZMW-Modell bzw. die Ensemblevorhersagen des EZMW lieferten im Vorfeld der Entwicklung deutlich unterschiedliche Signale.

Erst die Modellläufe vom 11.08.2002 - 12 UTC und vom 12.08.2002 - 00 UTC gaben konsistente Hinweise, die eine Unwetterentwicklung in Sachsen zweifelsfrei erwarten ließen. Das Lokalmodell des DWD hatte die Situation schließlich am 12.08.2002 - 00 UTC und in den Folgeläufen sehr gut simuliert und prognostizierte dabei auch recht genaue Niederschlagshöhen, die für die Beurteilung der zu erwartenden Hochwassersituation durch die Katastrophenschutzstellen noch eine wertvolle Hilfe sein sollten.

### 3 Warnsituation im Zusammenhang mit Auguthochwasser 2002

In der Zentralen Vorhersage des DWD wurde bereits am Donnerstag, dem 08.08.2002, aufgrund der Modellsignale folgender Hinweis im „Risk Assessment“ gegeben:

*"Im Zusammenhang mit der Vb-artigen Entwicklung sind beginnend am Sonntag, mit Schwerpunkt aber am Montag vor allem im Südosten und Osten Deutschlands gebietsweise länger andauernde Niederschläge zu erwarten. Eine stärkere Windentwicklung auf der Rückseite des abziehenden Tiefs am Montag/Dienstag ist wahrscheinlich."*

Die Meteorologen des DWD entschieden sich aufgrund der Erfahrungen mit solchen Wetterlagen, ab diesem Zeitpunkt für die Region Sachsen auch in den normalen Wetterberichten auf möglicherweise extreme Regenmengen hinzuweisen. Daneben wurden vorsorglich alle Adressaten für Unwetterwarnungen des DWD in den Ländern Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen bereits am Freitag Vormittag den 09.08.2002 für das Wochenende auf die Gefahr von Starkniederschlägen hingewiesen, mit Regenmengen von 25 bis 50 Liter je Quadratmeter. In der zuständigen Regionalzentrale Leipzig, sprach am Freitag wiederholt Diplom-Meteorologe Saß in Interviews mit dpa, der Sächsischen Zeitung und im Rundfunk davon, dass womöglich "in den kommenden 5 Tagen teilweise mehr Regen vom Himmel" kommen wird, "als in den vergangenen 3 Monaten zusammen".

Trotz der im vorigen Kapitel beschriebenen schwankenden Modellsignale im Vorfeld des Ereignisses wurde dann gemäß 3-stufigem Warnplan am Sonntag, den 11.08.2002 mittags, folgende offizielle Vorwarnung zur Unwetterwarnung für den Bereich Sachsen – Anhalt und Sachsen herausgegeben (alle Zeiten hier MESZ):

#### "E I L M E L D U N G

Verteiler: DWD-EILE

V O R W A R N U N G zur Unwetterwarnung:

fuer den Bereich:

- Sachsen-Anhalt -

(betroffene Teilgebiete: Duebener-Dahlener Heide, Leipziger Tieflandsbucht Elbtal/-niederung)

- Sachsen -

(betroffene Teilgebiete: Duebener-Dahlener Heide, Leipziger Tieflandsbucht, mittelsaechsisches Huegelland, Erzgebirge, Lausitz, Oberlausitz, Lausitzer Bergland Vogtland, Elbtal/-niederung)

gueltig vom: 12.08.2002, 06.00 Uhr

bis: 13.08.2002, 24.00 Uhr

ausgegeben vom Deutschen Wetterdienst Leipzig

am: 11.08.2002, 13.59 Uhr

V O R W A R N U N G zur Unwetterwarnung vor:

ergiebigem Niederschlag

-

In der Nacht zu Montag beginnend erreicht ein Regengebiet Sachsen, das längere Zeit stationär wird und voraussichtlich bis Dienstagnacht sehr ergiebigen Regen von 40 bis 60, stellenweise über 80 Liter je Quadratmeter verursacht. Dabei sind zunächst verbreitet Überflutungen von kleineren Flüssen und Bächen sowie Erdrutsche möglich. Da auch im Einzugsgebiet von Elbe und Neiße starke Regenfälle niedergehen, ist in der Folge mit einem starken Anstieg dieser Flusspegel zu rechnen.

DWD Leipzig/La"

Diese Vorwarnung zur Unwetterwarnung wurde am selben Tag um 23.08 Uhr durch eine offizielle Unwetterwarnung abgelöst. Zuvor war bereits im Wetterbericht für die ARD (erstellt durch das Medien-Service-Zentrum des DWD) um 20.15 Uhr auf extreme Niederschlagssummen von bis zu 200 mm für den Montag hingewiesen worden. Der in diesem Bericht ebenfalls formulierte Hinweis auf eine daraus womöglich entstehende lebensbedrohliche Situation wurde bedauerlicherweise jedoch nicht ausgestrahlt.

Die Unwetterwarnung von 23.08 Uhr im Wortlaut (gültig für 12 Stunden):

"E I L M E L D U N G

Verteiler: DWD-EILE

U N W E T T E R W A R N U N G

fuer den Bereich:

- Sachsen -

(betroffene Teilgebiete: Duebener-Dahlener Heide,  
Leipziger Tieflandsbucht, mittelsaechsisches Huegelland,  
Erzgebirge, Lausitz, Oberlausitz, Lausitzer Bergland  
Vogtland, Elbtal/-niederung)

gueltig vom: 12.08.2002, 00.00 Uhr

bis: 12.08.2002, 12.00 Uhr

ausgegeben vom Deutschen Wetterdienst Leipzig

am: 11.08.2002, 23.08 Uhr

Unwetterwarnung vor:

ergiebigem Niederschlag

-

Nachts zunächst im Zusammenhang mit Gewittern örtliche Starkniederschläge von 15 bis 25 mm innerhalb kurzer Zeit. Unmittelbar danach folgt ein Regengebiet, das von Böhmen her auf Sachsen über greift. Damit können bei länger anhaltendem, flächendeckendem Regen noch 20 bis 40 mm in 12 Stunden hinzu kommen. Der Regen wird auch am Nachmittag voraussichtlich noch anhalten.  
DWD Leipzig/Sz"

Vor Ablauf der am späten Sonntag Abend herausgegebenen Unwetterwarnung wurde am Montag um 11.43 Uhr für Sachsen-Anhalt und um 11.49 Uhr für Sachsen die Unwetterwarnung von der Regionalzentrale Leipzig um weitere 12 Stunden verlängert:

"E I L M E L D U N G

Verteiler: DWD-EILE

U N W E T T E R W A R N U N G

fuer den Bereich:

- Sachsen -

(betroffene Teilgebiete: Duebener-Dahlener Heide,  
Leipziger Tieflandsbucht, mittelsaechsisches Huegelland,  
Erzgebirge, Lausitz, Oberlausitz, Lausitzer Bergland  
Vogtland, Elbtal/-niederung)

gueltig vom: 12.08.2002, 12.00 Uhr

bis: 12.08.2002, 24.00 Uhr

ausgegeben vom Deutschen Wetterdienst Leipzig

am: 12.08.2002, 11.49 Uhr

Unwetterwarnung vor:

ergiebigem Niederschlag

-

Weiterhin kräftige Regenfälle, dabei können bis zu Abend 20 bis 40 Liter pro Quadratmeter fallen, örtlich in eng begrenzten Gebieten besonders im Elbtal, im Bergland und im östlichen Sachsen auch 10 bis 15 Liter innerhalb einer Stunde  
DWD Leipzig/Dö"

Zuvor, am Montag früh um 08.00 Uhr erhielt daneben die Hochwasserschutzbehörde, das Landesamt für Umwelt und Geologie, neben den o.a. Unwetterwarnungen folgende Spezialprognose von der Regionalzentrale Leipzig:

"FUDL51 DWLZ 0208120600

Bericht fuer das Saechsische Landesamt fuer Umwelt und Geologie, ausgegeben vom Deutschen Wetterdienst Leipzig am Montag, dem 12.08.02 um 08 Uhr:

Wetterlage und Wetterentwicklung im Land Sachsen und fuer angrenzende Fluss-Einzugsgebiete in der Tschechischen und Polnischen Republik:

Ein Tief über Südböhmen zieht langsam nordwärts nach Westpolen und bringt Dauerregen.

Heute

regnet es vom bedeckten Himmel längere Zeit und meist extrem ergiebig.

Tageshoechsttemperaturen 18 bis 20, im Bergland 14 bis 18 Grad.

Nachts

regnet es weiter, Tiefstwerte 16 bis 14 Grad.

Voraussichtliche 24-stuendige Niederschlagshoehe (mm): 70 bis 120

Morgen

Tags meist bedeckt und noch anhaltend Regen, um 18 Grad.

angrenzenden Fluss-Einzugsgebieten in der Tschechischen und

Polnischen Republik noch Regen, ab Donnerstag kaum noch

Niederschlag"

Da es schon an den Vortagen sehr ergiebig geregnet hatte, musste klar sein, dass der Pegel der Elbe sowie der Nebenflüsse weiter ansteigen würde. Das später gemessene Flächenmittel des Niederschlags lag übrigens bei 119 mm und bestätigte damit sehr eindrucksvoll den in dieser Spezialprognose vorhergesagten Wert („bis 120“). Es folgten kontinuierlich weitere Warnungen.

Während für Sachen-Anhalt und Thüringen die Unwetterwarnungen am 12.08.2002 um 22.15 Uhr aufgehoben wurden, bestand für Sachsen weiterhin Unwetterwarnung für den 13.08.2002 vor ergiebigem Niederschlag, wie die nachfolgenden Texte wiedergeben:

"E I L M E L D U N G

Verteiler: DWD-EILE

U N W E T T E R W A R N U N G

fuer den Bereich:

- Sachsen -

(betroffene Teilgebiete: mittelsaechsisches Huegelland, Erzgebirge, Lausitz, Oberlausitz, Lausitzer Bergland Vogtland, Elbtal/-niederung)

gueltig vom: 13.08.2002, 00.30 Uhr

bis: 13.08.2002, 08.00 Uhr

ausgegeben vom Deutschen Wetterdienst Leipzig

am: 13.08.2002, 00.25 Uhr

Unwetterwarnung vor:

ergiebigem Niederschlag

-

Bis in die Morgenstunden noch weitere ergiebige Regenfälle mit Mengen zwischen 20 und 30 Liter pro Quadratmeter. Im Stau der Mittelgebirge, also vom oberen Vogtland bis hin zum Zittauer Gebirge gebietsweise noch bis 50 Liter auf den Quadratmeter zu erwarten.

