

BfG-1514

Bericht



# Das Hochwasser der Elbe im Frühjahr 2006

Autoren: Jörg Uwe Belz (BfG)  
Peter Burek (BfG)  
Helga Matthäus (DWD)  
Bruno Rudolf (DWD)  
Stefan Vollmer (BfG)  
Wilfried Wiechmann (BfG)

Anzahl der Seiten: 43

Dieser Bericht entstand im Rahmen einer Kooperation der Bundesanstalt für Gewässerkunde mit dem Deutschen Wetterdienst.

Koblenz, 31. Juli 2006



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Veranlassung .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Charakterisierung des Elbe-Einzugsgebietes .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 Hochwasserereignisse an der Elbe.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Hydrometeorologische Rahmenbedingungen für das Frühjahrshochwasser der Elbe 2006.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Meteorologische Ursachen und Zusammenhänge.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Die meteorologische Lage zum Frühjahrshochwasser 2006.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Analysen und Vorhersagen des Niederschlagsdargebotes aus Regen         und Schneeschmelze.....</b>	<b>17</b>
<b>3. Verlauf des Hochwassers.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Vorbemerkung .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Ursache.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.1 Verlauf des Hochwassers im tschechischen Einzugsgebiet .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2 Verlauf des Hochwassers bis zur Muldemündung.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.3 Verlauf des Hochwassers in der Mulde und der Saale .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.4 Verlauf des Hochwassers von der Muldemündung bis zur Havelmündung ...</b>	<b>23</b>
<b>3.3.5 Einfluss der Havel am Hochwassergeschehen 2006.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.6 Verlauf des Hochwassers ab Havelmündung bis zum Wehr Geesthacht .....</b>	<b>25</b>
<b>4. Feststofftransport.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Schwebstoffmessungen .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Feststofftransportverhältnisse .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.1 Schwebstofftransport.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2 Geschiebetransport.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.3 Feststoffverhältnisse beim Frühjahrshochwasser 2006.....</b>	<b>29</b>
<b>5. Abflussmessungen.....</b>	<b>33</b>

<b>6. Statistische Charakterisierung des Hochwassers.....</b>	<b>35</b>
<b>6.1 Vergleichende Einordnung des Ereignisses 2006 in den Hochwasser-         Kontext der vergangenen 100 Jahre.....</b>	<b>35</b>
<b>6.2 Eintrittswahrscheinlichkeiten und Trendentwicklung .....</b>	<b>39</b>
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>42</b>
<b>8. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>43</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Elbe-Einzugsgebiet – Gewässernetz, die wichtigsten Teileinzugsgebiete und Pegelstandorte .....	10
Abbildung 2.1:	Abweichungen der beobachteten oberflächennahen Lufttemperaturen im Monat März 2006 von den Mittelwerten der Periode 1961-1999 für den Monat März (Anomalie der Lufttemperatur).....	14
Abbildung 2.2:	Geopotenzielle Höhe der Luftdruckfläche 500hPa in geopotenziellen Dekametern (entspricht der Luftdruckverteilung in ca. 5 km Höhe über NN) und die Windgeschwindigkeit in dieser Höhe am 31. März 2006, 00 UTC (Analysen des DWD). .....	14
Abbildung 2.3:	Bodenwetterkarte des DWD für den 31.03.2006, 00 UTC..	15
Abbildung 2.4:	Analysierte tägliche Niederschlagshöhen über Mitteleuropa vom 25. bis zum 31. März 2006 .....	15
Abbildung 2.5:	Monatliche Gebietsniederschlagshöhen für Mitteleuropa im 1°-Raster für den März 2006 .....	16
Abbildung 2.6:	Niederschlagshöhe für den März 2006 in Prozent des langjährigen Märzmittels.....	16
Abbildung 2.7:	Aus den Messdaten von 16 tschechischen Stationen täglich aufsummierte Schneehöhen für die Tage vom 17. März bis zum 7. April 2006.....	17
Abbildung 2.8:	Wasseräquivalent der Schneedecke (links am 24. März, rechts am 1. April 2006) .....	18

Abbildung 2.9:	linke Seite: Vorhersage des 66-stündigen Niederschlagsdargebots aus Regen und Schneeschmelze des Modells SNOW-3 für den Zeitraum 24. März 2006, 12 UTC, bis 27. März 2006, 06 UTC ..... 18 rechte Seite: Vorhersage der zeitlich entsprechenden vorhergesagten 66-stündigen Niederschlagshöhe ..... 18
Abbildung 3.1:	Wasserstandsganglinien ausgewählter Elbe- und Nebenflusspegel während des Frühjahrshochwassers 2006 ..... 20
Abbildung 3.2:	Vergleich der Wasserstandsganglinien vom Hochwasser 2002 und 2006 von Wittenberg, Aken, Barby, Priorau/Mulde und Bernburg UP/Saale ..... 22
Abbildung 3.3:	Wehrgruppe Quitzöbel im Mündungsbereich der Havel und Havelpolder ..... 25
Abbildung 3.4:	Vergleich der Durchflussganglinien von Elbe und Havel zu den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 ..... 26
Abbildung 4.1:	Schwebstoffkonzentrations- und Abflussganglinie Pegel Barby ..... 30
Abbildung 4.2:	Schwebstofffrachtenganglinie an ausgewählten Elbemessstellen..... 31
Abbildung 5.1:	Abflusskurve für den Pegel Dresden, gültig ab Nov. 2003, mit eingetragenen Durchflussmessungen zum Hochwasserscheitel im April 2006 ..... 33
Abbildung 6.1:	Dauer des Erreichens bzw. der Überschreitung des höchsten schiffbaren Wasserstands (HSW) an Elbepegeln im Verlauf des Frühjahrshochwassers 2006 ..... 36
Abbildung 6.2:	Hochwasser-Scheitelabflüsse an der Elbe im April 2006.... 36
Abbildung 6.3:	Jährliche Hochwasserereignisse im Elbeverlauf, 100-Jahres-Periode 1907-2006..... 37

Abbildung 6.4:	Scheitelabfluss und Fülle der 5 größten Hochwasserereignisse an der Elbe, Stationen Dresden und Neu Darchau, 100-Jahres-Zeitraum 1907-2006, Schwellenwert: MHQ.....	38
Abbildung 6.5:	Dauer der 5 größten Hochwasserereignisse an der Elbe, 100-Jahres-Zeitraum 1907-2006, Schwellenwert: MHQ.....	39
Abbildung 6.6:	HQ-Trendanalyse für die Pegel Dresden und Neu Darchau, Periode 1907-2006.....	41

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1:	Messstellen des Schwebstoffdauermessnetzes .....	27
Tabelle 4.2:	Mittlere monatliche Schwebstoffkonzentrationen .....	28
Tabelle 4.3:	Schwebstoffkonzentrationen und Schwebstofffrachten. Vergleich August 2002 mit dem 1-Monats-Zeitraum 21.3.2006 bis 20.04.2006.....	31
Tabelle 6.1:	Hauptwerte des Wasserstands ausgewählter Elbepegel, Bezugszeitraum 1993-2002 .....	35
Tabelle 6.2:	Die Abflussspitzen der 10 größten Hochwasserextreme der letzten 100 Jahre (1907-2006) an repräsentativen Elbepegeln .....	38
Tabelle 6.3:	Das Frühjahrshochwasser 2006 im Vergleich zu Hochwas- ser-Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Abflüsse entlang der Elbe, Bezugsperiode 1907-2005 .....	40



# 1. Einführung

## 1.1 Veranlassung

Nachdem bereits einige Wochen zuvor ein erstes, kleineres Hochwasser aufgetreten war, brachte der Frühjahrsanfang 2006 im Elbegebiet ein besonderes Extremereignis. Insbesondere im Bereich der sachsen-anhaltinischen und niedersächsischen Elbstrecke wurden dabei Wasserstände erreicht, die in ihrer Größenordnung mit dem Rekordhochwasser 2002 vergleichbar sind.

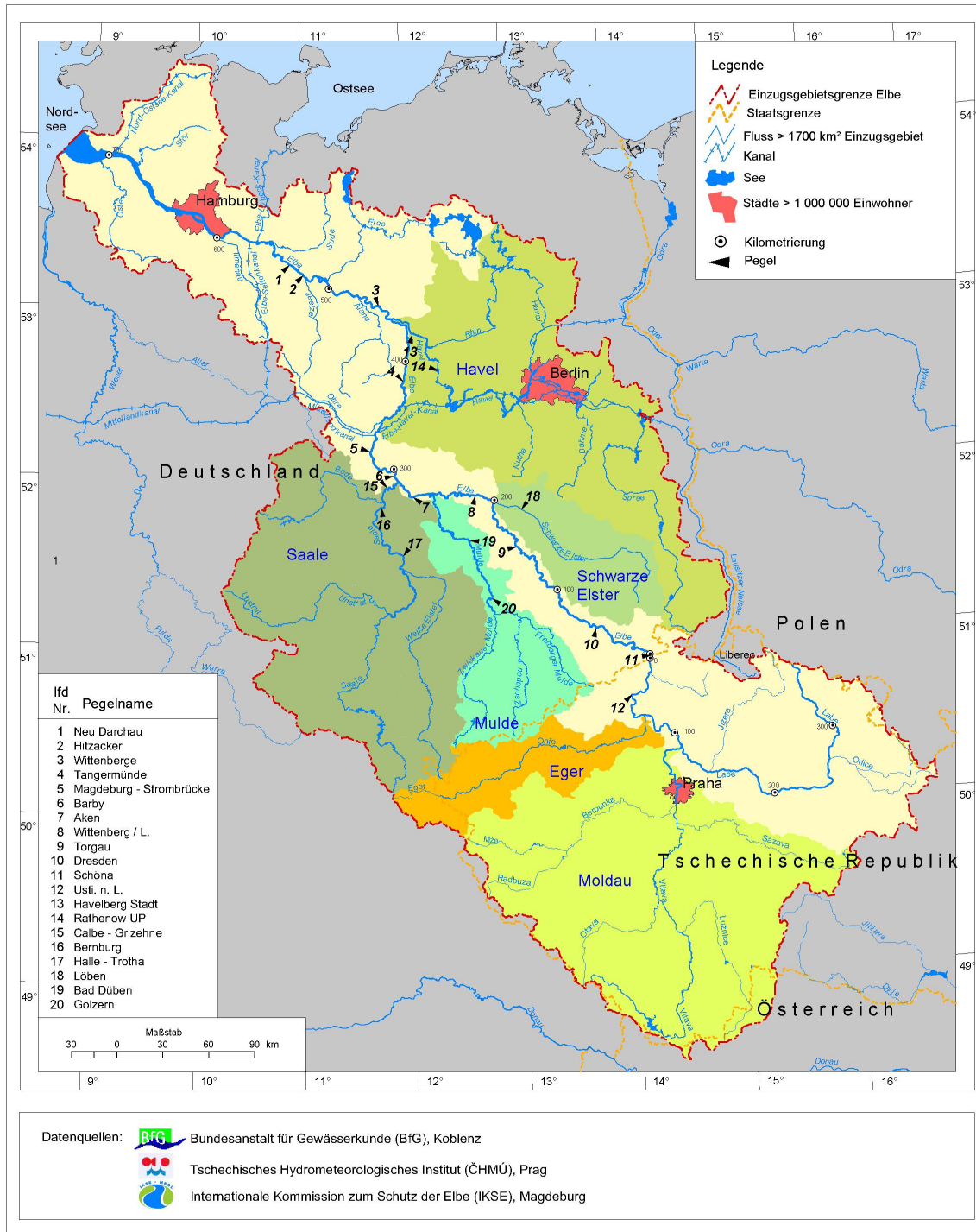
Im Folgenden wird trotz z.Zt. noch teilweise unbefriedigender Datenlage der Versuch einer ersten, zeitnahen Gesamtschau dieses Hochwasserereignisses unternommen, werden Abläufe dokumentiert und Ursachen diskutiert.

## 1.2 Charakterisierung des Elbe-Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet der Elbe (Karte vgl. Abb. 1.1) zwischen der Quellregion im Riesengebirge und der Mündung in die Nordsee hat eine Flächenausdehnung von 148268 km<sup>2</sup>. Weniger als 1% gehören zu Österreich und Polen; die Tschechische Republik umfasst einen Anteil von gut 1/3 und Deutschland von fast 2/3 des Elbegebiets.

In grober Unterteilung ist die gesamte Nordhälfte des Einzugsgebietes bis in die Niederlausitz und die Leipziger Tieflandsbucht als Flachland mit Geländehöhen bis max. 200 m ü. NN zu bezeichnen, südlich schließt eine breite Mittelgebirgsregion an, innerhalb derer (z.B. in Riesengebirge, Böhmerwald, Erzgebirge, Harz) in kleinflächigen Kamm- und Gipfellagen auch Höhen über 1000 m erreicht werden. Die höchste Erhebung im Elbegebiet ist die Schneekoppe (Riesengebirge) mit 1602 m ü. NN.

Das Gebiet gehört zur gemäßigten Klimazone. Dabei findet mit zunehmender Entfernung von der Mündung ein Übergang von maritimer Prägung in Küstennähe hin zu mehr kontinentalem Klima statt. Für den überwiegenden Teil des Elbegebietes ist kennzeichnend, dass größere Temperaturschwankungen zwischen Sommer- und Winterhalbjahr auftreten und die mittlere Niederschlagshöhe auf eher geringem bis mäßigem Niveau liegt: Auf etwa einem Drittel des Einzugsgebietes beträgt die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme weniger als 550 mm. Eine Variation erfahren die großräumigen Klimacharakteristika durch die mit zunehmender Geländehöhe grundsätzlich steigenden Niederschläge und fallenden Durchschnittstemperaturen. Mit wachsender Kontinentalität und zunehmender Geländehöhe nimmt auch die Zahl der jährlichen Frost- und Eistage zu. Entsprechendes gilt für die Schneedeckendauer sowie die Vereisungsneigung der Fließgewässer. Insgesamt ist die Elbe ein Fluss, der bei lang anhaltenden Frosttemperaturen schnell zur Bildung von Treibeis und Eisstand neigt (IKSE 2005).



**Abb. 1.1: Elbe-Einzugsgebiet - Gewässernetz, die wichtigsten Teileinzugsgebiete und Pegelstandorte**

Der Strom mit einer Gesamtlauflänge von 1094 km wird in drei Abschnitte unterteilt: Die "Obere Elbe" ist der Abschnitt zwischen Quelle und Schloß Hirschstein (ca. 15 km nordwestlich von Meißen bei Elbe-km 96,0); der weitere Verlauf bis zum Wehr Geesthacht (bei Elbe-km 585,9) wird als "Mittlere Elbe" bzw. "Mittelelbe" bezeichnet, an die sich die "Untere Elbe" bis zur Mündung in die Nordsee (Seegrenze) anschließt. Die wichtigsten Nebenflüsse sind Moldau und Eger auf tschechischem Gebiet; in Deutschland zählen dazu Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel.

Das Abflussregime der Elbe gehört zum sog. Regen-Schnee-Typ: Der durchschnittliche innerjährige Abflussgang ist dabei geprägt durch die jeweilige Niederschlags- und Verdunstungsdynamik. Es gibt Höchststände bei Schneeschmelze im Frühjahr (März/April) und Tiefststände im Spätsommer (August/September). Extreme Hochwasserereignisse werden aber durch die jährliche Schneeschmelze allein im Allgemeinen nicht begründet, hierzu sind vielmehr zusätzliche ergiebige Regenmengen notwendig.

### 1.3 Hochwasserereignisse an der Elbe

Im Allgemeinen unterscheidet man an der Elbe von ihrer Genese her drei Hochwassertypen (IKSE 2005):

Winter- und Frühjahrshochwasser, die durch das Schmelzen der Schneedecke, überwiegend in Kombination mit Regen hervorgerufen werden;

durch lang anhaltenden großflächigen Regen hervorgerufene Sommerhochwasser;

Sommerhochwasser, die durch kurzzeitige Starkniederschläge, die nur ein relativ kleines Gebiet umfassen, hervorgerufen werden.