DWD Leipzig/MI

E I L M E L D U N G

Verteiler: DWD-EILE

U N W E T T E R W A R N U N G

fuer den Bereich:

- Sachsen -

(betroffene Teilgebiete: Erzgebirge, Oberlausitz,  
Lausitzer Bergland)

gueltig vom: 13.08.2002, 08.00 Uhr

bis: 13.08.2002, 15.00 Uhr

ausgegeben vom Deutschen Wetterdienst Leipzig

am: 13.08.2002, 07.35 Uhr

Unwetterwarnung vor:

ergiebigem Niederschlag

-

Die Regenfälle dauern noch länger an, wobei zu den bereits  
gefallenen Niederschlagsmengen noch 15 bis 25 Liter pro Quadratmeter  
hinzukommen können. Im Stau der Mittelgebirge sind stellenweise um  
30 Liter pro Quadratmeter möglich.

DWD Leipzig/Su"

Tatsächlich zog das Regengebiet vergleichsweise langsam ab, so dass von Brandenburg weiterhin Regenwolken auf Sachsen übergriffen, die sich dann an den Mittelgebirgen stauten und abregneten. Aus diesem Grund wurde die Unwetterwarnung vor ergiebigem Niederschlag am 13.08.2002 bis 24.00 Uhr ausgedehnt. Am Morgen des 14.08.2002 erhielt das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie eine ausführliche Lagebeschreibung, aus der hervorgeht, dass nunmehr mit stark nachlassenden Niederschlägen zu rechnen ist, da das Regentief „ILSE“ langsam weiter ostwärts wandert und von Westen her sich ein Zwischenhoch nähert.

## 4 Klimatologische Einordnung der Ereignisse

In diesem Kapitel wird eine Einschätzung der klimatologischen Aspekte des Ereignisses vermittelt. Hintergrund ist die Frage, ob dieses spezielle Ereignis womöglich Vorbote oder Indiz einer generellen Klimaveränderung in Deutschland war.

### 4.1 Zeitliche Abfolge

In den ersten 12 Tagen des August 2002 kam es in Mitteleuropa zu mehreren Starkregenereignissen, die insgesamt große Schäden verursachten.

Die Folge der 13 Niederschlagskarten in den Abbildungen Abb. 21a und 21b gibt einen Überblick über den zeitlichen Verlauf des Niederschlagsgeschehens für den Zeitraum 01.08. bis 13.08.<sup>1</sup> anhand von Analysen der tatsächlich gemessenen täglichen Niederschlagshöhen. Diese Analysen wurden vom Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN; internationale Bezeichnung Global Precipitation Climatology Centre (GPCC)) erstellt, das Bestandteil der Abteilung Klima und Umwelt des DWD ist. Den Analysen für den dargestellten Kartenausschnitt liegen die über das weltweite Telekommunikationsnetz GTS verbreiteten Wettermeldungen von ca. 500 bis 550 Stationen zugrunde, deren Niederschlagshöhen über ein sog. Kriging-Verfahren interpoliert wurden.

Derartige Analysen werden kontinuierlich zwischen den nationalen Wetterdiensten über das GTS weltweit ausgetauscht werden und im DWD in Offenbach nahezu in Echtzeit empfangen. Die globalen monatlichen Analysen dieser Monitoring-Produkte, die auf weltweit ca. 7.000 Stationen basieren, sind auch regelmäßig im Internet verfügbar unter:

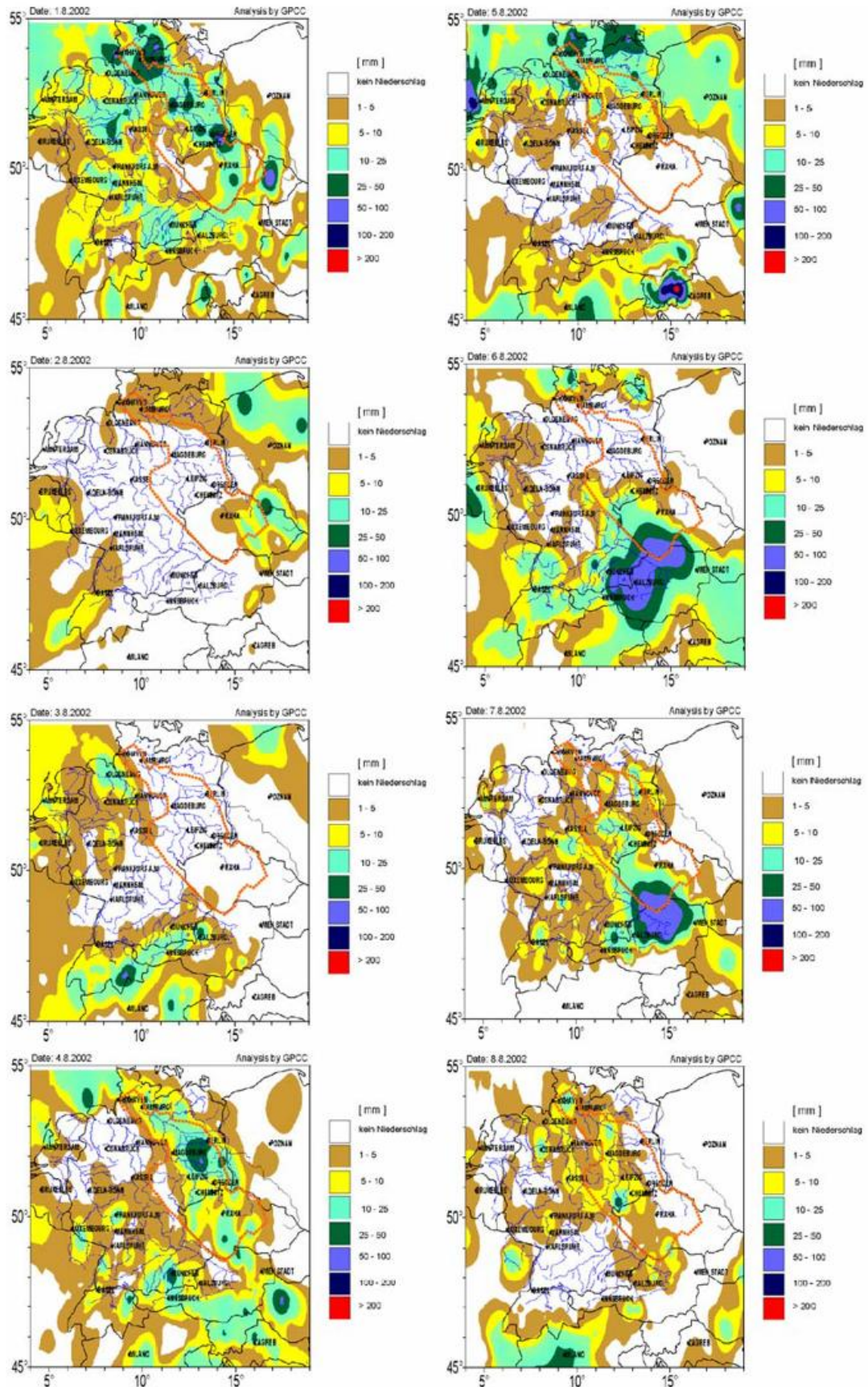
<http://gpcc.dwd.de/> (GPCC-Homepage) bzw.

<http://gpcc.dwd.de/visualizer> (GPCC-Visualizer)

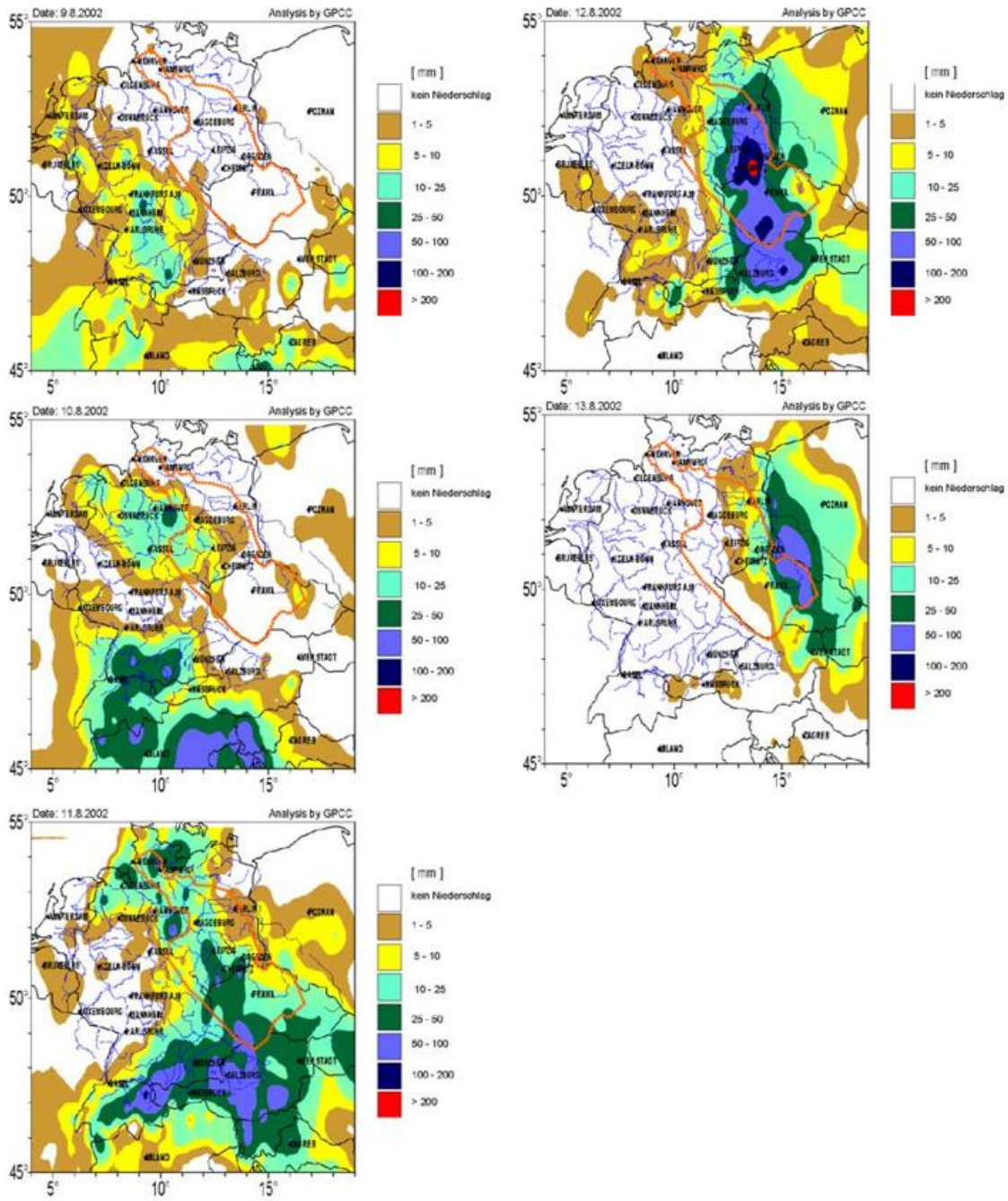
In den nachfolgenden Abbildungen 22 bis 25 werden die täglichen Niederschlagshöhen der kritischen Tage vom 10.08. bis 13.08. nochmals einzeln und detaillierter dargestellt.

---

<sup>1</sup> Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Niederschläge eines Tages gemäß internationaler Konvention in den meisten Ländern Mitteleuropas zwischen 6 Uhr UTC (Universal Time Coordinated, entspricht 8 Uhr MESZ) des aktuellen Tages und 6 Uhr UTC (8 Uhr MESZ) des Folgetages akkumuliert werden. In anderen Regionen der Erde gelten zum Teil davon abweichende Regelungen. Im konkreten Fall bedeutet dies beispielsweise, dass in Abb. 21a der Niederschlag für den „01.08.“ im Zeitraum 01.08. - 08 Uhr MESZ bis 02.08. - 08 Uhr MESZ gefallen ist etc.



**Abb. 21a: Tägliche Niederschlagshöhen vom 01.08.2002 bis 08.08.2002**



 Einzugsgebiet der Elbe

**Abb. 21b: Tägliche Niederschlagshöhen vom 09.08.2002 bis 13.08.2002**

Date: 10.8.2002

Analysis by GPCC

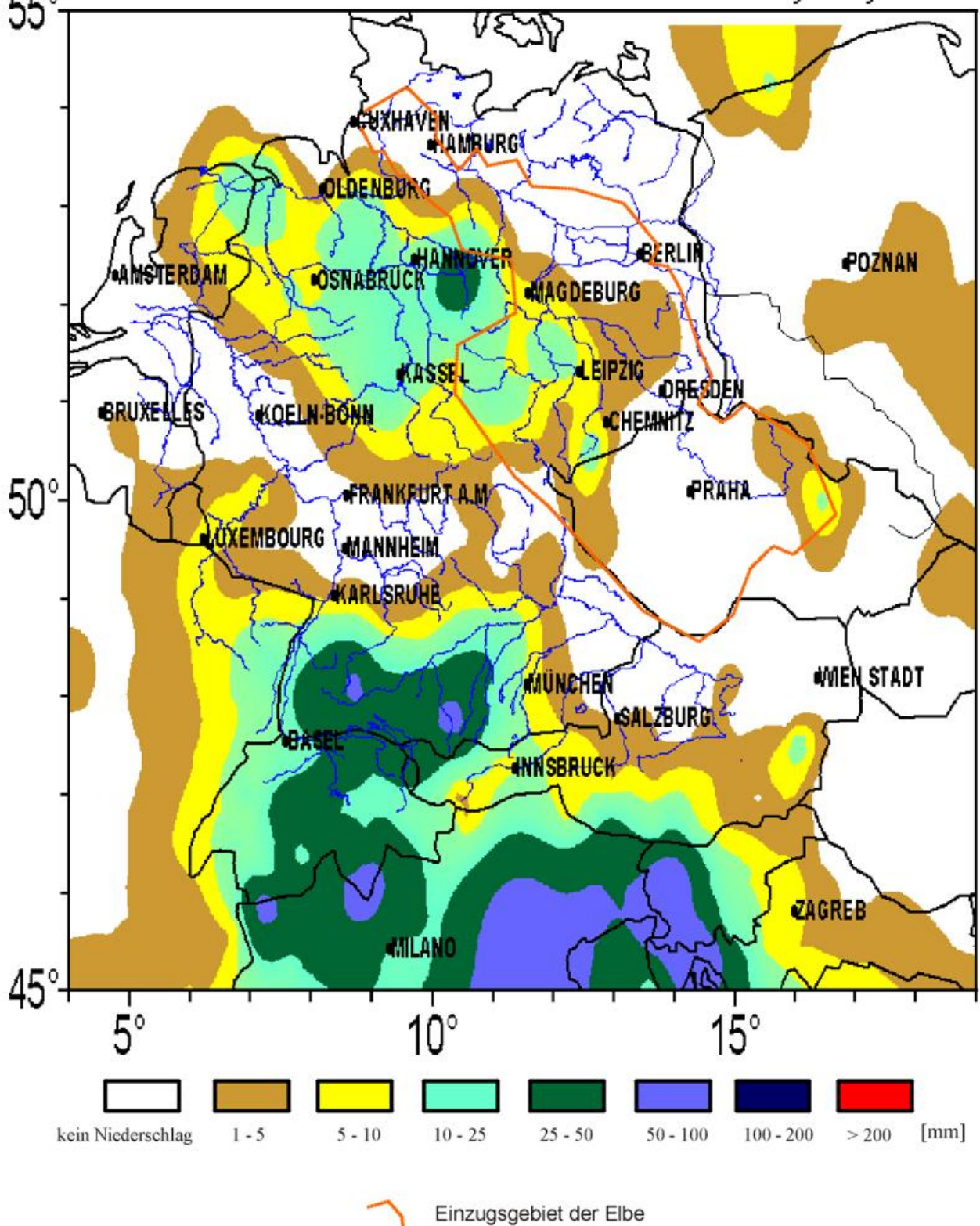


Abb. 22: Tägliche Niederschlagshöhen vom 10.08.2002

55° Date: 11.8.2002

Analysis by GPCC

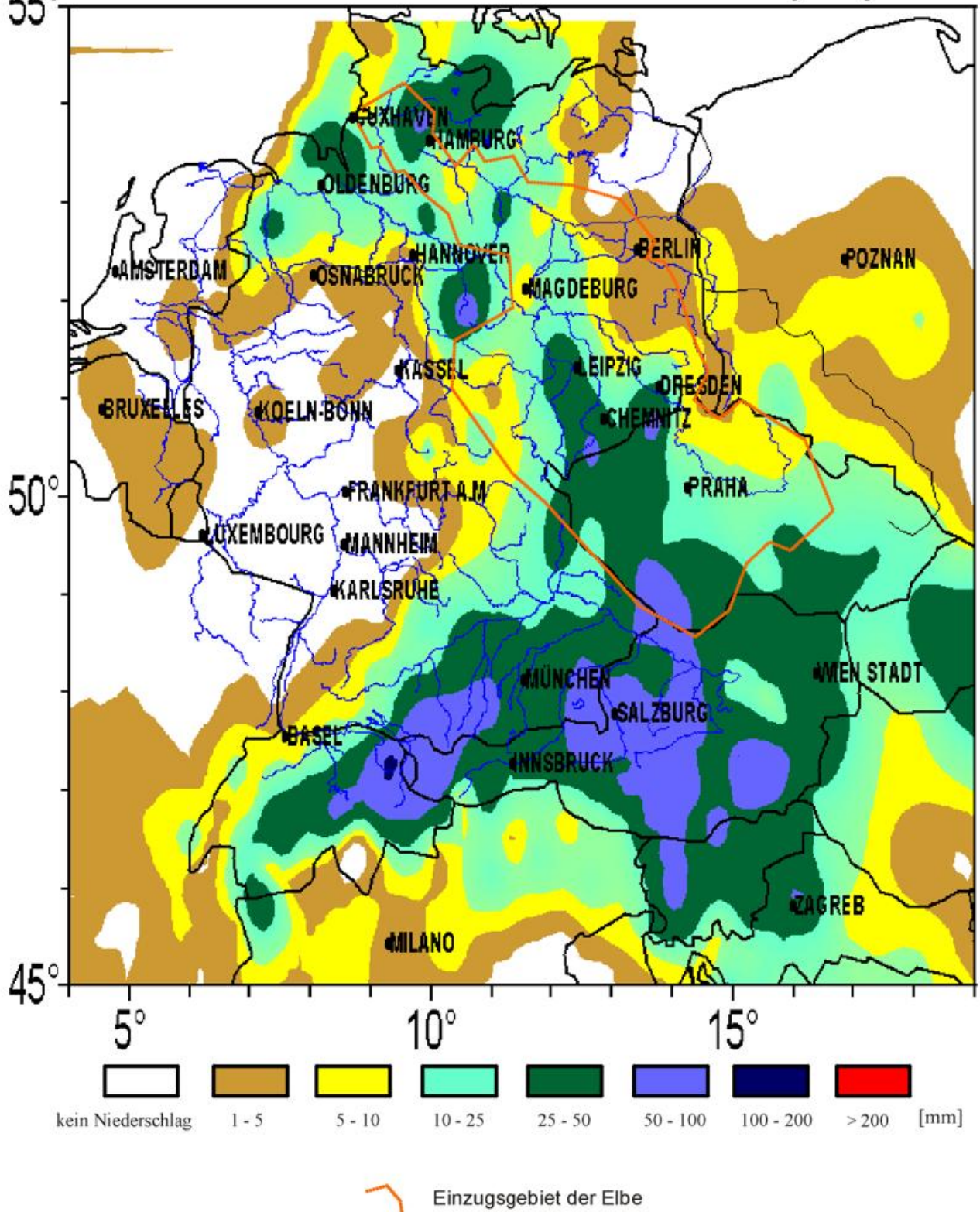


Abb. 23: Tägliche Niederschlagshöhen vom 11.08.2002

55° Date: 12.8.2002

Analysis by GPCC

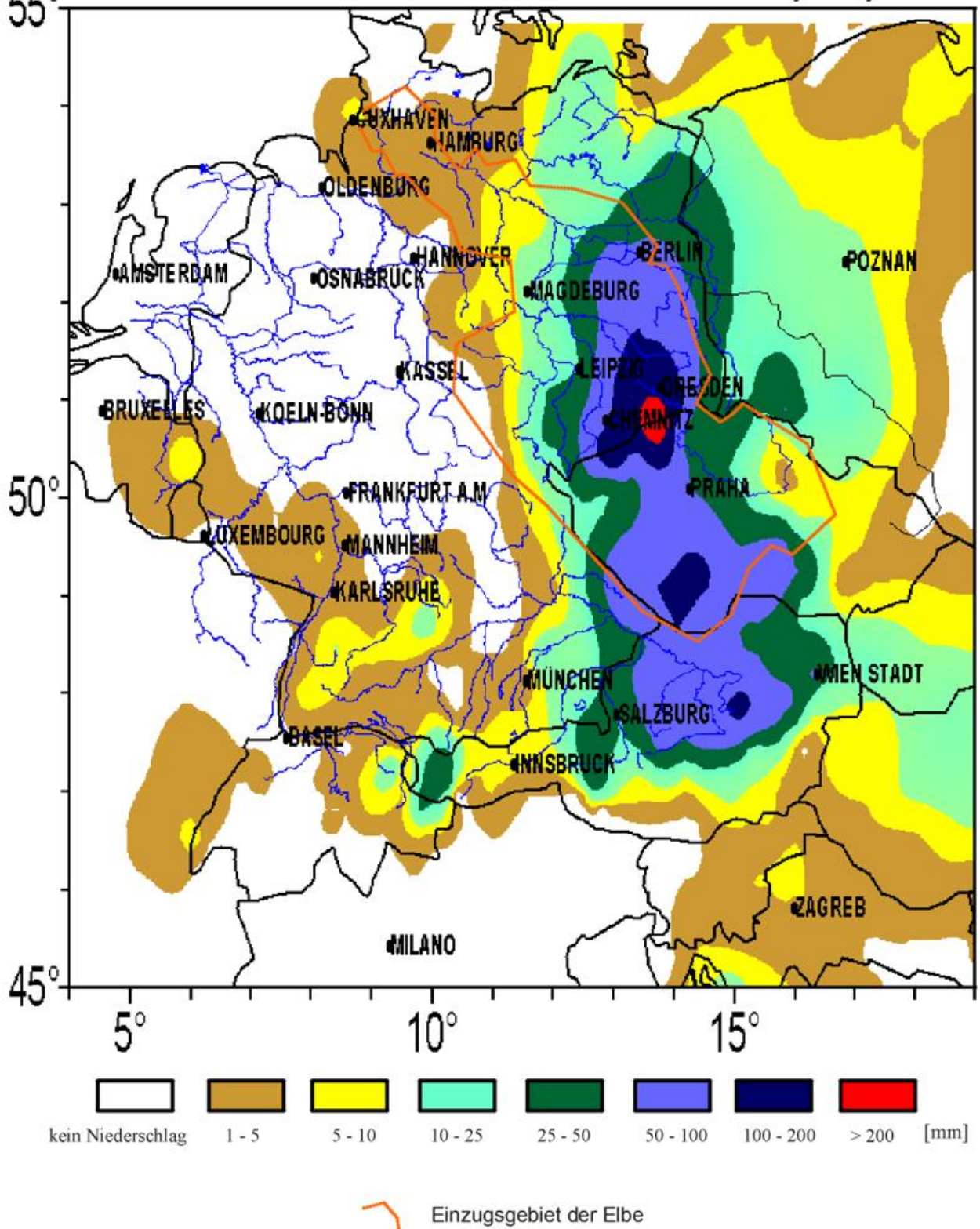


Abb. 24: Tägliche Niederschlagshöhen vom 12.08.2002

55° Date: 13.8.2002

Analysis by GPCC

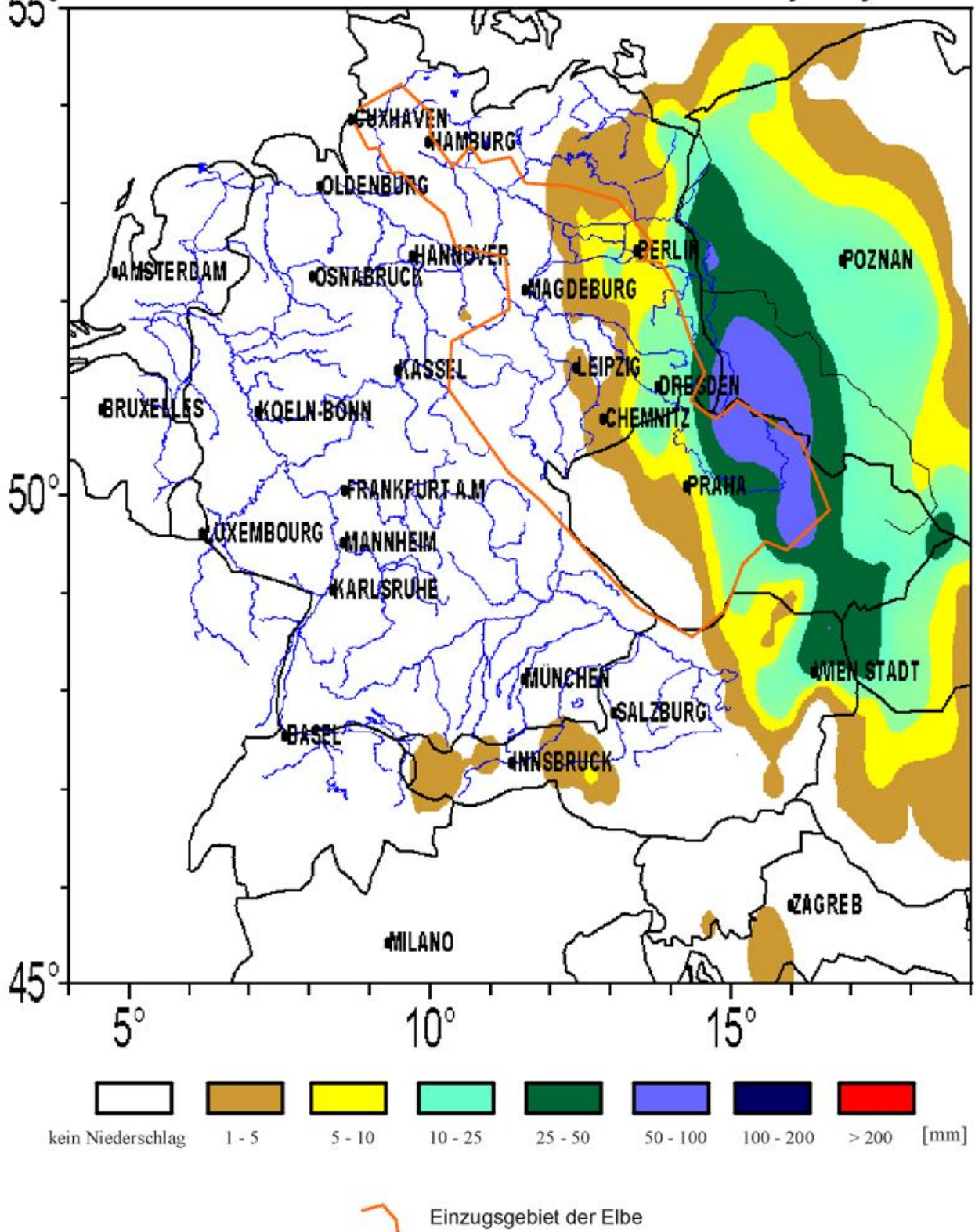


Abb. 25: Tägliche Niederschlagshöhen vom 13.08.2002

Wie die obigen Abbildungen zeigen, waren am 01.08. zunächst besonders die Bundesländer Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Brandenburg tangiert. Dabei wurden an einigen Stationen neue Rekorde für die tägliche Niederschlagshöhe im August registriert (Cuxhaven 63,6 mm). Am 5. August waren wiederum die Küstengebiete betroffen. An diesem Tag traten die stärksten Niederschläge in Schleswig mit 73 mm auf. Am folgenden Tag fielen an dieser Station nochmals 44 mm Niederschlag. In dieser Region fielen damit innerhalb von 2 Tagen schon rund 150 % des normalen Niederschlags für den gesamten Monat August.