Hohe Wasserstände können auch durch Eisversatz, Treibgut und Geröll entstehen.

Hochwasser infolge großer Durchflüsse entstehen zumeist im südlichen Elbegebiet. Stromab der Saalemündung reichen allein die Zuflüsse aus dem anschließenden Einzugsgebiet in der Regel nicht aus, um in der Elbe ein extremes Hochwasser aufzubauen. Abhängig von der Wasserführung der Nebenflüsse verflacht dabei eine von Süden kommende Hochwasserwelle in der Elbe allmählich im Längsverlauf; dies geschieht spätestens nach Einmündung der Saale. Mit der Verflachung einher geht eine Verbreiterung des Scheitelrückens. Gut belegbar ist dies an den vieljährigen Werten (100-Jahres-Periode 1907-2006) für die Pegel

Barby (unterhalb der Saalemündung, Elbe-km 294,8):                   MHQ 2100 m<sup>3</sup>/s und

Pegel Neu Darchau (nördliche Mittelelbe, Elbe-km 536,4):       MHQ 1930 m<sup>3</sup>/s .

Die durchschnittliche Dauer der Hochwasserereignisse >MHQ steigt dabei von rd. 5 Tagen bei Barby auf rd. 11 Tage bei Neu Darchau und damit um mehr als das Doppelte (Untersuchungszeitraum 1907-2006).

Verantwortlich für diese Verflachung sind vorwiegend gerinnehydraulische Gründe, denn durch das Vorhandensein großer natürlicher Überschwemmungsgebiete entlang der mittleren Elbe sind erhebliche Retentionswirkungen gegeben. Daneben spielt aber auch die anthropogene Hochwasserrückhaltung eine Rolle, dazu gehören zum einen die gesteuerte Polderflutung (Dornburger Polder, Havelpolder) sowie zum andern die Retentionswirkung teils kontrollierter, teils unkontrollierter Deichbrüche.

Letztere bewirken nicht allein eine Scheitelabflachung, sondern auch eine Verringerung der Hochwasserfülle insgesamt, weil die zurückgehaltenen Volumina in der Regel erst nach Ablauf eines Hochwassers zurückgeführt werden. Ähnlich wirken auch die zahlreichen Talsperren im Einzugsgebiet. Sie wurden, insbesondere auch auf tschechischem Gebiet, mit zeitlichem Schwerpunkt zwischen 1955 und 1980 eingerichtet und sind bei entsprechender Steuerung in der Lage, zumindest in Nebengewässern, häufig auch in der Elbe selbst, eine zeitliche Verzögerung eines Hochwasserscheitelabflusses zu bewirken, was sich beim Hochwasserschutz oftmals als wertvoll erweist.

## 2. Hydrometeorologische Rahmenbedingungen für das Frühjahrshochwasser der Elbe 2006

Die nachfolgende meteorologische Bewertung dies Hochwasserereignisses beruht auf den Beobachtungsdaten, Analysen und Vorhersagen des Deutschen Wetterdienstes.

### 2.1 Meteorologische Ursachen und Zusammenhänge

Der Winter 2005/2006 brachte über Mitteleuropa sehr reichliche Schneefälle. In den Mittelgebirgen im Oberlauf der Elbe (Erzgebirge, Böhmerwald und Riesengebirge) akkumulierten sich über den gesamten Winter Schneehöhen von 0,1 m - 0,3 m im Flachland und bis zu 1,6 - 2,2 m in den Kammlagen. Während Wintersport und Tourismus davon profitierten, wurden für andere Bereiche negative Auswirkungen sichtbar, z.B. führte die hohe Schneelast zum Einsturz verschiedener Hallen. Es war klar, dass mit dem Tauwetter entsprechend hohe Wassermassen frei werden würden, und man hat ein Frühjahrshochwasser erwartet. In den Mittelgebirgen taute dann auch die zur Mitte des Monats März noch sehr mächtige Schneedecke innerhalb einer Woche fast vollständig ab.

Wann und wo die große in der Schneedecke gespeicherte Wassermasse frei gesetzt wird, hängt von verschiedenen meteorologischen Faktoren in komplexer Weise ab:

Wann beginnt eine Wärmephase, wie hoch ist die Temperatur der herangeführten Luft, wie groß ist die Luftmasse, wie lange hält die Warmluftzufuhr an?

Trockenes Wetter und Sonnenschein führen dazu, dass Wasser direkt aus der Schneedecke verdunstet und nicht abflusswirksam wird.

Regenfälle können je nach Wassermenge und -temperatur den Schnee tauen oder in ihm gefrieren.

Niederschläge wirken sich sehr unterschiedlich aus: Schneefall erhöht natürlich die Schneedecke, und Regen, der auf nicht schneebedeckten Boden fällt, kann im Boden versickern oder an der Oberfläche abfließen. Fällt Regen auf eine Schneedecke, so kann er deren Tauen stark begünstigen und mit dem getauten Schnee abfließen. Ist die Schneedecke genügend mächtig und kalt, so kann der gefallene Regen auch darin gefrieren; er erhöht dann die für einen späteren Abfluss gespeicherte Wassermasse. Auch die Schneedichte hat ein größeres Spektrum: Eine frische Schneedecke von 10 cm Höhe enthält pro Quadratmeter etwa 10 kg Wasser. In einer älteren Schneedecke kann die Wassermasse aber das Dreifache betragen. Die an der Schneeschmelze beteiligten physikalischen Prozesse sind sehr vielfältig und das Resultat kann räumlich und zeitlich stark schwanken.

## 2.2 Die meteorologische Lage zum Frühjahrshochwasser 2006

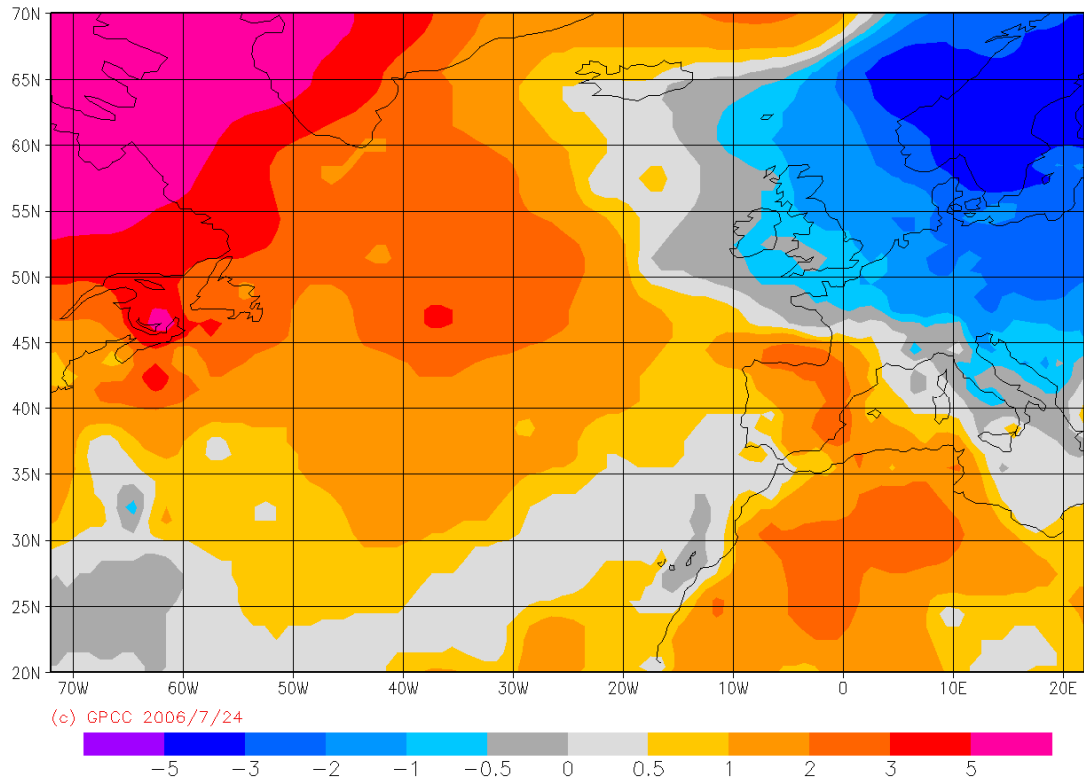
Nach dem relativ späten Ende des Winters stellte sich im letzten Märdrittel eine Westströmung mit kräftiger Zufuhr feuchter und relativ warmer Luft in Mitteleuropa ein. Eine Zyklone nach der anderen überquerte mit ergiebigen Regenfällen Deutschland und Tschechien. Diese Situation hielt mit den typischen Schwankungen bis Mitte April an.

Die Verteilung der Anomalie der oberflächennahen Lufttemperatur im Monat März 2006 wies über weiten Bereichen des Nordatlantiks positive Werte auf (Abb. 2.1 links). Ähnliche Strukturen zeigten auch Karten der Meeresoberflächentemperatur. Im Entstehungsgebiet der Zyklonen waren das Oberflächenwasser und die aufliegende Luft um mehrere Kelvin wärmer als allgemein in dieser Jahreszeit. Damit konnte die Luft auch mehr Wasserdampf aufnehmen. Unter diesen Bedingungen ist auch die Zyklonogenese begünstigt. Die jungen Zyklonen und feuchtwarmen Luftmassen wurden mit der starken zonalen Strömung ostwärts geführt (Abb. 2.2). Über dem kalten Festland verlangsamte sich die Verlagerung der Zyklonen in der sich auffächernden divergenten Strömung; im Bereich der hier großen horizontalen Gradienten der Lufttemperatur (Abb. 2.1 rechts) produzierten die auflaufenden Tiefdruckgebiete (Abb. 2.3) ergiebige Niederschläge.

Die Karten in Abbildung 2.4 belegen die Folge von meist niederschlagsreichen Tagen zwischen dem 25. und dem 31. März.

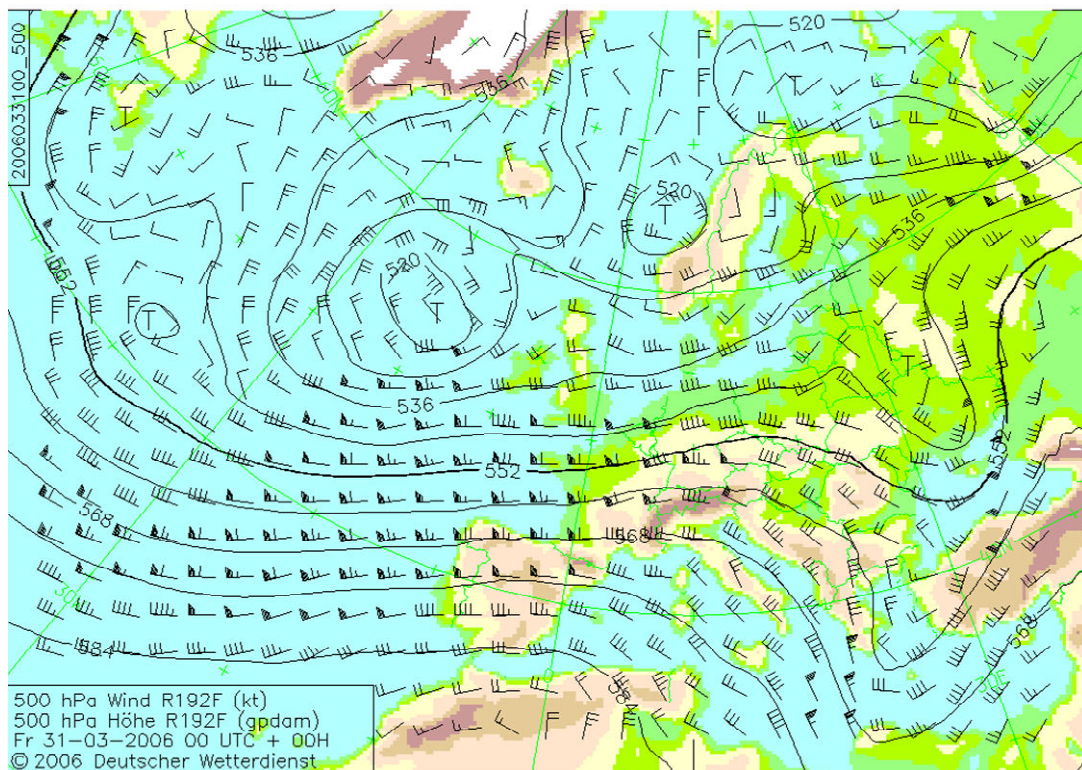
Der räumliche Schwerpunkt der Niederschläge im März 2006 lag über dem Einzugsgebiet der Elbe (Abb. 2.5). Über Tschechien fiel bis zu 200 Prozent des im März im vieljährigen Mittel beobachteten Niederschlags (rechte Seite Abb. 2.6).

Die großen Regenmengen führten in Verbindung mit Warmluftzufuhr zu einer raschen Schneeschmelze flächendeckend in allen Höhenstufen. Abbildung 2.7 zeigt den starken Rückgang der Schneehöhe zwischen dem 17. März und dem 31. April an den verfügbaren 16 tschechischen Wetterstationen. Daraus lässt sich das dem Regen aufzuschlagende Schmelzwasser näherungsweise ermitteln: Bei einem geschätzten Wasseräquivalent von  $2 \text{ l/m}^2$  pro cm Schneedeckenhöhe ergibt sich ein Durchschnitt für die 16 Stationen von  $7 \text{ l/m}^2$  entsprechend einer zusätzlichen Niederschlagshöhe von 7 mm pro Tag für die Zeitspanne vom 18. März bis 1. April.



**Abb. 2.1:** Abweichung der beobachteten oberflächennahen Lufttemperatur im Monat März 2006 von den Mittelwerten der Periode 1961-1990 für den Monat März (Anomalie der Lufttemperatur).

Quelle: DWD



**Abb. 2.2:** Geopotenzielle Höhe der Luftdruckfläche 500 hPa in geopotenziellen Dekametern (entspricht der Luftdruckverteilung in ca. 5km Höhe über NN) und die Windgeschwindigkeit in dieser Höhe am 31. März 2006, 00 UTC (Analysen des DWD).