Während diese Niederschläge im wesentlichen aus Gewitterfronten resultierten, die sich immer wieder innerhalb einer labilen feuchten Luftmasse über Deutschland bildeten, traten am 06.08. und 07.08. in Ostbayern, Böhmen und Österreich großräumige Starkniederschläge auf, als sich ein erstes Tief mit feuchtwarmer Luft vom Mittelmeer nach Norden bewegte, und dort auf kühlere Luftmassen stieß.

Dabei wurden teilweise an beiden Tagen mehr als 50 mm Niederschlag gemessen (Passau 55 und 52 mm, Budweis (Böhmen) 66 und 64 mm). Am Wendelstein wurde am 06.08. sogar eine Tagesniederschlagsmenge von 110 mm registriert, wobei 62 mm innerhalb von 6 Stunden fielen. In St. Pölten (Niederösterreich) wurden 80 mm Niederschlag innerhalb von 12 Stunden registriert. Die Gesamtniederschläge dieses Unwetterereignisses betragen bis über 140 mm (Linz (Oberösterreich) 149 mm, Wendelstein 150 mm).

Dies war teilweise auch in dieser Region mehr als der normale Monatsniederschlag im August. Bisherige Rekorde für tägliche Niederschlagshöhen im August, die meist aus dem Jahr 1970 stammen (z. B. Wendelstein 133,8 mm am 10.08.1970), wurden jedoch zumindest an den deutschen Stationen im Zeitraum bis zum 08.08.2002 nicht erreicht.

Das Starkniederschlagsgebiet wanderte im Laufe des 8. August weiter nach Nordwesten. Dabei traten im Bereich der Weser- und Elbmündung nochmals extreme Niederschläge auf. So fielen in Bremerhaven am Abend des 8. August innerhalb von 6 Stunden 70,5 mm Niederschlag.

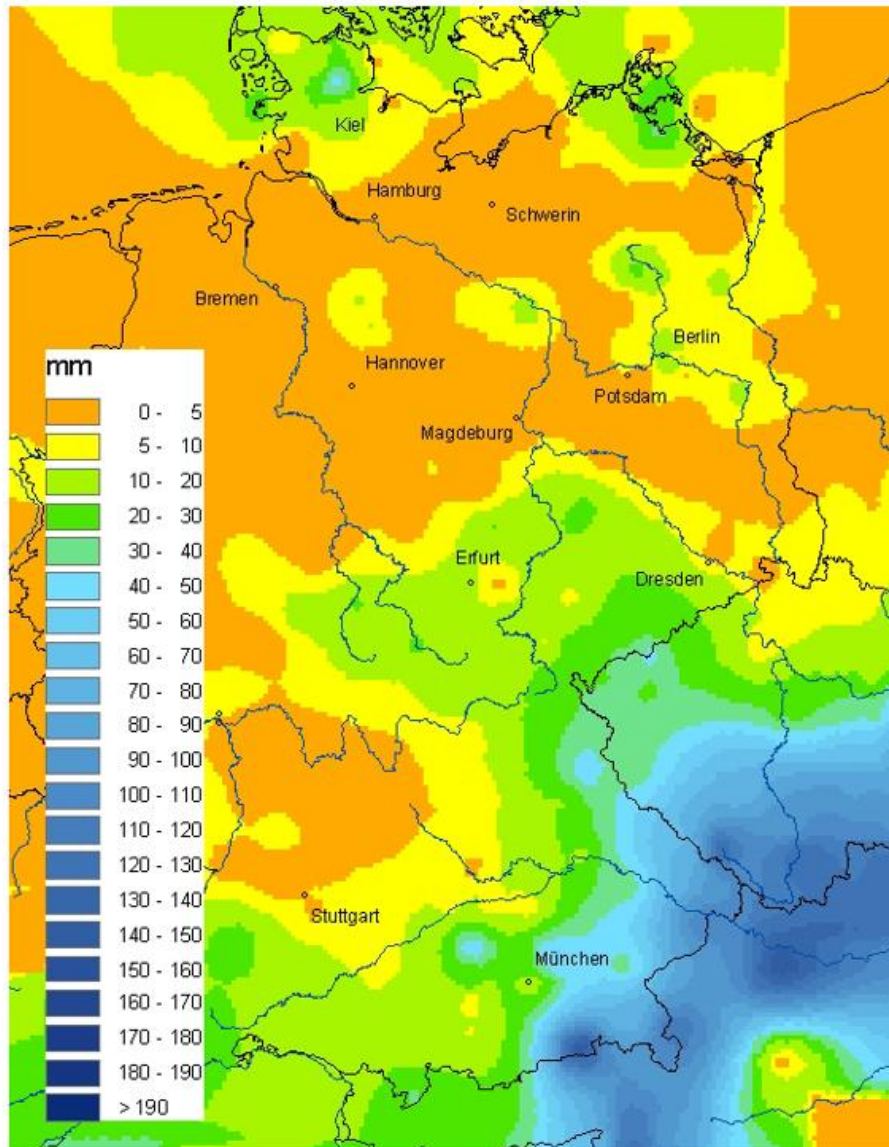
In Abbildung 26 ist die 48-std. Niederschlagsverteilung zwischen dem 06. und 08.08. nochmals im Detail dargestellt, so wie sie sich aus den gemessenen Werten der hauptamtlichen Stationen des DWD und einiger Stationen der Nachbarländer ergibt.

Auf einer ähnlichen, Vb-artigen Zugbahn brachte dann ab dem 10.08. Tief „ILSE“ zunächst in der Ostschweiz und im südwestlichen Deutschland großräumige Starkniederschläge. Dabei fielen innerhalb von 48 Stunden bis über 170 mm Niederschlag (Säntis 171 mm). Bei der Ostverlagerung des Tiefs traten - wie bereits beschrieben - in Folge der nördlichen Strömung auf seiner Rückseite am Nordrand der Ostalpen sehr starke Niederschläge auf.

Im Salzkammergut wurden verbreitet mehr als 70 mm Niederschlag in 12 Stunden registriert. Auch die von den vorherigen Unwettern besonders stark betroffenen Gebiete Ober- und Niederösterreichs erhielten erneut über 40 mm Regen.



Niederschlagshöhe vom 06.08.2002, 8 MESZ - 08.08.2002, 8 MESZ



**Abb. 26: 48-stündige Niederschlagshöhen des Zeitraums 06.08.2002 – 08.08.2002**

Im Laufe des 11.08. weitete sich das Schlechtwettergebiet weiter nach Norden aus. Dabei kam es erneut auch im Erzgebirge und im Harz zu Starkregenfällen. Innerhalb von 24 Stunden traten dabei Regenmengen von über 60 mm auf. Auf dem Brocken im Harz wurde sogar eine 24stündige Niederschlagshöhe von 101,5 mm registriert.

Tief „ILSE“ wanderte schließlich am 12. August nach Polen. Auf seiner Rückseite stellte sich die bereits erwähnte Nordströmung ein, die den Niederschlagsprozess im Erzgebirge durch Stau und orographische Hebung verstärkte. Dabei ergaben sich an mehreren Stationen neue Rekordwerte für den 24stündigen Niederschlag. So wurden in Dresden 158 mm Niederschlag registriert. Damit wurde der bisherige Rekordwert für diese Station (77,4 mm am 02.08.1998) mehr als verdoppelt.

Abbildung 27 zeigt die Niederschlagshöhen bzw. –summen über 72 Stunden des Zeitraums vom 10.08. bis 13.08.2002. Gut erkennbar ist der Schwerpunkt der Regenfälle im Grenzgebiet südlich Dresdens.

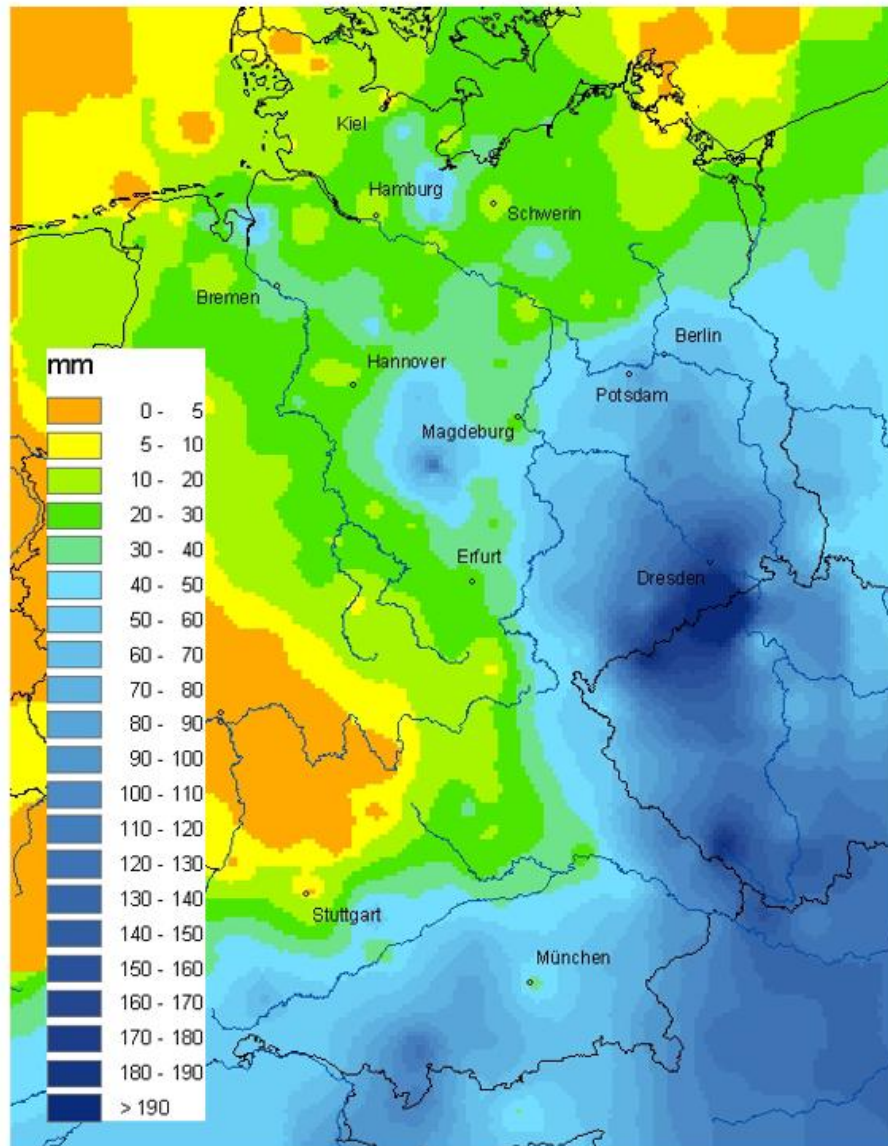
An der DWD-Station Zinnwald-Georgenfeld südlich von Dresden wurden sogar 312 mm Regen gemessen. Das ist der absolut höchste Tagesniederschlag, der je in Deutschland beobachtet wurde. Der bisherige Extremwert war 260 mm (gemessen in Zeithain/ Kr. Riesa am 06.07.1906 und in Stein / Kr. Rosenheim am 07.07.1954). Der neue Rekordwert entspricht etwa dem vierfachen des normalen Niederschlags im gesamten August.

Siehe dazu auch die nachfolgende Abbildung 28. Sie zeigt die jeweils stündlich gemessenen Niederschlagshöhen an der Station Zinnwald-Georgenfeld (rot). Man erkennt deutlich, dass der Hauptregen erst in den Frühstunden des 12.08. etwa ab 04 Uhr morgens begann. Zum Vergleich sind die in Dresden/Flugwetterwarte gemessenen Werte ebenfalls dargestellt.

Auch die Gebiete in Böhmen und Österreich, die bereits von den vorherigen Unwettern heimgesucht wurden erhielten nochmals extreme Niederschlagsmengen bis über 100 mm (Churanow/Böhmerwald 100 mm, Rohrbach/Mühlviertel 101 mm).

Nach Abbildung 28 gibt die Tabelle 1 einen Überblick über die bislang deutschlandweit gemessenen maximalen Niederschlagshöhen für verschiedene Andauerzeiten (Stand 1999). Der neue absolute Extremwert für die Station Zinnwald-Georgenfeld ist darin noch nicht eingearbeitet.