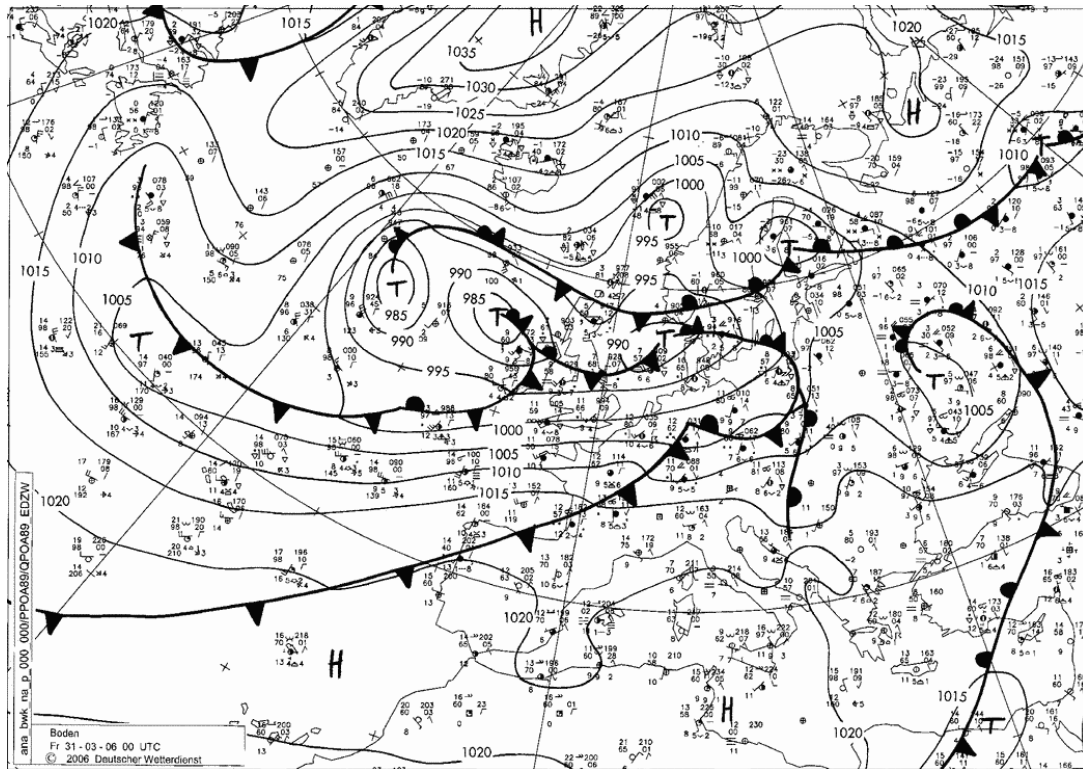


Abb. 2.3: Bodenwetterkarte des DWD für den 31. März 2006, 00 UTC

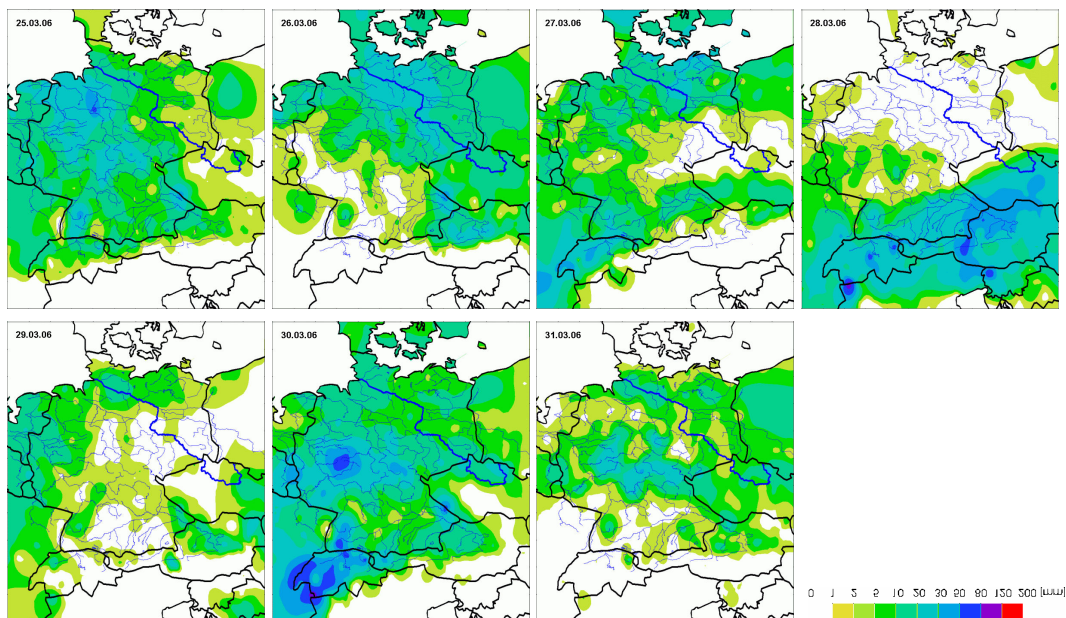
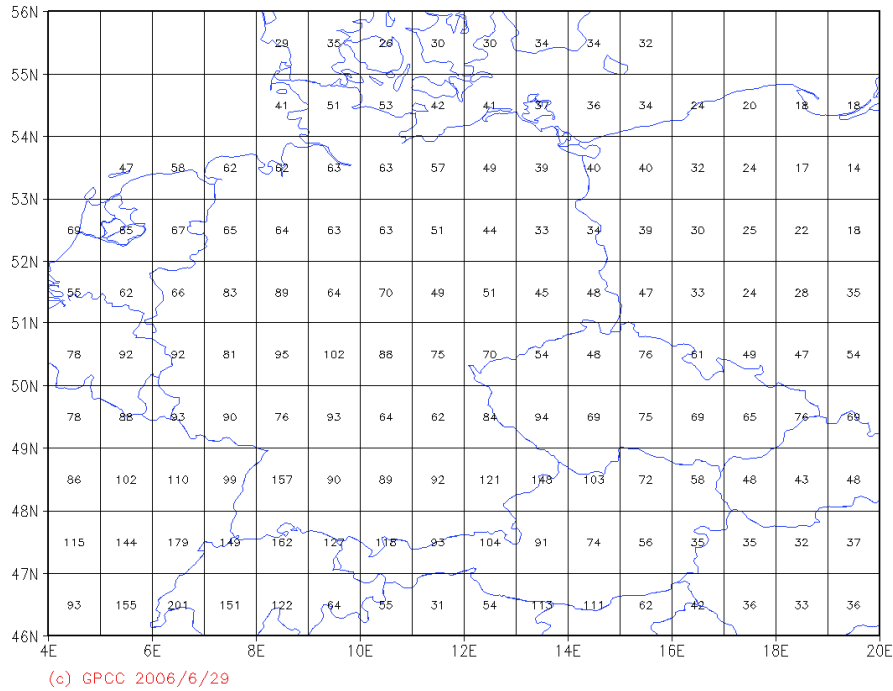


Abb. 2.4: Analysierte tägliche Niederschlagshöhen über Mitteleuropa vom 25. bis zum 31. März 2006. Quelle: DWD

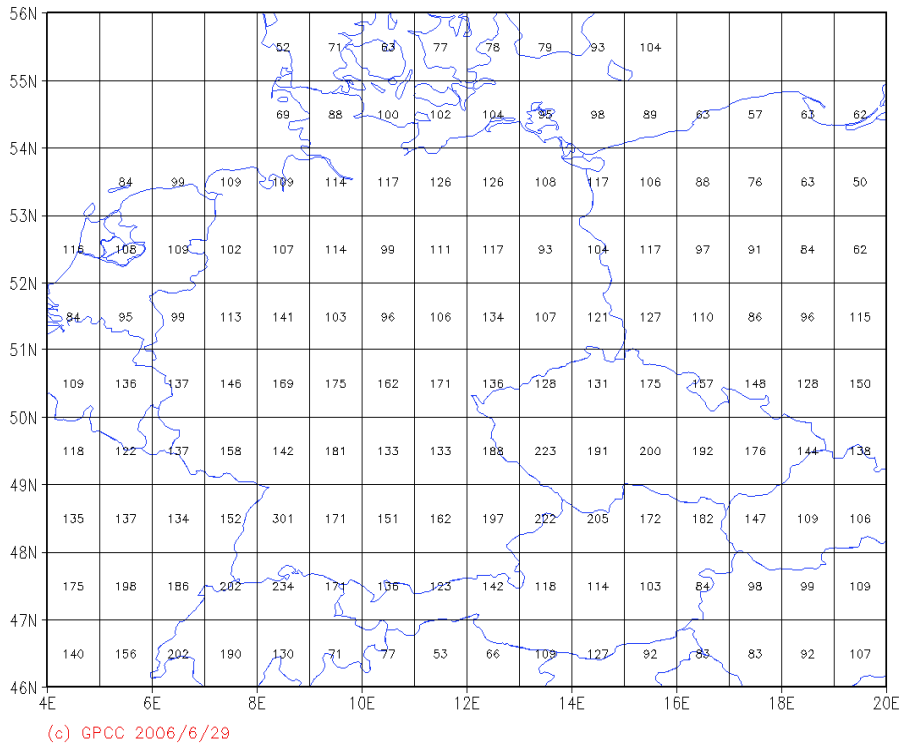
GPCC Monitoring Product Gauge-Based Analysis 1.0 degree  
precipitation for March 2006 in mm/month



(c) GPCC 2006/6/29

**Abb. 2.5:** Monatliche Gebietsniederschlagshöhen für Mitteleuropa im 1°-Raster für den März 2006 (Analysen des DWD, Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie)

GPCC Monitoring Product Gauge-Based Analysis 1.0 degree  
precipitation percentage of normals 61/90 for March 2006  
(grid based)



(c) GPCC 2006/6/29

**Abb. 2.6:** Niederschlagshöhe für den März 2006 in Prozent des langjährigen Märzmittels. Quelle: DWD



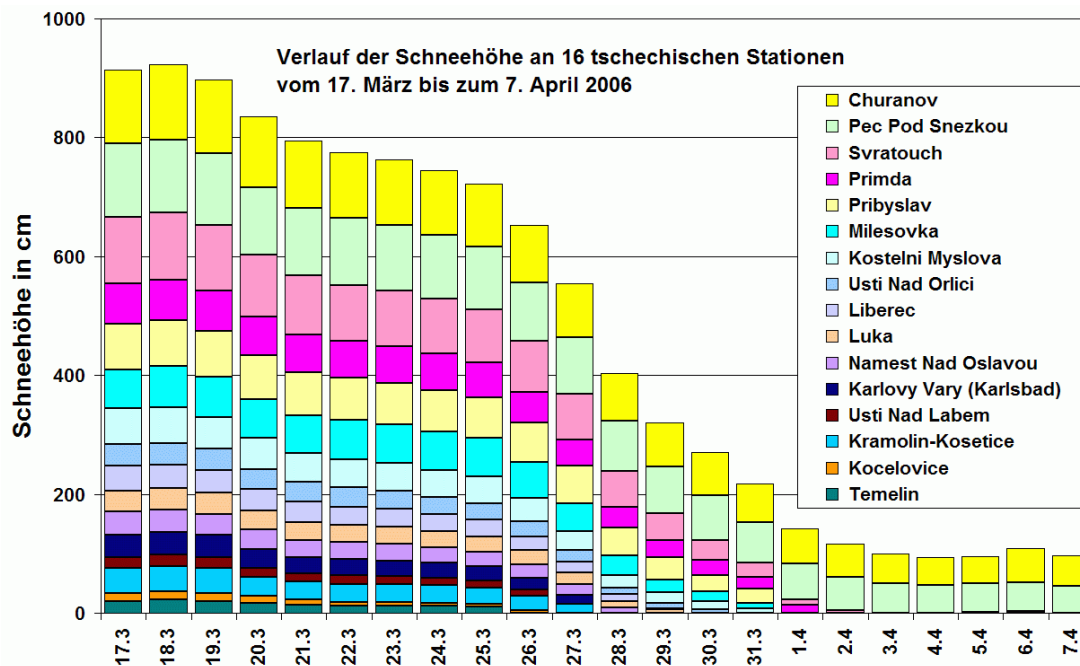


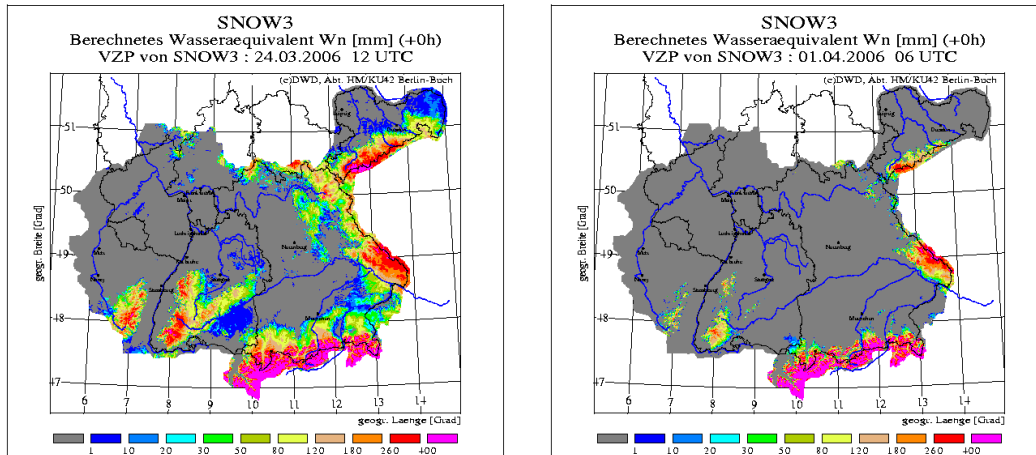
Abb. 2.7: Aus den Messdaten von 16 tschechischen Stationen täglich aufsummierte Schneehöhen für die Tage vom 17. März bis zum 7. April 2006. Quelle: DWD

## 2.3 Analysen und Vorhersagen des Niederschlagsdargebotes aus Regen und Schneeschmelze

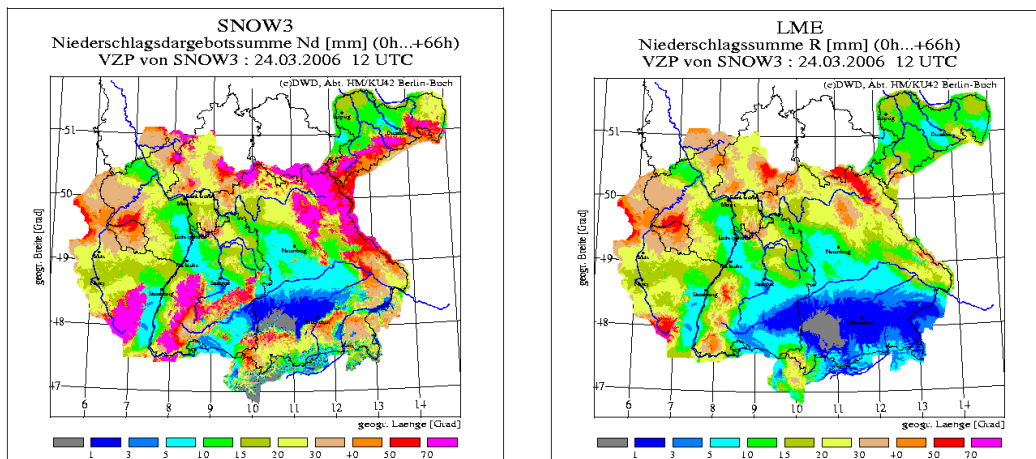
Die in Kapitel 2.2 geschilderte Entwicklung war auch Gegenstand modellgestützter kombinierter Niederschlags- und Schneeschmelz-Prognosen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) liefert den Hochwasservorhersagezentralen der Bundesländer die meteorologischen Messdaten und quantitativen Vorhersagen, welche dort für die Vorausberechnung der Wasserstände und Abflüsse benötigt werden. Zur Berechnung der Schneeschmelze wird ein spezielles Simulationsmodell eingesetzt, das regionale Modell SNOW3. Dieses liefert Analysen und Vorhersagen in einer hohen räumlichen Auflösung (ca. 1 km) für das Wasseräquivalent der Schneedecke, die Schneeschmelzrate und das sog. Niederschlagsdargebot, d.h. die Summe der abflusswirksamen Wassermenge aus Regen und Schneeschmelze. In die Modellrechnungen fließen sowohl die Vorhersagefelder des DWD-Lokalmodells (LME) aber auch zusätzliche Messdaten ein. SNOW3 wurde vom DWD mit finanzieller Unterstützung der beteiligten Länder entwickelt. Zurzeit überdeckt das Modellgebiet die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen und Südhessen, darüber hinaus Teile Österreichs (Bregenzertal) und Frankreichs (Moselgebiet). Es liefert Vorhersagen für die damit erfassten Flussgebiete, z.B. von Inn, Isar, Lech, Donau, Mosel, Mulde, Neckar, Hoch- und Oberrhein, z.Zt. allerdings noch nicht für tschechisches Gebiet.