Niederschlagshöhe vom 10.08.2002, 8 MESZ - 13.08.2002, 8 MESZ



**Abb. 27: 72-stündige Niederschlagshöhen des Zeitraums 10.08.2002 – 13.08.2002**

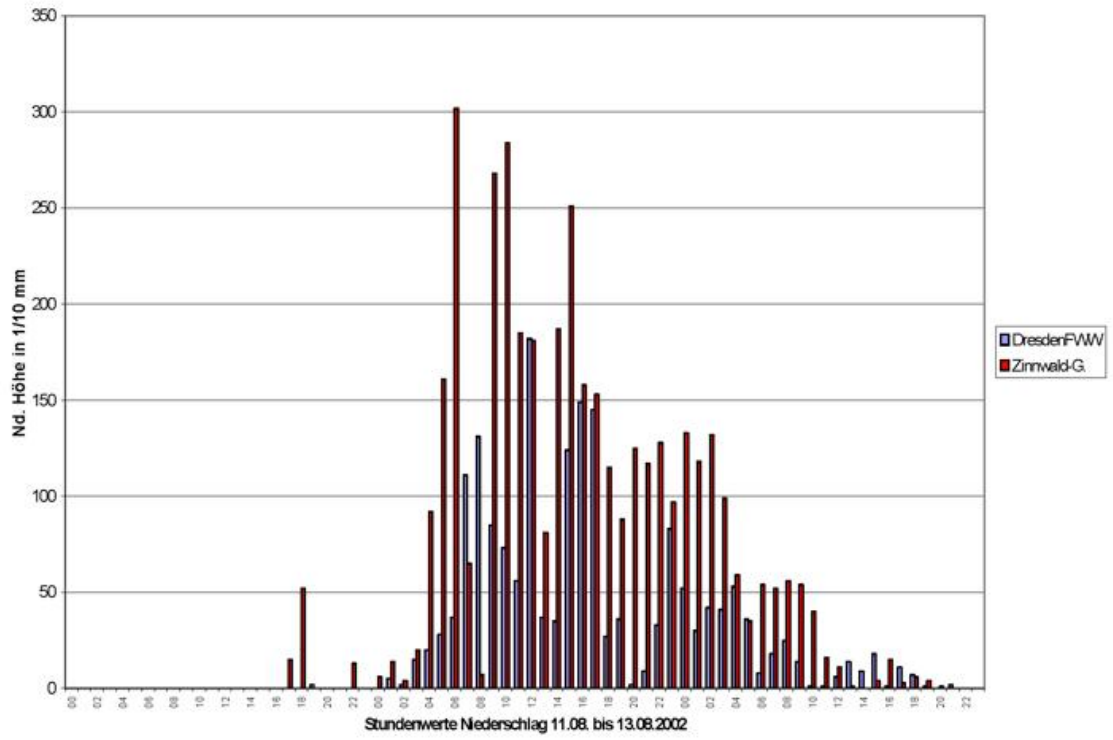


Abb. 28: Stundenwerte des Niederschlags für Zinnwald-Georgenfeld sowie Dresden/Flugwetterwarte für den 11.08.2002 bis 13.09.2002

**Tabelle 1:** Größte deutschlandweit gemessene Niederschlagshöhen (Ertel und Schmidt, 1999).

Messzeit-spanne	Nieder-schlags-Höhe [mm]	Messort	Datum
8 min	126	Füssen, Kr. Ostallgäu	25.05.1920
1 h	200	Miltzow, Kr. Nordvorpommern	15.09.1968
2 h	239	Daudenzell (Baden-Württemberg)	27.06.1994
4 h	246	Daudenzell (Baden-Württemberg)	27.06.1994
< 17 h	248	Büchenberg bei Wernigerode (Harz)	22.07.1855
1 Tag	260	Zeithain, Kr. Riesa (Sachsen)	06.-07.07.1906
34 h	300	Großer Arber, Arberhütte	29.-31.05.1932
2 Tage	377	Seehaus bei Ruhpolding, Kr. Traunstein	07.-09.07.1954
3 Tage	458	Stein, Kr. Rosenheim	07.-10.07.1954
7 Tage	515	Schneizreuth-Weißbach, Kr. Berchtesgadener Land	07.-14.09.1899
10 Tage	652	Stein, Kr. Rosenheim	01.-11.07.1954
20 Tage	728	Stein, Kr. Rosenheim	01.-21.07.1954
30 Tage	810	Baiersbrunn-Zwickgabel (Schwarzwald)	7.12.93-6.1.1994
1 Monat	779	Stein, Kr. Rosenheim	07/1954
12 Monate	3661	Purtschellerhaus, Kr. Berchtesgadener Land	12/1943-11/1944
1 Jahr	3499	Purtschellerhaus, Kr. Berchtesgadener Land	1944

Insgesamt fiel damit in Deutschland im ersten Drittel des August 2002 bereits mehr Niederschlag, als dem Normalwert für den gesamten Monat entspricht, obwohl es einzelne Regionen, insbesondere im Westen Deutschlands, gab, in denen es nur wenig regnete (Essen nur 12,1 mm = 15 % des Monatssolls).

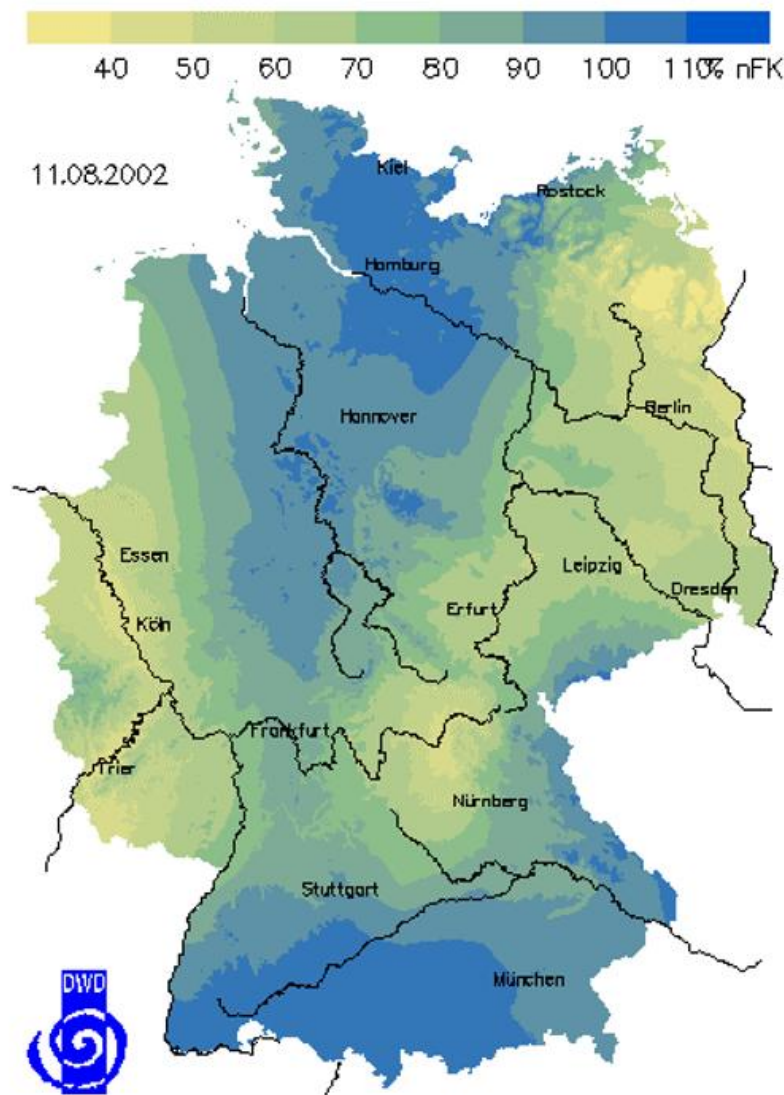
Durch die verschiedenen ergiebigen Niederschlagsereignisse war der Boden bereits vor „ILSE“ mit Feuchtigkeit gesättigt. Dies spiegelt sich sehr gut in der Bodenfeuchte vom 11.08.2002 wider (siehe Abbildung 29). Die Böden hatten im Böhmerwald und im Erzgebirge bereits rund 100% nutzbarer Feldkapazität (nFK). Alle nun zusätzlich fallenden Niederschläge versickerten im Boden und kamen der Grundwasserbildung zugute oder wurden bei Starkniederschlägen und besonders im gegliederten Gelände fast ausschließlich als Abfluss oberirdisch in die Flüsse weitergeleitet. Zu dieser ungünstigen Wasserspeichermöglichkeit kam nun der extrem starke und flächendeckende Niederschlag mit Maxima von über 300 mm, speziell im Erzgebirge. Auch in der Tschechischen Republik und Österreich fielen am 12.08.2002 verbreitet über 100 mm Regen.

Die Nord-Süd-Orientierung des Starkniederschlagsgebietes tangierte das gesamte Einzugsgebiete der Elbe und einige Einzugsgebiete von Nebenflüssen der Donau. Selbst wenn die Böden noch Wasser hätten aufnehmen können, um einen Teil der Niederschläge zu speichern, so wäre es bei den höchsten jemals in Deutschland gemessenen Tagesniederschlägen trotzdem zu verheerenden Hochwassern gekommen, da die Versickerungsgeschwindigkeit des Wassers gegenüber den außergewöhnlichen Regenmengen nicht ausgereicht hätte.

Hier eine kurze Überschlagsrechnung bezogen auf die Bodentypen „sandigen Lehm“ und „Gras“. Grasboden kann bis in eine Tiefe von 60 cm Wasser über die Wurzeln aufnehmen. Daher soll diese Bodenschicht einmal genauer betrachtet werden: Die Saugspannung der Wurzeln ist nicht stark genug, um das gesamte in der Schicht befindliche Wasser zu nutzen, so dass ca. 78 mm immer in dieser Schicht verbleiben. Der Boden kann ca. 222 mm Wasser halten (100 % nutzbare Feldkapazität nFK).

Bei noch höheren Wassergehalten wird das Wasser weiter in tiefere Schichten versickert. Sind alle Luftporen mit Wasser gefüllt, so passen maximal 260 mm Wasser in die 60 cm dicke Bodenschicht (Wassersättigung des Bodens) und hier wird dann das Wasser mit maximal möglicher Versickerungsgeschwindigkeit (bei sandigem Lehm ca. 50 mm/Tag), die bei jeder Bodenart anders ist, in tiefere Schichten verlagert. Langfristig kann ein Boden nur bis zu 100 % nFK speichern, bei höheren Bodenfeuchten wird das überschüssige Wasser je nach Versickerungsgeschwindigkeit nur mittelfristig zwischengespeichert und gelangt irgendwann ins Grundwasser, das im gegliederten Gelände ebenfalls als Abflussquelle zur Verfügung steht. Somit konnte praktisch bis auf einen kleinen Zwischenspeicher von 38 mm kein Wasser im Boden längerfristig gespeichert werden und der Niederschlag ging praktisch komplett in den oberirdischen Abfluss.

Diese Übersichtsbeobachtung gilt für ebenes Gelände und ist für geneigte Flächen beliebig kompliziert, da je nach Hangneigung und Bewuchs das Wasser unterschiedlich schnell zum Abfluss kommt oder zwischengespeichert wird. Bei Überschreitung von Niederschlagschwellen wird alles zusätzliche Wasser dem besonders schädlichen direkten Wasserabfluss von der Oberfläche zugeführt, der zu den Hochwasserflutwellen führt.