Die Abbildungen 2.8 und 2.9 beruhen auf dem Modell SNOW3. Danach war die Schneedecke innerhalb nur einer Woche nahezu vollständig abgetaut (Abb. 2.8); lediglich in den oberen Lagen der Gebirge ist am 1. April noch eine Region mit Schneebedeckung zu erkennen. Ab-

Abbildung 2.9 zeigt links die Vorhersage des 66-stündigen Niederschlagsdargebots aus Regen und Schneeschmelze und im Vergleich dazu rechts die reine Niederschlagsvorhersage. Der erhebliche Unterschied ist an der in der linken Karte verbreitet auftretenden Farbe Lila (das ist die höchste Klasse mit mehr als 70 mm abflusswirksamen Mengen des Niederschlagsdargebots) gut zu erkennen.



**Abb. 2.8:** Wasseräquivalent der Schneedecke (links am 24. März, rechts am 1. April 2006).  
Quelle: DWD



**Abb. 2.9, linke Seite:** Vorhersage des 66-stündigen Niederschlagsdargebots aus Regen und Schneeschmelze des Modells SNOW-3 für den Zeitraum 24. März 2006, 12 UTC, bis 27. März 2006, 06 UTC (Quelle: DWD);

**Abb. 2.9, rechte Seite:** Vorhersage der zeitlich entsprechenden vorhergesagten 66-stündigen Niederschlagshöhe. Quelle: DWD

## 3. Verlauf des Hochwassers

### 3.1 Vorbemerkung

Der Hochwasserverlauf im Frühjahr 2006 wird im folgenden Kapitel im Wesentlichen anhand der Entwicklung der Wasserstände behandelt. Diese Wasserstände (W) sind bezogen auf von Pegel zu Pegel wechselnde Pegelnullpunkte und haben somit lokale Bezüge. Derartige lokale Bezüge haben ihre besondere Bedeutung, weil sie für die ansässige Bevölkerung Vergleichsgrößen auch im Hinblick auf historische Hochwasserereignisse darstellen. Ein Vergleich der W verschiedener Pegel ist aufgrund der unterschiedlichen PNP nicht sinnvoll. Allerdings wäre ein solcher Vergleich auch bei Umrechnung auf eine einheitliche Bezugsbasis, z.B. NN, nur bedingt sachgerecht, da auch die stets variablen Formen des jeweils durchflossenen Querschnitts und die unterschiedlichen Gerinnegefälle am Pegel dem entgegen stehen.

### 3.2 Ursache

Wie in Kapitel 2 beschrieben führten Warmluftzufuhr und Niederschläge zu einem nahezu vollständigen Abschmelzen der wasserreichen Schneemassen innerhalb einer Woche. Besonders starke Niederschläge fielen im Süden Tschechiens und im zentralen böhmischen Becken, während der Niederschlag im Erzgebirge vergleichsweise gering ausfiel. Dies hatte zur Folge, dass vor allem im südlichen Tschechien zahlreiche Nebenflüsse über die Ufer traten und es im Unterschied zum Hochwasser vom August 2002 an den sächsischen Nebengewässern der Oberen Elbe zu keinem gefährlichen Hochwasser kam.

Während der Scheitelwasserstand am Pegel Dresden mit 7,49 etwa 2 m unter dem Wasserstand vom 2002 blieb, wurden an der mittleren Elbe beim Hochwasser 2006 höhere Scheitelwasserstände erreicht als im Jahre 2002 (z.B. Pegel Boizenburg 6,76 m im April 2006 gegenüber 6,45 m im Aug. 2002).

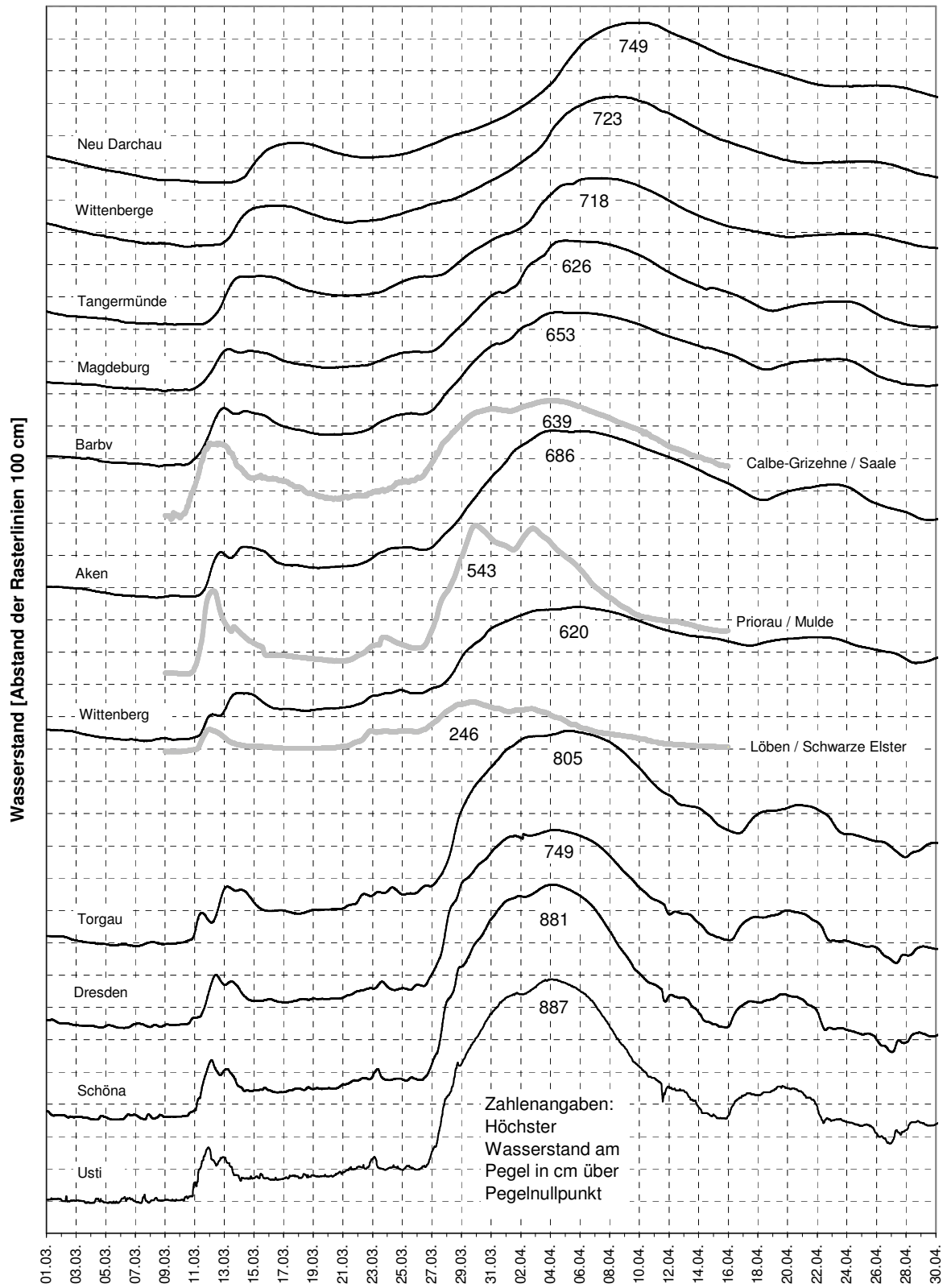
Abbildung 3.1 zeigt den Wellenablauf in Wasserständen an 10 Elbepegeln und drei Pegeln von Schwarzer Elster, Mulde und Saale.

Die Hauptursache für die 2006 gegenüber 2002 anders verlaufenden W ist, dass es beim Hochwasser 2006 zu keinen Deichbrüchen an der Oberen Elbe kam, die den Abfluss reduzierten. Des weiteren überlagerten sich die Hochwasser von Elbe, Mulde und Saale in einem höheren Maße als 2002. Beim Hochwasser 2006 wurde außerdem der Scheitel nicht durch die Flutung der Havel und der Havelpolder gekappt wie im August 2002.

#### 3.3.1 Verlauf des Hochwassers im tschechischen Einzugsgebiet

Hochwasser in der Elbe wird zumeist durch den Hochwasserverlauf in den tschechischen Einzugsgebieten der Moldau, Berounka, Elbe und Eger geprägt.

### Wasserstandsganglinien ausgewählter Elbe- und Nebenflusspegel während des Hochwassers März/April 2006



**Abb. 3.1:** Wasserstandsganglinien ausgewählter Elbe- und Nebenflusspegel während des Frühjahrshochwassers 2006

Nach eher mittleren Abflüssen Mitte März (Abfluss in Ústí n.L. am 15.03.06 mit  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ , vieljähriger mittlerer Abfluss  $293 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kam es aufgrund der in Kapitel 2 geschilderten meteorologischen Ursachen zu einem schnellen Anstieg der Wasserstände ab dem 25.03.06.

Die singuläre Hochwasserwelle der Moldau wurde durch die Talsperren der Moldau-Kaskade zu einem großen Teil vom 26.03.06 bis zum 04.04.06 zurückgehalten. Beispielsweise betrug der maximale Zufluss zur Talsperre Orlík am 30.03.06 ca.  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$  und die Abgabe ca.  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ . Somit wurden hier  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  zurückgehalten. Auch aufgrund des gesamten Rückhalts der Moldau-Kaskade belief sich der Abfluss der Moldau in Prag auf maximal  $1470 \text{ m}^3/\text{s}$  am 01.04.06 und lag damit noch im schadlosen Bereich.

Der Rückhalt durch die Moldau-Kaskade und durch die Talsperre Nechanice an der Eger bewirkte in Ústí n.L. eine Kappung des Hochwasserscheitels auf  $2630 \text{ m}^3/\text{s}$  und einen zeitlich verzögerten Eintritt in der Nacht vom 03. auf den 04.04.06.

### 3.3.2 Verlauf des Hochwassers bis zur Muldemündung

Die Pegel der Nebenflüsse der Oberen Elbe und die Pegel der Schwarzen Elster hatten während des Elbehochwassers nur vergleichbar geringe Hochwasserstände. Der Scheitelwasserstand am Pegel Löben der Schwarzen Elster betrug  $2,44 \text{ m}$  (ca.  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

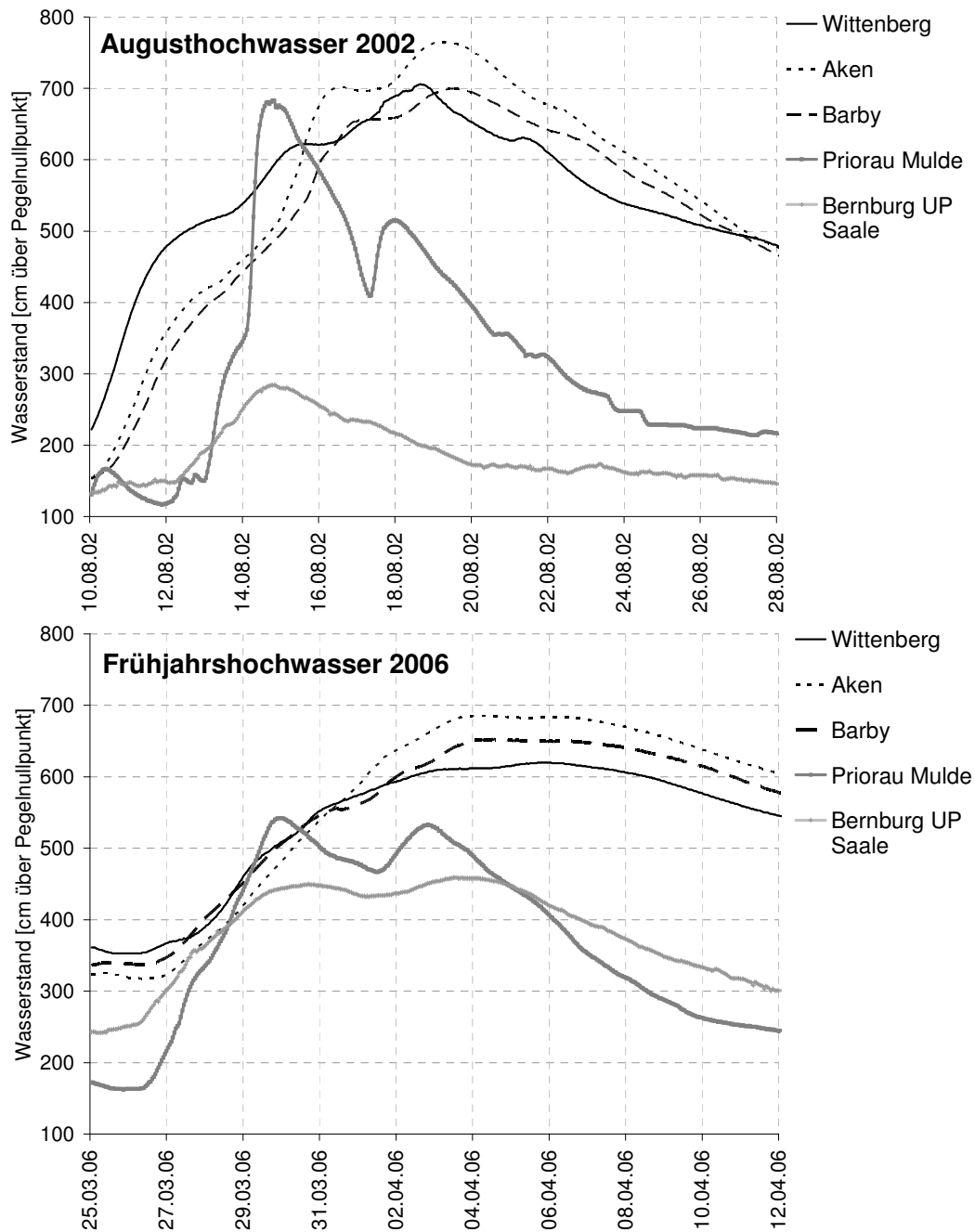
Ab dem 27.03.06 wurde an den Pegeln Schöna und Dresden  $W=4,00 \text{ m}$  (Richtwerte der Alarmstufe 1) überschritten. Dabei profitierte im Weiteren auch die Obere Elbe noch von der Entlastung durch die Retention innerhalb der Moldau-Kaskade. Der sehr lang gestreckte Scheitel passierte Sachsen vom 01.04.06 bis 05.04.06. Am Pegel (a.P.) Schöna stieg das Wasser am 04.04.06 bis auf maximal  $8,81 \text{ m}$ . In Dresden kam es am 04.04.06 zu einem Scheitelwasserstand von  $7,49 \text{ m}$  a.P.; an den Pegeln Torgau lag der maximale Wasserstand in der Nacht vom 04. auf den 05.04.06 bei  $8,05 \text{ m}$  und Wittenberg am 05.04.06 bei  $6,20 \text{ m}$ . Katastrophenalarm wurde für einige Dresdner Stadtteile sowie für zahlreiche Gemeinden in Sachsen ausgelöst. In den Städten Bad Schandau, Pirna und Meißen kam es zu Überflutungen. Diesbezüglich besonders gefährdet war auch der Dresdner Stadtteil Gohlis, da hier die Deiche nur bis  $7,40 \text{ m}$  ausgelegt sind.

Bis zum 16.04.06 wurden die  $4,00 \text{ m}$  in Dresden nicht unterschritten. Danach führte das milde, wechselhafte Schauerwetter zu einem erneuten Anstieg der Wasserführung, so dass  $5,00 \text{ m}$  am Pegel Dresden erneut überschritten wurde.

Im Gegensatz zum Hochwasser 2002 hielten im weiteren Verlauf die Deiche in Sachsen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt stand. Dadurch kam es 2006 zu keiner Reduktion der Wasserführung in der Elbe.

### 3.3.3 Verlauf des Hochwassers in der Mulde und der Saale

Mulde und Saale sind die beiden wichtigsten Nebenflüsse der Elbe auf deutschem Gebiet. Der Vergleich zum Hochwasser 2002 zeigt Unterschiede im Abflussgeschehen dieser beiden Nebenflüsse. Abbildung 3.2 zeigt die Überlagerung der Hochwasserwellen von Elbe, Mulde und Saale.