**Abb. 29: Bodenfeuchte am 11.08.2002 (100% = gesättigt)**

## 4.2 Klimatologische Bewertung der Extremereignisse

### 4.2.1 Bezug zur globalen Klimaentwicklung des letzten Jahrhunderts

Die Mitteltemperaturen in Deutschland haben sich im letzten Jahrhundert um etwa 0,6 °C erhöht. Dieser Trend entspricht weitgehend den auch global beobachteten Veränderungen. Der Anstieg verlief allerdings nicht gleichmäßig. Nach einem deutlichen Anstieg der Temperaturen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gab es wieder einen leichten Rückgang mit einem Minimum um 1970. Seit 1985 war ein besonders kräftiger Anstieg der Mitteltemperaturen zu verzeichnen, so dass der Mittelwert für die Periode 1990-2001 rund 0,7 °C über dem Wert für die gesamte Zeitreihe liegt.

So klein diese Änderungen erscheinen mögen, so können sie doch erhebliche Auswirkungen haben. So hat sich z. B. die Vegetationsperiode, die Zeit, in der die Pflanzen sich aktiv entwickeln, um einige Tage verlängert, während die Zahl der Frosttage (Temperaturminimum unter 0°C) abgenommen hat.

Aus historischen Berichten und an Hand von Hochwassermarken aus vergangenen Jahrhunderten ist erkennbar, dass solche extremen Einzelereignisse wie das Niederschlagsereignis im August 2002 zum normalen Repertoire des mitteleuropäischen Klima gehören, mit denen also immer wieder einmal zu rechnen ist.

Grundsätzlich gilt, dass eine wärmere Atmosphäre mehr Energie enthält und auch mehr Wasserdampf speichern kann, so dass u.U. bei Unwettern auch mehr Energie und mehr Niederschlag frei werden.

Da nach den bisherigen Forschungen und Untersuchungen auf Grund der anthropogenen Zunahme strahlungsaktiver Spurenstoffe in der Atmosphäre, insbesondere CO<sub>2</sub> und Methan, im nächsten Jahrhundert mit einer Zunahme der globalen Temperaturen um 1,5 bis 5 °C zu rechnen ist, könnte sich längerfristig auch eine Zunahme und Verstärkung von Unwetterereignissen ergeben.

Die regionale Verteilung der Klimatrends ist jedoch noch sehr unsicher. So wird von vielen Klimamodellen eine besonders starke Temperaturzunahme im Polargebiet vorausgesagt, während die Veränderungen in den Tropen relativ klein bleiben sollen. Damit würden die das globale Wetter antreibenden Unterschiede zwischen den Breitenzonen geringer, und es könnte zu einer Abschwächung der für unser Klima wesentlichen Westwinde kommen.

Eine Untersuchung des beobachteten zeitlichen Verlaufs des Niederschlagsverhaltens der letzten 100 Jahre an 81 deutschen Stationen des DWD hat zu den folgenden Ergebnissen geführt, die eine Zunahme extremer Niederschläge wahrscheinlich erscheinen lassen:

- An 44 von 81 Stationen wird ein signifikant positiver Trend im mittleren Niederschlag gefunden, aber nur an drei Stationen ein signifikant negativer Trend.
- An 39 von 81 Stationen hat die entsprechende Standardabweichung signifikant und kontinuierlich zugenommen aber an keiner Station signifikant abgenommen. Zwar sind von dieser Änderung insbesondere die Wintermonate betroffen aber gerade für den August wird eine signifikante Zunahme der Standardabweichung an einer signifikanten Anzahl von Stationen festgestellt.

- Alle Stationen weisen signifikant mehr extreme Kalendermonatsniederschläge in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts auf, verglichen zur ersten Hälfte. Davon sind sowohl Maxima als auch Minima betroffen.
- In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts treten signifikant mehr hohe Niederschläge auf, die nicht alleine durch den Trend im Mittelwert erklärt werden können, als in der ersten Hälfte.

Aus diesen Ergebnissen folgt, dass sich das Niederschlagsverhalten in Deutschland über die letzten 100 Jahre kontinuierlich und grundsätzlich verändert hat. Es hat dabei nicht nur zugenommen, sondern ist auch variabler geworden, was eine Zunahme von Niederschlagsextremen aber auch von Trockenzeiten zur Folge hat.

Eine Untersuchung der Tage mit extremen Niederschlägen an der Station Hohenpeißenberg hat gezeigt, dass der Erwartungswert der Anzahl der Extremniederschlagstage mit mehr als 30 mm Niederschlag von 2.8 Tagen pro Jahr im Jahr 1880 auf 5.2 Tage pro Jahr im Jahr 2000 deutlich zugenommen hat. Erste Voruntersuchungen mit anderen Stationsreihen täglicher Niederschläge zeigen allerdings, dass diese starke Zunahme der Wahrscheinlichkeit für Starkniederschlagstage nicht auf ganz Deutschland verallgemeinert werden darf. Jedoch zeigt auch die Bergstation Zugspitze eine deutliche und kontinuierliche Zunahme der Extremniederschlagstage. Innerhalb des letzten Jahrhunderts fand eine Verdreifachung der Anzahl der Tage pro Jahr mit mehr als 20 mm Niederschlag statt.

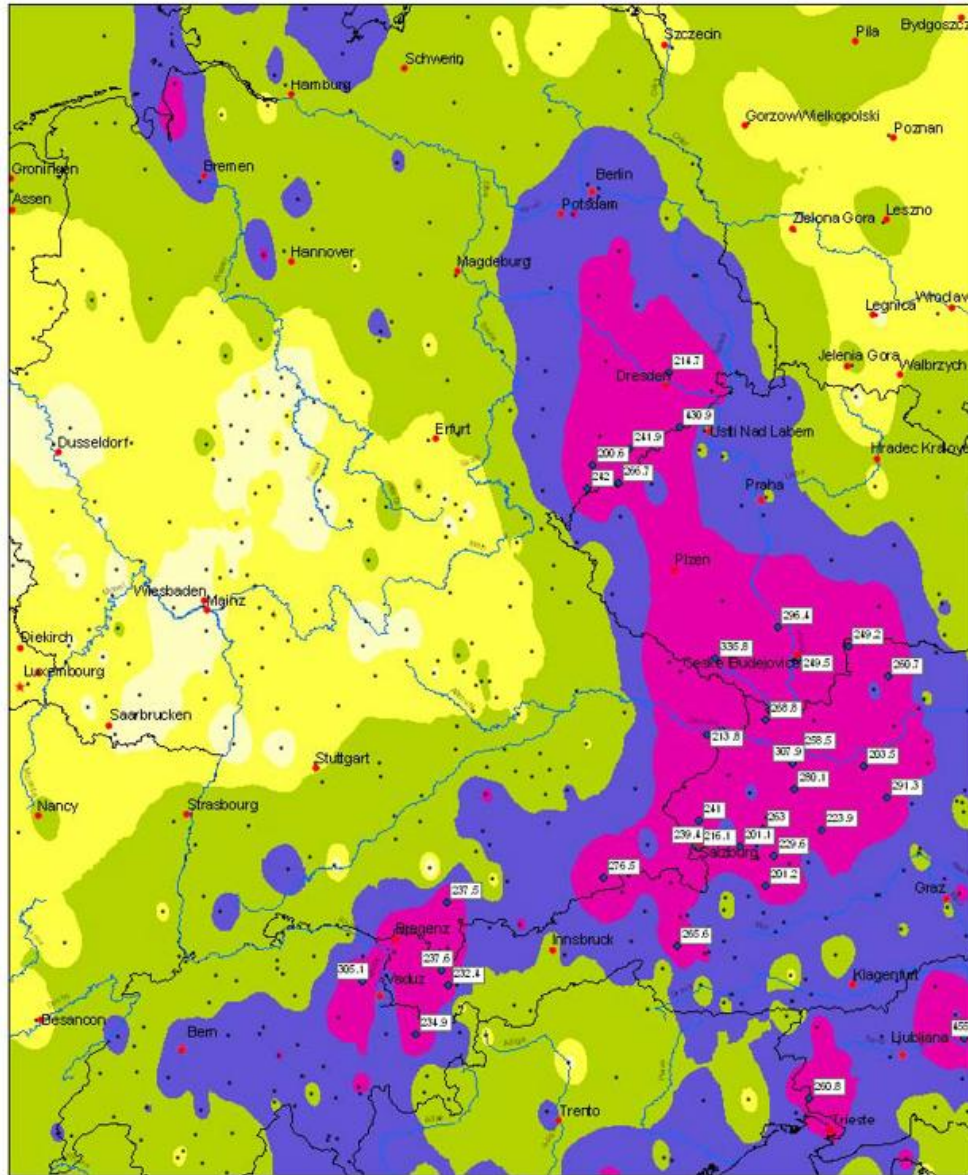
Aufgrund dieser Befunde kann also von einer systematischen und kontinuierlichen Zunahme der Wahrscheinlichkeit für extreme Niederschlagsereignisse innerhalb der letzten 100 Jahre ausgegangen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass Aussagen über derartige „Trends“ stark vom ausgewählten Zeitraum und Gebiet abhängen.

#### 4.2.2 Das Ereignis im Vergleich zum klimatologischen Mittel 1961 - 1990

Im folgenden sollen die extremen Niederschläge vom 01.-12.08.2002 kurz im Vergleich zum in der Klimatologie gebräuchlichen 30-Jahre-Mittel (1961-1990) diskutiert werden.