**Abb. 3.2** Vergleich der Wasserstandsganglinien vom Hochwasser 2002 und 2006 von Wittenberg, Aken, Barby, Priorau/Mulde und Bernburg UP/Saale

Die Scheitelabflüsse in der Mulde betragen jeweils:

	HW 2002	HW 2006
Golzern:	ca. 2600 m <sup>3</sup> /s	625 m <sup>3</sup> /s
Bad Dübren:	ca. 1800 m <sup>3</sup> /s	575 m <sup>3</sup> /s
Priorau:	ca. 1000 m <sup>3</sup> /s	600 m <sup>3</sup> /s

Der Abfluss beim Hochwasser 2002 in der Mulde wurde oberhalb und unterhalb des Pegels Bad Dübén durch zahlreiche Deichbrüche vermindert. So flossen unter anderem große Wassermengen in das Tagebaurestloch Goitzsche bei Bitterfeld.

In Priorau wurde vom 14.08. bis zum 19.08.02 über 5 Tage ein Abfluss von  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  überschritten.

Beim Hochwasser 2006 traten keine Deichbrüche an der Mulde auf. In Priorau wurde vom 28.03. bis zum 05.04.06 über 8 Tage ein Abfluss von  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  überschritten.

Vor allem der zweite Scheitel des Muldehochwassers am 02.04.06 mit 5,32 m am Pegel Priorau überlagerte sich annähernd mit dem Hochwasser der Elbe.

Die Scheitelabflüsse in der Saale betragen jeweils:

	HW 2002	HW 2006
Bernburg UP:	$205 \text{ m}^3/\text{s}$	$400 \text{ m}^3/\text{s}$
Calbe-Grizehne	ca. $300 \text{ m}^3/\text{s}$	ca. $530 \text{ m}^3/\text{s}$ (Rückstau-beeinflusst durch die Elbe)

Im Jahr 2002 war die Saale nicht vom Hochwasser betroffen. Der Abfluss in Bernburg UP  $205 \text{ m}^3/\text{s}$  lag unter dem vieljährigen mittleren Hochwasserabfluss von  $313 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Am Hochwasser 2006 hatte die Saale einen größeren Anteil. Vom 28.03. bis zum 07.04.06 betrug der Abfluss in Bernburg mehr als  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der Scheitelwasserstand wurde am 03.04.06 in Bernburg UP mit 4,59 m und am 04.04.06 in Calbe-Grizehne mit 6,39 m erreicht und überlagerte sich mit dem Hochwasserscheitel der Elbe.

### 3.3.4 Verlauf des Hochwassers von der Muldemündung bis zur Havelmündung

Aufgrund der lang gestreckten Hochwasserscheitel von Elbe, Mulde und Saale kam es beim Hochwasser 2006 zu einer Überlagerung der Hochwasserwellen aller drei Flüsse. Durch die fehlenden Deichbrüche an der Elbe im Vergleich zum Hochwasser 2002 und die Überlagerung der Hochwasserwellen nahm der Unterschied der Scheitelwasserstände dieser beiden Ereignisjahre von ca. 2,0 m am Pegel Dresden auf 0,50 m unterhalb des Pegels Barby ab. Insgesamt jedoch ist ein direkter Vergleich mit dem Hochwasser 2002 in diesem Bereich aufgrund der Deichbrüche an der Elbe, der großräumigen Überströmungen der Muldedeiche und der unterschiedlichen Rückstauverhältnisse in Mulde und Saale schwierig.

Der Scheitelwasserstand von 6,54 am Pegel Dessau am 03.04.06 und die Scheitelwasserstände von 6,86 m am Pegel Aken und am Pegel Barby von 6,52 m am 04.04.06 wurden früher erreicht als am oberhalb gelegenen Pegel Wittenberg. Ursache hierfür ist die Überlagerung mit den Hochwasserwellen der Mulde und Saale und der lang gestreckte Scheitel (z.B. am Pegel Barby vom 04.04.06 bis 07.04.06 über einer Höhe von 6,48 m).

Am Pegel Magdeburg Strombrücke wurde am 05.04.06 der Scheitel mit 6,24 m erreicht. Der Hochwasserablauf zwischen Elbe km 300,7 (oberhalb Magdeburg) und 337,0 (oberhalb Niegripp) wird durch den Elbeumflutkanal beeinflusst. Das Hochwasserentlastungssystem mit dem Regelbauwerk Pretziener Wehr dient dem Schutz der Städte Schöneberg und Magdeburg. Das Pretziener Wehr wird bei einem Wasserstand am Pegel Barby von 5,50 m gezogen, wenn ein Wasserstand von 5,92 oder höher zu erwarten ist.

Beim Hochwasser 2006 wurde das Pretziener Wehr am 31.03.06 gezogen und am 14.04.06 geschlossen.

Nach Einmündung des Elbeumflutkanals unterhalb Magdeburgs (oberhalb Niegripps) wird wieder der gesamte Hochwasserabfluss in die Elbe abgeleitet. In der Gesamtbilanz ist unterstrom daher die Wirkung des Umflutkanals nicht spürbar.

Der Wasserstandsscheitel passierte den Pegel Niegripp am 05.04.06 mit einer Höhe von 8,71 m und den Pegel Tangermünde am 07.04.06 mit einer Höhe von 7,18 m.

### 3.3.5 Einfluss der Havel am Hochwassergeschehen 2006

Zum Schutz der Havelniederung vor Hochwasser der Elbe und zur Kappung des Hochwasserscheitels der Elbe wurde an der Unteren Havel von 1937 bis 1954 ein Hochwasserschutzsystem eingerichtet, das aus dem Einlasswehr bei Neuwerben, den Wehren Quitzöbel sowie dem Mündungswehr Gnevsdorf und sechs Flutungspoldern entlang der Havel besteht (siehe Abb. 3.3). Der maximal nutzbare Retentionsraum beträgt 240 Mio. m<sup>3</sup> für die Hochwasseraufnahme aus der Elbe und für den Zufluss aus der Havel.

Ein Havelwasserrückhalt oder eine Kappung des Elbescheitels ist mit dem Ziel zu betreiben, den Bemessungshochwasserstand von 7,45 m am Pegel Wittenberge nicht zu überschreiten. Die Kappung des Hochwasserscheitels der Elbe wurde beim Hochwasser 2002 das erste Mal praktiziert und für den Pegel Wittenberge durch diese Maßnahme der Scheitel um ca. 0,4 m auf 7,34 m reduziert.

Das Frühjahrshochwasser 2006 lief in ähnlicher Höhe und Menge wie das gekappte Augusthochwasser 2002 am Pegel Wittenberge durch (siehe Abb. 3.5). Die Havel führte jedoch erheblich mehr Eigenwasser und war zudem seit Herbst 2005 an allen Stauanlagen auf Winterstauhöhe eingestaut, mit einer beachtlichen Vorspeicherung von Wasser und einem gefüllten Grundwasserspeicher.

Die Steuerung der Havelwehre zwischen Spandau und der Havelmündung in Quitzöbel erfolgte in gleicher Art wie 2002, um auch die Haltungen Brandenburg, Bahnitz und Rathenow mit ihren Speicherräumen für den Havelwasserrückhalt zu nutzen.

	HW 2002	HW 2006
Rathenow UP:	1,90 m	2,03 m
Havelberg Stadt:	2,76 m	3,60 m

(jeweils vor Schließung der Quitzöbeler Wehre)

Rathenow UP:	1,98 m	2,17 m
Havelberg Stadt:	4,46 m	4,25 m

(Scheitelwasserstände)

Nach Kappungsberechnungen wurde ein maximal möglicher Kappungsbetrag am Pegel Wittenberge von weniger als 5 cm errechnet. Aufgrund dieses potenziell geringen Effektes und der Vorfüllungssituation wurde auf einen Einstau der Polder verzichtet. Ein Abschluss der Havelniederung hätte die Nutzung der Flutungspolder notwendig gemacht, obwohl das Bemessungshochwasser am Pegel Wittenberge (W=7,45 m) nicht erreicht wurde.



Während des Durchlaufs der Elbehochwasserwelle an der Mündung der Havel am 08.04.06 wurden ca. 150 m<sup>3</sup>/s aus der Havel abgegeben. Dies entspricht einer Erhöhung des Elbescheitels im Unterlauf der Havelmündung um ca. 10-15 cm.

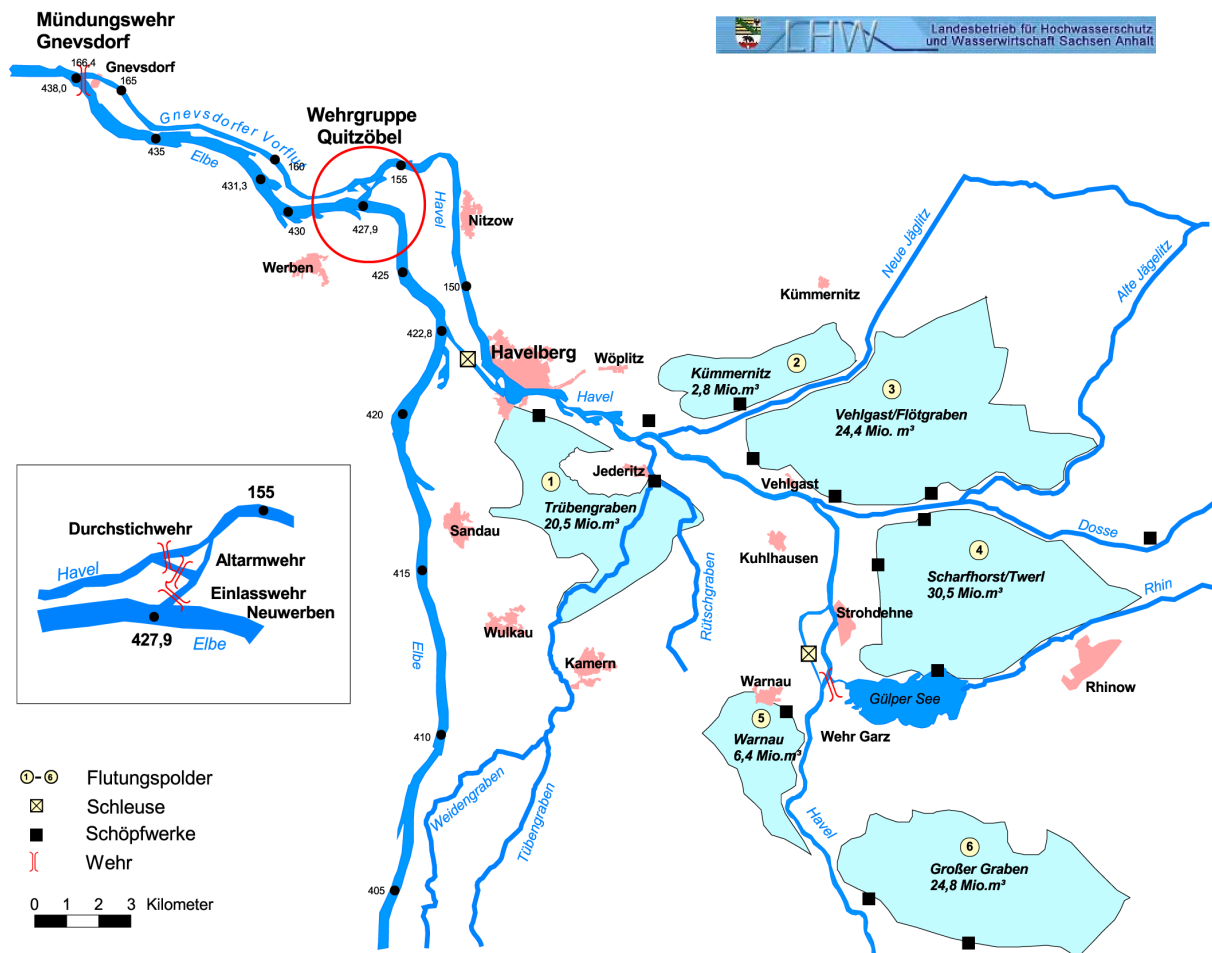
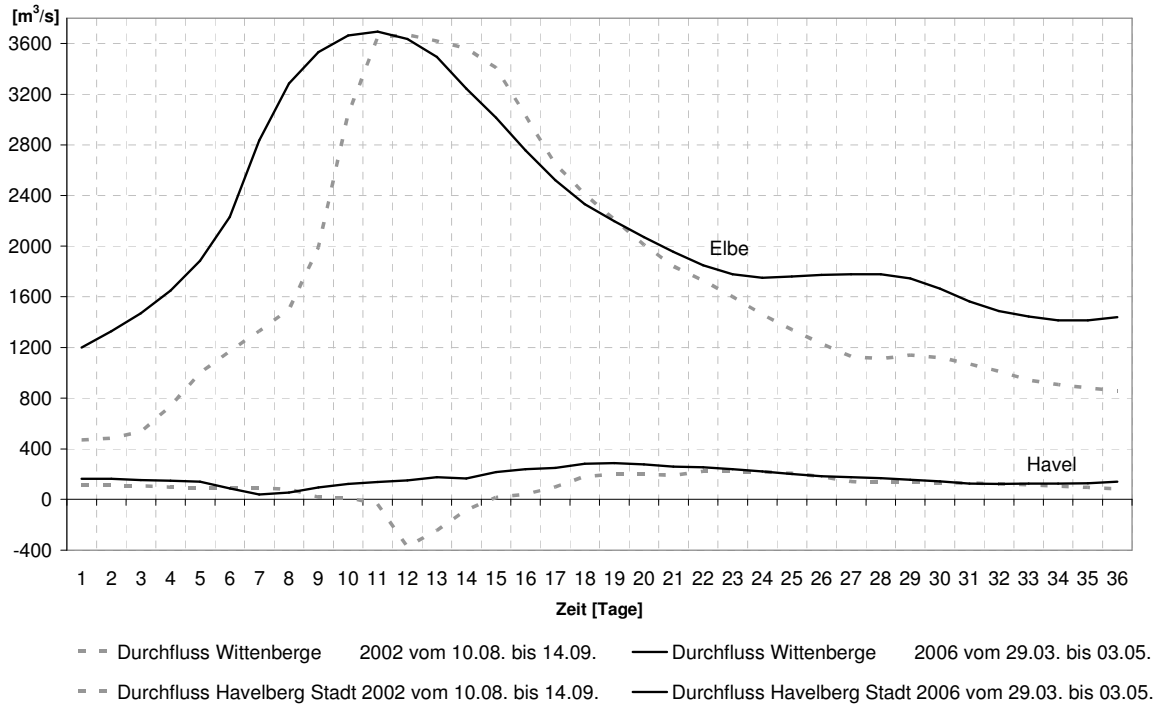


Abb. 3.3: Wehrgruppe Quitzöbel im Mündungsbereich der Havel und Havelpolder (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt)

### 3.3.6 Verlauf des Hochwassers ab Havelmündung bis zum Wehr Geesthacht

Beim Elbe-Hochwasser 2002 waren die Abflussverhältnisse in mehreren Stromabschnitten insbesondere durch deichbruchbedingte Retention beeinflusst. Darüber hinaus erfolgte eine besonders nachhaltige Überprägung des Hochwasserverlaufs unterhalb der Havelmündung, hier hervorgerufen durch die gesteuerte Flutung der unteren Havel und der Havelpolder. Diese Flutung veränderte nicht nur den Eintrittszeitpunkt und Höhe des Scheitelwasserstandes an den nachfolgenden Pegeln, sondern auch die Form der Hochwasserwelle bis zum Wehr Geesthacht.