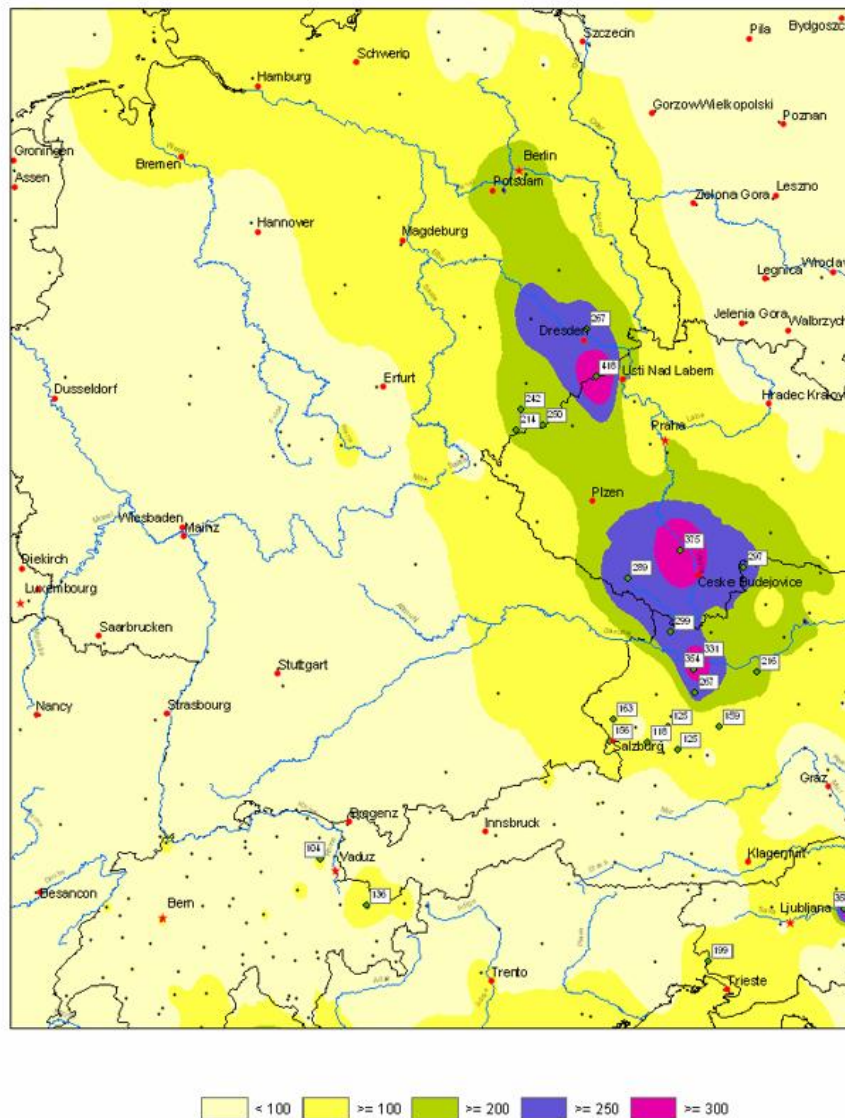
Die Abbildung 30 zeigt die akkumulierte Niederschlagshöhe vom 01.08.2002 – 08 MESZ bis 13.08.2002 - 08 MESZ. Deutlich ist ein breites Band mit Niederschlägen über 100 mm zu erkennen, das sich etwa von Berlin im Norden über Dresden, Prag, bis über Salzburg hinaus in südlicher Richtung erstreckt. Ausläufer dieses Starkniederschlagsgebiets reichen im Südwesten noch bis weit in die Schweiz hinein, in südöstlicher Richtung bis nach Slowenien und Nordostitalien (Triest). Die höchste Gesamt-Niederschlagssumme dieses Zeitraums in Deutschland wurde in Zinnwald-Georgenfeld im Erzgebirge mit 431 mm gemessen, im slowenischen Lisca betrug die Niederschlagssumme sogar 455 mm.



**Abb. 30: Akkumulierte Niederschlagshöhen in mm  
Zeitraum: 01.08.2002 - 08 bis 13.08.2002 – 08 MESZ**

**(Meßstationen, für die über GTS tägliche Niederschlagshöhen vorliegen, sind durch . markiert; Niederschlagssummen über 200 mm sind direkt angegeben)**

Interessant ist auch ein Vergleich mit dem Üblicherweise im Monat August fallenden Niederschlag. In Abbildung 31 ist der vom 01.08.2002 - 08 MESZ bis 13.08.2002 – 08 MESZ gefallene Niederschlag daher im Verhältnis zum mittleren Niederschlag des Zeitraumes 1961-1990 für den gesamten August dargestellt. Man erkennt von Schleswig-Holstein über den Osten Deutschlands und Böhmen bis nach Oberösterreich ein breites Gebiet in dem in den ersten 12 Tagen des August bereits mehr als der normalerweise im gesamten August auftretende Niederschlag gefallen war ( $> 100\%$ ). In einzelnen Gebieten fiel mehr als das 3-fache der normalen Niederschlagshöhe für den gesamten August (Temelin in Böhmen 358%, Linz 354%); in Zinnwald-Georgenfeld (Erzgebirge) sogar mehr als das 4-fache (über 400%).



**Abb. 31: Prozentuale Abweichung der akkumulierten Niederschlagshöhen im Zeitraum 01.08.2002 – 08 MESZ bis 13.08.2002 – 08 MESZ gegenüber dem 30-Jahre-Mittel (1961-1990) für den Monat August.**

*(Messstationen, für die über GTS tägliche Niederschlagshöhen vorliegen, sowie klimatologische Bezugswerte, sind durch . markiert)*

### 4.2.3 Wiederkehrzeiten für ähnliche Ereignisse

In den folgenden beiden Tabellen 2 und 3 sind sogenannte Wiederkehrzeiten  $T$  [a] (nach KOSTRA) angegeben.

Diesen statistischen Berechnungen zufolge ist mit den in Sachsen beobachteten Niederschlagshöhen vielerorts seltener als einmal in hundert Jahren zu rechnen (Tab. 2).

Eine besondere Position nimmt auch hier wieder die Station Zinnwald-Georgenfeld im Erzgebirge ein. Die dort innerhalb 24 Stunden vom Morgen des 12.08.2002 bis zum Morgen des 13.08.2002 gemessenen 312 mm kommen - in einem Gebiet von bis zu 25 km<sup>2</sup> - vermutlich der größten Niederschlagsmenge sehr nahe, die dort physikalisch überhaupt möglich ist.

Die 72-stündige Niederschlagssumme betrug für Zinnwald-Georgenfeld 406 mm und für Dresden 182 mm. Aus der Tabelle 3 ergeben sich entsprechend für beide Stationen erneut Wiederkehrzeiten von mehr als 100 Jahren, d.h. dass ein solches Ereignis - auch über einen 72 Stunden-Zeitraum gesehen - seltener als einmal in hundert Jahren auftritt.

Tabelle 2

Größte Tageswerte der Niederschlagshöhe  $h_N$  (gemessen von 06 UTC bis 06 UTC Folgetag) und deren Wiederkehrzeiten T

Kennung	Station	$h_N$ [mm]	T [a]
<b>11. August 2002</b>			
SY 10453	Harzgerode (MNS)	101,5	> 100
RR 70131	Isny-Bolsternang	91,0	6
SY 10146	Quickborn (AWST)	70,6	> 100
SY 10582	Zinnwald-Georgenfeld (WST)	67,9	5
SY 10948	Oberstdorf (WST)	67,1	2
SY 10946	Kempton (WST)	62,0	4
SY 10578	Fichtelberg (WST)	60,0	3
<b>12. August 2002</b>			
SY 10582	Zinnwald-Georgenfeld (WST)	312,0	> 100
SY 10579	Marienberg (AWST)	166,5	> 100
SY 10488	Dresden-Klotzsche (FLUGWEWA)	158,0	> 100
SY 10578	Fichtelberg (WST)	135,4	> 100
SY 10480	Oschatz (WST)	108,5	> 100
SY 10376	Baruth (AWST)	99,0	82
SY 10476	Holzdorf (BW)	95,8	> 100
SY 10490	Doberlug-Kirchhain (AWST)	93,8	53
SY 10791	Großer Arber (WST)	88,5	15
SY 10379	Potsdam (OBS)	84,1	48
SY 10575	Aue (AWST)	79,9	9
SY 10577	Chemnitz (WST)	78,0	30
SY 10796	Zwiesel (AWST)	75,7	8
SY 10385	Berlin-Schönefeld (FLUGWEWA)	68,1	11
SY 10384	Berlin-Tempelhof (FLUGWEWA)	65,1	11
SY 10591	Lichtenhain-Mittel. (WST)	62,3	4
SY 10389	Berlin-Alexanderplatz (AWST)	60,4	7
SY 10492	Cottbus (BW)	59,4	4
<b>13. August 2002</b>			
SY 10499	Görlitz (WST)	73,7	22
SY 10396	Manschnow (WST)	53,5	5
SY 10193	Ueckermünde (MNS)	28,7	1
SY 10582	Zinnwald-Georgenfeld (WST)	26,3	0,5
SY 10496	Cottbus (WST)	17,4	0,5
SY 10490	Doberlug-Kirchhain (AWST)	17,3	0,5

T [a] = Wiederkehrzeit bzw. Jährlichkeit nach KOSTRA  
(mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet)

Vor dem Vergleich mit den KOSTRA-Werten der Dauerstufe D = 24 h wurden die gemessenen Tageswerte der Niederschlagshöhe um 14 Prozent erhöht.

Tabelle 3

Wiederkehrzeiten T der größten Niederschlagshöhen  $h_N$  für den Zeitraum vom 11.08.2002, 06 UTC bis zum 14.08.2002, 06 UTC (72 Stunden)

<b>Kennung</b>	<b>Station</b>	<b><math>h_N</math> [mm]</b>	<b>T [a]</b>
SY 10582	Zinnwald-Georgenfeld (WST)	406,2	> <b>100</b>
SY 10578	Fichtelberg (WST)	201,5	> <b>100</b>
SY 10579	Marienberg (AWST)	187,9	> <b>100</b>
SY 10488	Dresden-Klotzsche (FLUGWEWA)	181,7	> <b>100</b>
SY 10480	Oschatz (WST)	117,1	<b>42</b>
SY 10379	Potsdam (OBS)	107,2	<b>42</b>
SY 10490	Doberlug-Kirchhain (AWST)	114,2	<b>32</b>
SY 10476	Holzdorf (BW)	102,4	<b>29</b>
SY 10376	Baruth (AWST)	109,1	<b>25</b>
SY 10895	Fürstenzell (WST)	96,8	<b>19</b>
SY 10396	Manschnow (WST)	98,8	<b>17</b>
SY 10577	Chemnitz (WST)	109,3	<b>15</b>
SY 10575	Aue (AWST)	135,6	<b>13</b>
SY 10791	Großer Arber (WST)	121,1	<b>9</b>
SY 10499	Görlitz (WST)	96,2	<b>6</b>
SY 10453	Brocken (WST)	117,6	<b>5</b>
SY 10567	Gera-Leumnitz (WST)	84,4	<b>5</b>
SY 10796	Zwiesel (AWST)	98,4	<b>3</b>
SY 10591	Lichtenhain-Mittel. (WST)	86,6	<b>3</b>
SY 10948	Oberstdorf (WST)	88,9	<b>1</b>