**Abb. 3.4: Vergleich der Durchflussganglinien von Elbe und Havel zu den Hochwasserereignissen 2002 und 2006 (Quelle: Löper, WSA Brandenburg)**

Der Vergleich der gemessenen Wasserstände und Abflüsse dieser beiden Hochwasserereignisse geht somit insgesamt, insbesondere aber unterhalb der Havelmündung, von unterschiedlichen Rahmenbedingungen aus und liefert daher ein nicht zu verallgemeinerndes Ergebnis. Erst die Vereinheitlichung dieser Rahmenbedingungen, wie sie in Form einer modellgestützten Simulation des Hochwassers 2002 ohne Havelflutung und Deichbrüche erfolgen kann, erlaubt den unmittelbaren Vergleich und die Analyse von Regelmäßigkeiten in der Ablaufdynamik.

Die Hochwasserscheitel wurden am 08.04.06 am Pegel Wittenberge mit 7,20 m und am Pegel Dömitz mit 6,64 m erreicht. Ab dem Pegel Dömitz übertrafen die Wasserstände das Hochwasser von 2002. Zu den Höchstwerten des lang gestreckten Hochwasserscheitels kam es am 09.04.06 mit 7,63 m (HW 2002 mit 7,50 m) am Pegel Hitzacker, 7,49 m (HW 2002 mit 7,32 m) am Pegel Neu Darchau, 6,76 m (HW 2002 mit 6,45 m) am Pegel Boizenburg und 9,11 m (HW 2002 mit 8,70 m) am Pegel Hohnstorf. Am 09.04.06 um 18 Uhr wurde der höchste Wasserstand am Wehr Geesthacht mit 6,53 m (HW 2002 mit 6,15 m) erreicht.

Vor allem die Stadt Hitzacker in Niedersachsen wurde von Hochwasser stark betroffen. Ab dem 06.04.06 wurde die Altstadt von Hitzacker überflutet, da sie derzeit durch keinen Deich geschützt ist.

## 4. Feststofftransport

### 4.1 Schwebstoffmessungen

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) führt in Zusammenarbeit mit den Wasser- und Schifffahrtsämtern seit 1993, in unregelmäßiger Abfolge über die gesamte Lauflänge der deutschen Elbe, Geschiebe- und Schwebstoffvielpunktmessungen durch.

Zur Erfassung des Schwebstofftransports werden darüber hinaus an insgesamt 11 Dauermessstellen (Tab. 4.1) werktägliche Messungen der Schwebstoffkonzentration durchgeführt. Diese Messungen erlauben Aussagen zu regionalen Konzentrations- und Frachtunterschieden sowie zur zeitlichen Transportdynamik der Elbe.

Die Geschiebemessungen dienen der Abschätzung des unmittelbar an der Sohle transportierten Anteils der Feststofffracht. Schwebstoffvielpunktmessungen erlauben die Quantifizierung des in Abhängigkeit von den hydraulischen Bedingungen zeitweilig in Suspension transportierten Sandes (Fraktionen > 63 µm), sowie des dauerhaft in Schwebelage befindlichen Feinstoffanteils (Fraktionen < 63 µm).

Eine aktuelle Darstellung des Feststoffhaushalts der Elbe ist in „Feststofftransport und Flussbettentwicklung der Elbe“ (BfG 2004) zu finden. Eine Quantifizierung von Feststoffeinträgen aus Elbenebenflüssen erfolgte im Rahmen des BMBF-Projektes zur „Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe“ (BfG 2003). In die Untersuchungen wurden Nebenflüsse von der deutsch-tschechischen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht einbezogen.

**Tab. 4.1: Messstellen des Schwebstoffdauermessnetzes**

<b>WSA</b>	<b>Messstelle</b>	<b>Elbe-km</b>	<b>Messbeginn</b>
Dresden	Pirna	34,7	1.11.91
	Meißen	83,4	1.11.94
	Torgau	154,0	1.11.91
	Wittenberg	214,8	1.11.91
	Aken	274,85	1.11.91
Magdeburg	Barby	294,8	1.11.91
	Magdeburg (Stromelbe)	326,6	1.11.92
	Magdeburg (Alte Elbe)	326,6	1.11.91
	Tangermünde	389,1	1.11.91
	Wittenberge	454,6	1.11.93
Lauenburg	Hitzacker	522,6	1.11.63

## 4.2 Feststofftransportverhältnisse

### 4.2.1 Schwebstofftransport

Die mittleren monatlichen Schwebstoffkonzentrationen der Elbe an den WSV-Messstellen sind in Tabelle 4.2 zusammengefasst. Es ist zu erkennen, dass über die gesamte Elbe die höchsten Schwebstoffkonzentrationen im Frühjahr und Sommer in den Monaten Mai, Juni und Juli auftreten, unterstrom der Havelmündung tendenziell etwas später. In BfG (2003) wird als Grund hierfür die in dieser Zeit besonders erhöhte Bioproduktion angegeben. Die niedrigste Konzentration fällt üblicherweise in die Monate Oktober, November und Dezember.

Tab. 4.2: Mittlere monatliche Schwebstoffkonzentrationen

Messstelle	Jahresreihe	mittlere Monatskonzentration [mg/l]											
		Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
Pirna	92/01	20	20	23	27	42	33	37	37	37	28	27	19
Meißen	95/01	25	27	27	33	33	38	46	42	43	34	35	24
Torgau	94/01	27	29	24	34	50	40	51	53	54	43	41	26
Wittenberg	92/01	26	25	24	30	35	37	41	49	46	42	38	26
Barby	92/01	25	32	38	48	40	42	47	49	47	45	35	28
Magdeburg	93/01	25	24	25	34	35	39	48	52	52	50	42	29
Tangermünde	92/01	26	25	28	29	35	37	51	56	56	58	43	28
Wittenberge	94/01	23	22	21	26	31	31	46	60	61	65	47	26
Hitzacker	64/01	25	24	25	25	30	34	43	48	52	49	39	30

In Tabelle 4.2 sind die mittleren monatlichen Schwebstoffkonzentrationen der vieljährigen Jahresreihen zusammengestellt. Trotz der erhöhten Schwebstoffkonzentration in den Sommermonaten ergeben sich aufgrund der kleinen Abflüsse nur geringe Frachten (vgl. BfG 2002). Die höchsten Frachten treten üblicherweise in den Monaten mit den höchsten Abflüssen, März und April, auf.

Die wichtigsten Nebenflüsse als Schwebstoffzubringer sind die Schwarze Elster (Mündung bei Elbe-km 198,5), Mulde (Elbe-km 259,6), Saale (Elbe-km 290,8) und Havel (Elbe-km 438,0). Eine wesentliche Bedeutung für den Schwebstoffhaushalt der Elbe haben jedoch nur die Saale und die Havel. Die Saale trägt mit durchschnittlich 117 500 t/a die mit Abstand größte Menge an Schwebstoff ein. Die Havel mit einem ähnlich großen Einzugsgebiet bringt im Mittel ca. 41 000 t/a, die Mulde aufgrund der Rückhaltewirkung des Muldestausees nur ca. 10 500 t/a und die Schwarze Elster weniger als 10 000 t/a (BfG 2003).

Die Jahresmittel der Schwebstoffkonzentration weisen im Längsschnitt der Elbe einen ansteigenden Verlauf nach dem Grenzübertritt von Pirna (31 g/m<sup>3</sup>) bis nach Torgau (41 g/m<sup>3</sup>) auf. Bis Tangermünde bleibt die Konzentration weitestgehend konstant, wohingegen sie bis Hitzacker wieder von 40 auf 30 g/m<sup>3</sup> abfällt. Der Frachtverlauf ist im vieljährigen Mittel mit 400 bis 500 kt bis zur Einmündung der Saale weitestgehend ausgeglichen. Der leichte Abfall un-

terhalb Torgau könnte, wie das extreme Hochwasserereignis vom August 2002 nahelegt, auf Sedimentation im Vorland zurückzuführen sein. Auf der Grundlage der Messungen der BfG müsste die Saale eine Schwebstofffrachtzunahme um 40 % auf 700 kt (Mittelwert) in der Elbe bewirken. Diese Fracht erfährt bis Tangermünde kaum eine Veränderung, wohingegen sie bis Wittenberge, vor allem durch das Geschehen im Sommerhalbjahr bedingt, wiederum eine Zunahme erfährt. Möglicherweise macht sich hier der Einfluss der einmündenden Havel bemerkbar (NAUMANN et al. 2003). Unterhalb von Wittenberge bis Hitzacker nimmt die mittlere jährliche Schwebstofffracht der Elbe auf etwa 600 kt ab.

#### **4.2.2 Geschiebetransport**

Eine aktuelle Darstellung der Geschiebetransportverhältnisse der Elbe ist in „Feststofftransport und Flussbettentwicklung der Elbe“ (BfG 2004) zu finden.

#### **4.2.3 Feststofftransportverhältnisse beim Frühjahrshochwasser 2006**

Die bei Hochwasser veränderten hydraulischen Verhältnisse wirken sich sowohl im Fluss-schlauch als auch im von Überschwemmungen betroffenen Vorland morphologisch aus. Da bei entsprechenden Abflüssen die Schifffahrt wegen der Gefährlichkeit eingestellt werden muss, können auch Messungen des Geschiebetransports vom Schiff aus nur sehr selten bzw. gar nicht durchgeführt werden. Alternativ wäre die Messung von einer geeigneten Brücke mit entsprechender Messvorrichtung denkbar. Während des Hochwassers im August 2002 war die Schifffahrt eingestellt und evtl. in Betracht kommende Brücken waren nicht zugänglich, bzw. nicht für eine Messung ausgerichtet. Auch während des Frühjahrshochwassers 2006 wurden keine Geschiebemessungen oder Schwebstoffvollprofilmessungen vom Schiff aus durchgeführt.

Hingegen konnten die Schwebstoffmessungen an den Dauermessstellen bis auf zwei Ausnahmen weitergeführt werden. Die Messwerte für Pirna und Meißen sind aufgrund des temporären Ausfalls der Messstellen während des Augusthochwassers 2002 nicht vorhanden. Während des Frühjahrshochwassers 2006 konnten wiederum in Pirna und Meißen, aber auch in Magdeburg nicht durchgängig verwendbare Proben genommen werden. Für die weiteren Betrachtungen werden signifikant niedrige Schwebstoffproben aus dem Uferbereich nicht mit in Betracht gezogen.

In Abbildung 4.1 ist die Ganglinie der Schwebstoffkonzentrationen während des Hochwasserdurchgangs an den Messstellen Pirna und Torgau an der Elbe oberhalb der Saalemündung sowie unterhalb davon an den Stationen Barby, Tangermünde, Wittenberge und Hitzacker dargestellt. In der Spitze steigt die Konzentration in Pirna auf 330 mg/l, in Torgau auf 280 mg/l an. In Pirna fiel die Messstelle etwa zum Zeitpunkt des Schwebstoffmaximums aus. Für die Frachtenberechnung wurde anhand des Verlaufs an der Messstelle Torgau interpoliert.

In der Spitze stieg im August 2002 die Konzentration in Torgau auf bis zu 350 mg/l, in Wittenberg auf ca. 100 mg/l an. Die Abflüsse erreichten 2002 hier einen Spitzenwert im Tagesmittel von ca. 4300 m<sup>3</sup>/s bzw. 4000 m<sup>3</sup>/s, während sie im Jahr 2006 unter 3000 m<sup>3</sup>/s blieben.

### Elbe-Hochwasser Frühjahr 2006, Schwebstofftransport

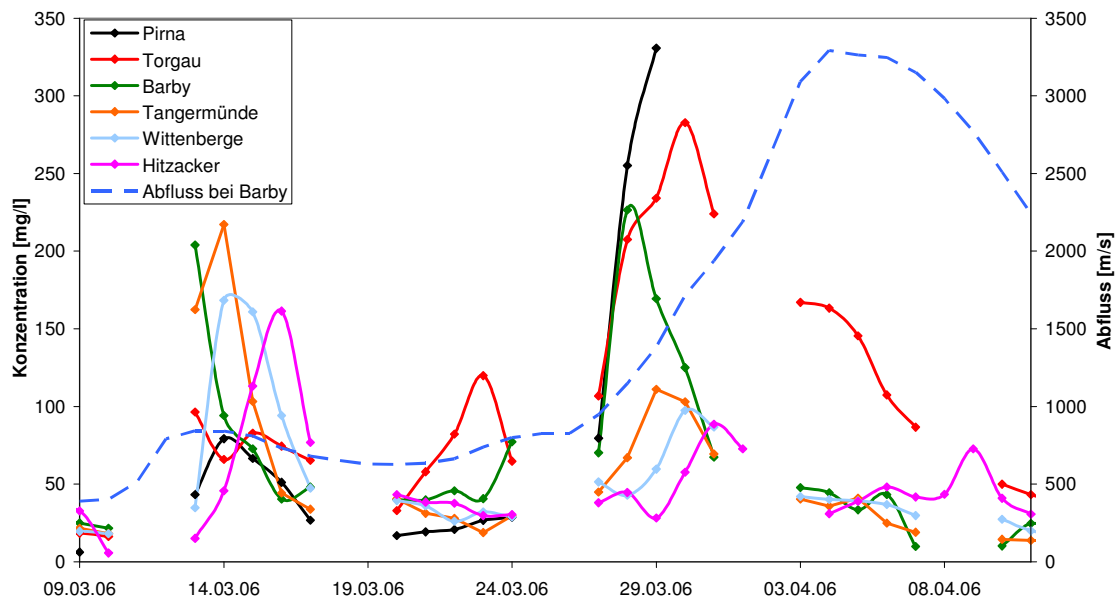


Abb. 4.1: Schwebstoffkonzentrations- und Abflussganglinie Pegel Barby

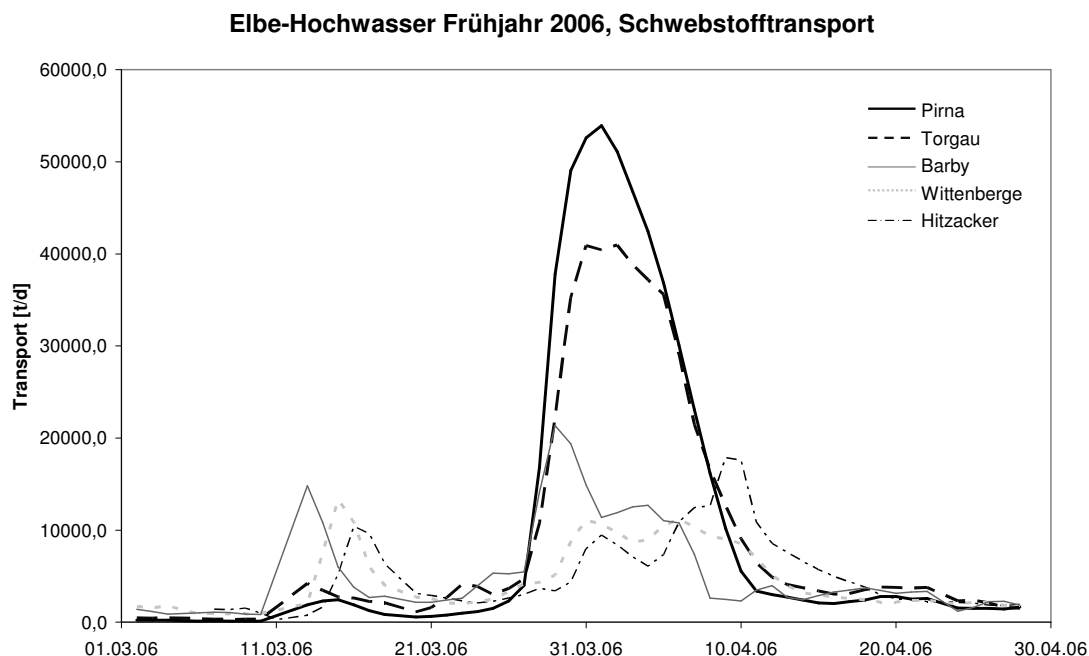
Es fällt auf, dass ebenso wie in 2002 die Schwebstoffkonzentrationen an den weiter flussabwärts liegenden Messstellen (Barby noch 225 mg/l im Maximum) deutlich niedriger lagen, und zwar im Bereich des langjährigen Mittels oder darunter.

Aus der Bewertung des Hochwassers in 2002 ergaben sich für den extremen Abfall der Konzentrationen zwischen Torgau und Wittenberg folgende Gründe:

- Unterhalb Torgaus, ungefähr im Mündungsbereich der Schwarzen Elster, ca. bei Elbe-km 195, verändert sich die Querschnittsgeometrie der Elbe und des Elbvorlandes sehr stark. Die Elbe erfährt eine Verbreiterung des Hauptquerschnitts um ca. 80 %, das Vorland verbreitert sich auf ca. 1,5 km. Diese plötzliche Querschnittsaufweitung erlaubt großflächige Überflutungen mit gleichzeitiger Reduktion der Fließgeschwindigkeit im Vorlandbereich. Daraus resultieren Ablagerungen von Schwebstoffen, so dass sich entsprechend sowohl die Schwebstoffkonzentration als auch die Frachten erheblich vermindern.
- Zwischen den Messstellen Wittenberg und Barby münden die Mulde und die Saale, die zur Erhöhung des Abflusses in der Elbe beigetragen, jedoch nur geringe Schwebstoffkonzentration aufgewiesen hatten. Die in der Mulde durchgeführten Messungen ergaben Konzentrationen zwischen 25 mg/l und 40 mg/l. Die Saale führte Schwebstoff in einer Konzentration von ca. 35 mg/l mit. Dies bedeutet, dass die Nebenflüsse die Schwebstoffkonzentration nicht wesentlich erhöht, sondern eher verdünnt haben.

Für die Betrachtung des Hochwasserereignisses im Frühjahr 2006 wird weder eine Verdünnungswirkung noch ein erheblicher Eintrag an Schwebstoffen aus den Zuflüssen angenommen. Der erhebliche Abfluss und der Schwebstoffgehalt sind dem tschechischen Einzugsgebiet zuzuordnen. Aus der Berechnung der Schwebstofffrachten für ausgewählte Messstellen wird ersichtlich, dass es sich nicht um eine Verdünnung durch Abflusserhöhung, sondern

um eine wirkliche Frachtabnahme im Bereich Torgau bis Barby handelt. Die Konzentrations-Spitze Ende März bei Barby, die noch vor der Schwebstoff-Spitze bei Pirna und Torgau auftritt, ist dem Einfluss der Saale zuzuordnen.



**Abb. 4.2: Schwebstofffrachtinganglinie an ausgewählten Elbemesstellen**

In Tabelle 4.3 sind die mittlere Schwebstoffkonzentration und die mittlere Schwebstoffmonatsfracht für August 2002 im Vergleich mit den jeweiligen Werten für den 1-Monats-Zeitraum 21.3.2006 bis 20.4.2006 zusammengestellt. Hervorzuheben sind die Messwerte in Pirna und Torgau, an denen sich jeweils Monatsfrachten von über 400 000 t ergaben. Bis Wittenberg bzw. Barby fällt die Monatsfracht bei beiden Hochwasserereignissen deutlich ab, konkret um ca. 270 000 t auf rd. 150 000 bzw. (in 2006) auf ca. 200 000 t .

**Tabelle 4.3: Schwebstoffkonzentrationen und Schwebstofffrachten. Vergleich August 2002 mit dem 1-Monats-Zeitraum 21.3.2006 bis 20.4.2006**

	Schwebstoffkonzentration [mg/l]		Monatsfracht [1000 t]	
	2006	2002	2006	2002
Pirna	101	--	510	--
Meißen	--	--	--	--
Torgau	102	78	455	415
Wittenberg	58	39	225	145
Barby	50	31	215	95
Magdeburg	--	21	--	85
Tangermünde	33,5	21	150	60
Wittenberge	35	33	180	110
Hitzacker	34	38	205	110

Im weiteren Verlauf des Hochwassers 2006 ist keine signifikante Veränderung der Schwebstofffracht nach unterstrom zu erkennen. Zwischen Barby und Hitzacker bleibt die Fracht im Bereich von 200 000 t und wird in die Untere Elbe durchtransportiert. Es gibt weder aus den beiden extremen Hochwasserereignissen 2002 und 2006 noch aus dem ebenfalls in den Abbildungen 4.1 und 4.2 enthaltenen kleinen Schwebstoff-Peak, der bei geringem bis mittlerem Abfluss Mitte März 2006 auftritt, Hinweise für Sedimentation im Bereich Tangermünde-Hitzacker.

Im letzteren Fall handelt es sich um ein Beispiel mit gut erkennbarem Fortpflanzen des Schwebstoff-Peaks nach unterstrom, wobei der Schwebstoff-Eintrag hier stärker der Saale bzw. Mulde als dem tschechischen Einzugsgebiet zuzuordnen ist. Aus dem Durchtransport der nahezu unveränderten Schwebstoff-Welle lässt sich eine mittlere Transportgeschwindigkeit von ca. 3 km/h ableiten, die auch annähernd im Fall des Hochwassers im April 2006 erreicht wurde, jedoch aus dem verformten gestreckten Schwebstoff-Wellenverlauf bzw. aus dem Flächenschwerpunkt unsicherer abgeschätzt werden kann.



## 5. Abflussmessungen

In den Bereichen der Pegelstellen Dresden, Torgau, Wittenberg, Vockerode, Aken, Barby und Magdeburg wurden während des Hochwasserereignisses im Rahmen einer groß angelegten Messkampagne unter Beteiligung verschiedener Dienststellen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, von RIZA- Rijkswaterstaat (NL) sowie des Landes Sachsen-Anhalt die Hochwasserabflüsse gemessen. Zum Einsatz kamen dabei zumeist ADCP-Messeinheiten, in kleinerem Umfang auch Messflügel. Der Verlauf des Hochwassers war durch einen lang gezogenen Scheitel gekennzeichnet. Die maximalen Wasserstände zeigten über mehrere Tage nur geringe Schwankungen. Die Abflussmessungen zumeist fielen genau in diesen Zeitraum und liefern dadurch wertvolle Stützpunkte im oberen Bereich der Abflusskurven. Zur Dokumentation der Messkampagne erschien zeitnah ein entsprechender Bericht (BFG 2006). Daneben erfolgten stromab von Magdeburg verschiedene Messungen (bei Tangermünde, Wittenberge) des zuständigen WSA Magdeburg, wobei allerdings der Hochwasserscheitel nicht getroffen wurde. Für den Pegel Neu Darchau erfolgten Messungen im Auftrag des WSA Lauenburg, die im scheidelnahen Wasserstandsbereich lagen.

Im Ergebnis zeigen die aktuellen Hochwassermessungen an den Pegeln Torgau, Wittenberge (hier allerdings nicht für den oberen Abschnitt der Abflusskurve durch Messungen belegt) und Neu Darchau annähernde Übereinstimmung zu der seit 1998 bzw. 2002 gültigen Abflusstafeln. Im Fall der Pegel Dresden, Wittenberg, Vockerode und Magdeburg dagegen wurde mehr Abfluss gemessen, als nach den W-Q-Beziehungen zu erwarten gewesen wäre. Das Beispiel in Abb. 5.1 zeigt dies für den Pegel Dresden: Die Abweichungen vergrößern sich mit steigendem Abfluss, bei 2000 m<sup>3</sup>/s sind sie gleich Null und vergrößern sich bei 3000 m<sup>3</sup>/s auf ca. 13 % (vgl. BFG 2006).

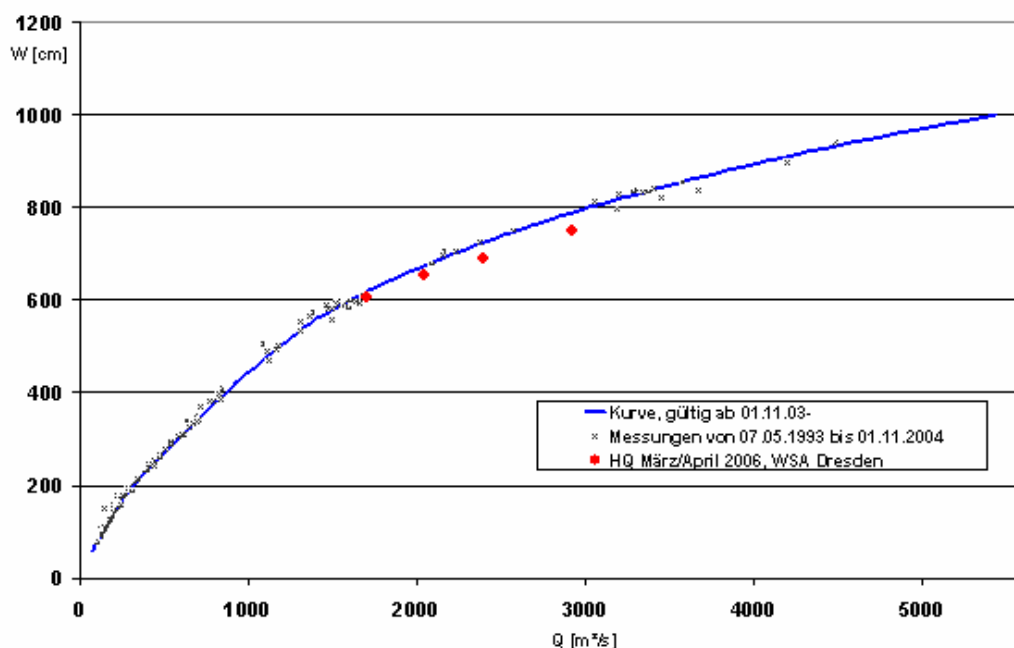


Abb. 5.1: Abflusskurve für den Pegel Dresden, gültig ab Nov. 2003, mit eingetragenen Durchflussmessungen zum Hochwasserscheitel im April 2006

Aufgrund der problematischen Oberflächengestalt des dort überfluteten Vorlandes waren die Messungen in Aken und Barby nicht ausreichend repräsentativ, weil nicht den vollständigen durchflossenen Querschnitt umfassend.

Die Messergebnisse lassen annehmen, dass die Mehrzahl der aufgrund der Erfahrungen des Extremhochwassers 2002 neu aufgestellten Abflusstafeln für das Ereignis 2006 nicht mehr verwendet werden kann; zumindest gilt das für den hochwasserrelevanten oberen Bereich der Abflusskurve. Ursache für die festgestellten, z.T. erheblichen Differenzen ist möglicherweise, dass das Ereignis des Jahres 2002 im Sommer stattfand – einer Jahreszeit also, in welcher die Vegetation in der Flussaue voll entwickelt war und große Rauheiten bewirkte. Nach dem kalten ersten Vierteljahr des Jahres 2006 war dagegen keine Belaubung und kein nennenswerter Grünaufwuchs an Flussufern und in den Auenbereichen gegeben. Zudem waren im Bereich bestimmter Pegel, z.B. Dresden, in den letzten Jahren größere Gehölzfreistellungen in die Wege geleitet worden, welche in Vergleich zum Zustand 2002 ebenfalls rauheitsverringend wirken.

Die Aufstellung neuer Abflusskurven bzw. –tafeln obliegt den Pegelbetreibern (hier: WSÄ Dresden und Magdeburg) und ist mit erheblichem Aufwand verbunden. Zum derzeitigen Zeitpunkt (Juli 2006) ist diese Arbeit noch nicht überall endgültig abgeschlossen. Im vorliegenden Bericht wurde daher hinsichtlich der Dokumentation des Hochwasserereignisses in erster Linie auf die unmittelbar an den Pegeln gemessenen Wasserstände (W) abgestellt. Zur statistischen Einordnung des Hochwassergeschehens ist allerdings die Berücksichtigung der eingetretenen Durchflüsse (Q) unabdingbar. Da der Ansatz der bisher gültigen "alten" Abflusstafeln jedoch eine z.T. erhebliche Unterbewertung der eingetretenen Durchflüsse mit sich brächte, wurden, wo immer sinnvoll, die bei der Messkampagne ermittelte Q verwendet. In jedem Fall haben alle Angaben zum Durchfluss an Elbepegeln beim Frühjahrshochwasser 2006 als Rohdaten zu gelten und sind als solche von eingeschränkter Zuverlässigkeit. Sie ermöglichen jedoch eine erste, realistische Einschätzung des Geschehens.

## 6. Statistische Charakterisierung des Hochwassers

### 6.1 Vergleichende Einordnung des Ereignisses 2006 in den Hochwasser-Kontext der vergangenen 100 Jahre

Tabelle 6.1 zeigt eine Zusammenstellung der Hauptwerte des Wasserstands der Dekade 1993-2002 im Vergleich zu den im Frühjahr 2006 eingetretenen Wasserständen. Deutlich wird, dass allenthalben MHW markant überschritten wurde; unterhalb von Wittenberge geschah dies sogar bezüglich des bislang dort aus dem Ereignis 2002 bestehenden Höchststandes HW: Der HW2006 liegt am Pegel Neu Darchau um 17 cm darüber.

**Tab. 6.1: Hauptwerte des Wasserstands ausgewählter Elbepegel, Bezugszeitraum 1993-2002**

<b>Pegel</b>	<b>PNP</b> [m ü. NN]	<b>MW</b> [cm ü. PNP]	<b>MHW</b> [cm ü. PNP]	<b>HW</b> [cm ü. PNP]	<b>HSW</b> [cm ü. PNP]	<b>HW 2006</b> [cm ü. PNP]
Schöna	116,21	222	636	1204		881
Dresden	102,73	200	566	940	500	749
Torgau	75,18	223	612	949	620	805
Wittenberg	62,48	262	535	706	550	620
Aken	50,24	222	537	766		686
Barby	46,15	229	532	701	570	653
Magdeburg Strombr.	39,92	202	470	680	550	626
Tangermünde	27,59	301	571	768	620	718
Wittenberge	16,72	283	546	734	610	723
Neu Darchau	5,68	287	560	732	580	749

Abbildung 6.1 belegt die Bedeutung des Hochwasserereignisses für die Schifffahrt an der Elbe. Die Marke HSW, d.h. der auf bestimmte Pegel bezogene höchste schiffbare Wasserstand, wurde entlang der deutschen Elbstrecke für eine Zeitdauer zwischen 8 und 16 Tagen erreicht oder überschritten. Die Schifffahrt ruhte an diesen Tagen vollständig.

Gegenüber der Auswertung von Wasserständen sind Abflusswerte für die Zwecke der Einordnung und des Vergleiches eines Hochwasserereignisses in einen zeitlichen und/oder räumlichen Kontext aussagekräftiger, weil sie nicht durch etwaige morphologische Instabilität von Fließquerschnitten beeinflusst sind. Hier gilt jedoch wegen des aktuellen Bearbeitungsstandes das bereits in Kap. 5 Festgestellte: An vielen Pegel muss die jeweils gültige Abflusstafel noch aktualisiert werden, bei Anwendung der bisherigen W-Q-Beziehung auf die im Frühjahr 2006 gemessenen Wasserstände würden die eingetretenen Durchflüsse unterschätzt. Nach dem derzeitigen Stand der Arbeiten wird mit einiger Sicherheit die Abflusstafel des Pegels Neu

Darchau unverändert bleiben und liefert somit gut abgesicherte Q-Werte. Für einen Teil der anderen Pegel liegen teils Messergebnisse von den eingetretenen HQ-Scheiteln, teils Angaben aus noch nicht offiziell eingeführten Abflusstafeln vor und werden mit dem Status „vorläufige Daten“ unter Vorbehalt in der Analyse verwendet (mit \* gekennzeichnet). An anderen Pegeln, z.B. Barby oder Tangermünde, gibt es Grund zu der Annahme, dass die Abflusskurven anzupassen sind, aber es liegen keine Messungen der Spitzenabflüsse vor: Auf diese Stationen wird im folgenden nicht näher eingegangen.

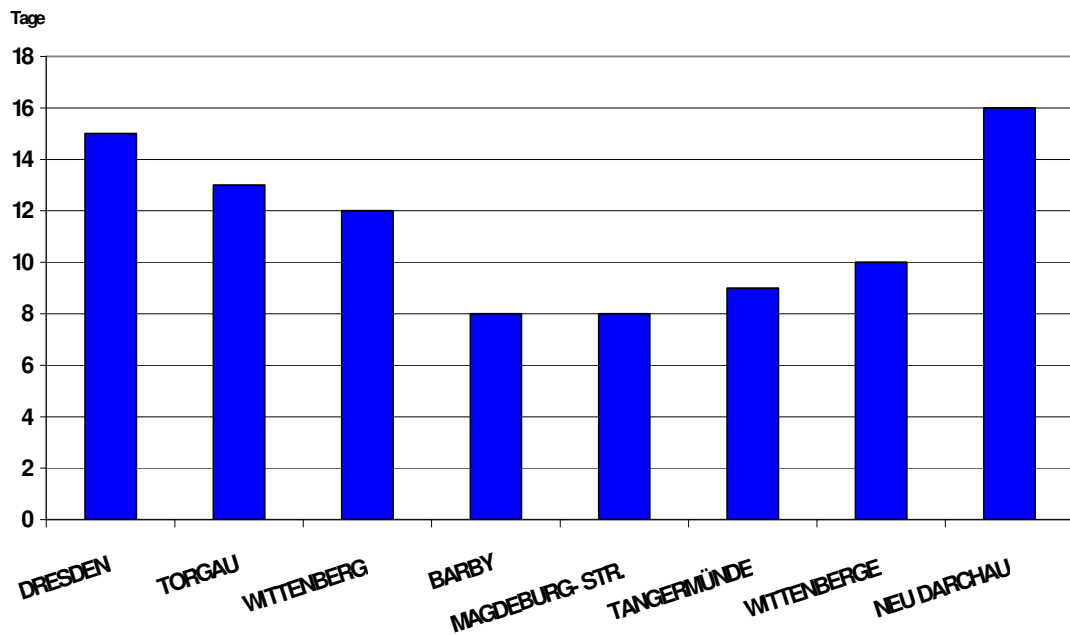


Abb. 6.1: Dauer des Erreichens bzw. der Überschreitung des höchsten schiffbaren Wasserstands (HSW) an Elbepegeln im Verlauf des Frühjahrshochwassers 2006

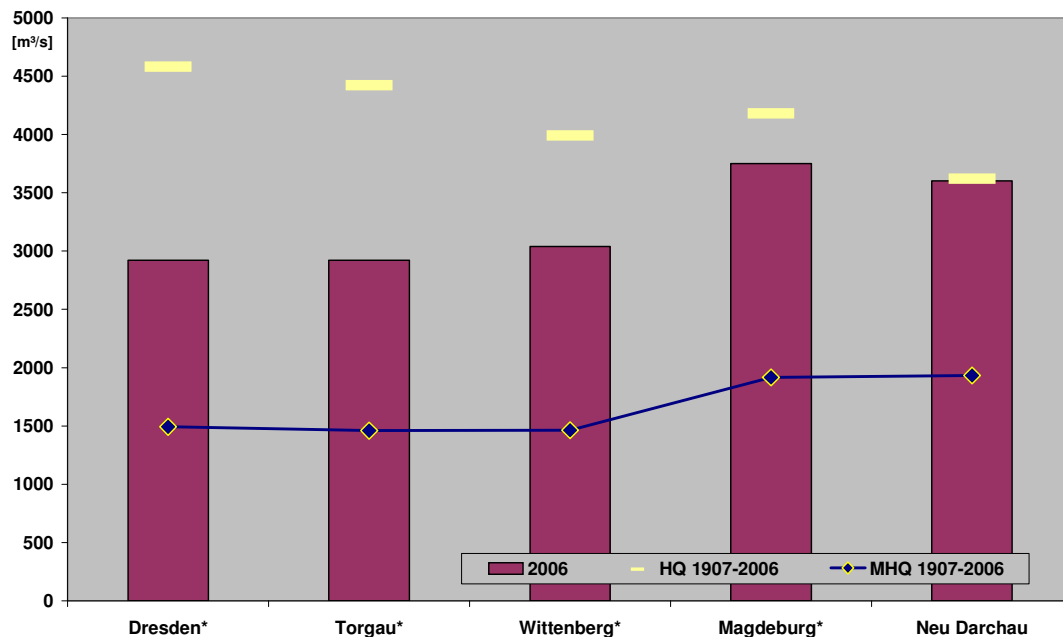
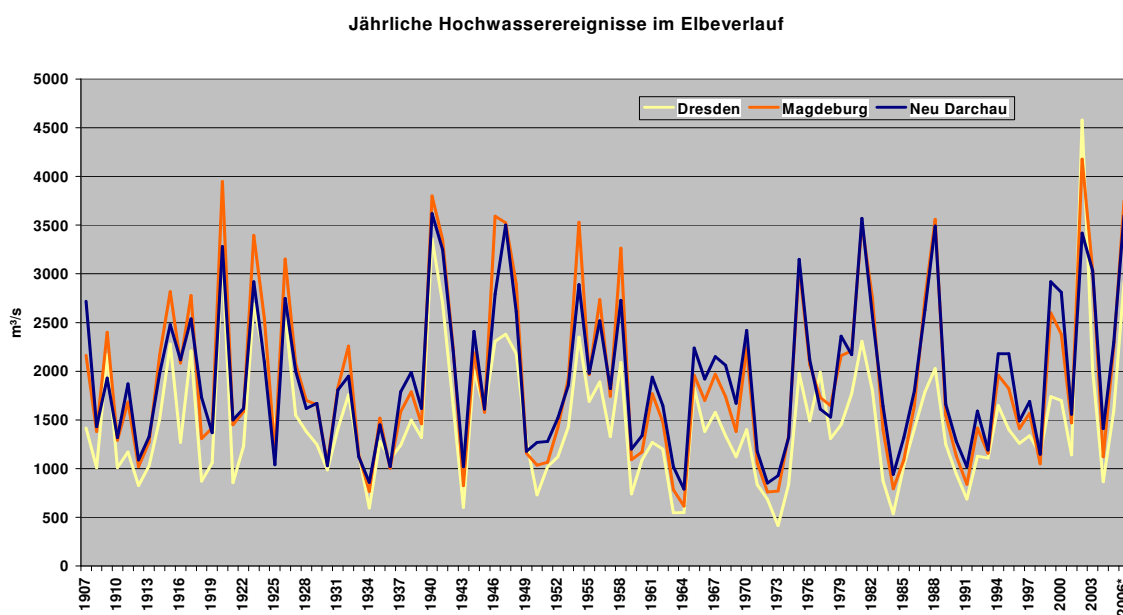


Abb. 6.2: Hochwasser-Scheitelabflüsse an der Elbe im April 2006  
(\*: Kennzeichnung vorläufiger/unplausibilisierter Rohdaten)

Abbildung 6.2 zeigt auf den ersten Blick, dass analog zu den o.g. Feststellungen für MHW auch der mittlere Hochwasserabfluss MHQ überall weit übertroffen wurde. Deutlich wird weiterhin, dass mit zunehmender Lauflänge der Elbe auch die Scheitelabflüsse zunahmen. Aufgrund des Aufeinandertreffens des Saalescheitels mit dem Elbescheitel am 4.4.06 war hier der größte Abfluss mit  $\approx 3750 \text{ m}^3/\text{s}$  zu konstatieren. Im weiteren Stromverlauf verflachte die Hochwasserwelle zwar allmählich, jedoch längst nicht in einem Umfang wie aus anderen Jahren gewohnt. In 2006 ist dieses Phänomen bedingt durch ausbleibende Deichbrüche, fehlende Polder-Retention und zusätzliche HQ-Aufhöhung durch die Havel. Der Scheitel bei Neu Darchau lag somit zwar niedriger als in Magdeburg, erreichte dabei aber fast das Niveau des Rekordhochwassers von 1940.

Abbildung 6.3 erlaubt anhand der drei die deutschen Stromabschnitte gut repräsentierenden Pegel Dresden, Magdeburg und Neu Darchau eine historische Einordnung des Geschehens unter Bezugnahme auf die letzten 100 Jahre (Periode 1907-2006). Wenngleich an einzelnen Stationen gewisse Unterschiede vorkommen, wird deutlich, dass entlang der gesamten deutsche Elbestrecke die Jahre 1920, 1940, 1947, 2002 und 2006 die bedeutendsten Hochwasserereignisse, bezogen auf die jeweiligen Scheitelabflüsse (HQ), darstellen.



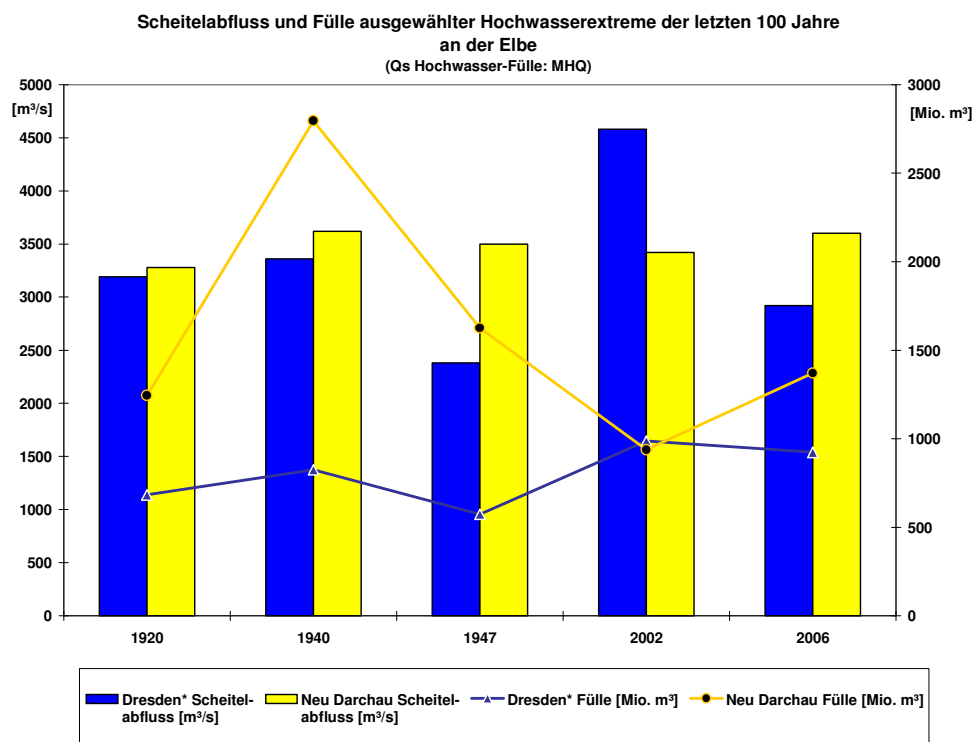
**Abb. 6.3:     Jährliche Hochwasserereignisse im Elbeverlauf, 100-Jahres-Periode 1907-2006**

Evident wird zudem die überragende Stellung des Hochwassers von 2002 entlang der deutschen Elbe: Nur am Pegel Neu Darchau, wo in jenem Jahre aufgrund von Deichbrüchen und Havelpolder-Flutung eine erhebliche Scheitel-Abflachung eintrat, wiesen andere Ereignisse höhere Abflüsse auf.

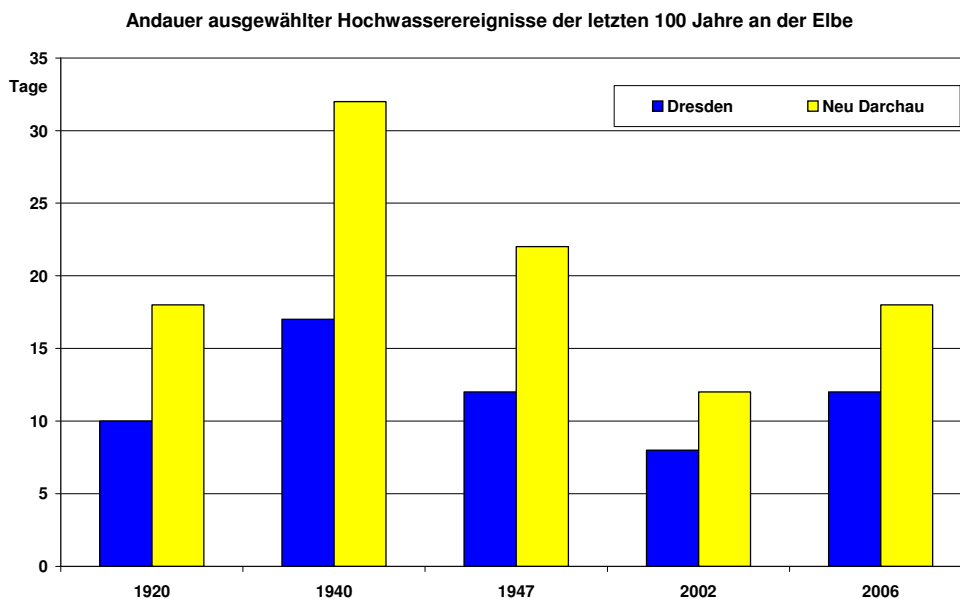
**Tab. 6.2: Die Abflussspitzen der 10 größten Hochwasserextreme der letzten 100 Jahre (1907-2006) an repräsentativen Elbepegeln**

DRESDEN		MAGDEBURG		NEU DARCHAU	
Hydrol. Jahr	HQ-Scheitel [m <sup>3</sup> /s]	Hydrol. Jahr	HQ-Scheitel [m <sup>3</sup> /s]	Hydrol. Jahr	HQ-Scheitel [m <sup>3</sup> /s]
2002	4580	2002	4180	1940	3620
1940	3360	1920	3950	2006	3600
1920	3190	1940	3800	1981	3570
2006*	2920*	2006*	3750	1947	3500
1941	2700	1946	3592	1988	3490
1923	2690	1988	3560	2002	3420
1926	2590	1954	3532	1920	3280
1947	2380	1947	3526	1941	3250
1954	2350	1981	3510	1975	3150
1946	2310	1923	3395	2003	3030

Wie in Ergänzung hierzu Tabelle 6.2 veranschaulicht, gehört das Frühjahrshochwasser 2006 an allen drei Pegeln ebenfalls in die Riege der 10 größten Hochwasser der letzten 100 Jahre. In Neu Darchau verfehlte der Höchststand von 3600 m<sup>3</sup>/s dabei den Spitzenrang nur sehr knapp.



**Abb. 6.4: Scheitelabfluss und Fülle der 5 größten Hochwasserereignisse an der Elbe, Stationen Dresden und Neu Darchau, 100-Jahres-Zeitraum 1907-2006, Schwellenwert: MHQ**



**Abb. 6.5: Dauer der 5 größten Hochwasserereignisse an der Elbe, 100-Jahres-Zeitraum 1907-2006, Schwellenwert: MHQ**

Die Auswertungen in Abbildung 6.4 und 6.5 zeigen für die o.g. fünf elbweit größten Hochwasserextreme neben den jeweiligen HQ auch die zugehörigen zeit- und volumenbezogenen Kennwerte Hochwasser-Dauer und Hochwasser-Fülle an den Stationen Dresden (Obere Elbe) und Neu Darchau (Untere Mittelelbe). Man erkennt, dass das Ereignis 2006 hinsichtlich seiner Dauer das Hochwasser 2002 zwar übertrifft, dabei aber trotz des vielfach beschriebenen breiten Hochwasserwellen-Rückens unter diesen 5 größten Extremen tatsächlich nur eine Mittelstellung einnimmt. An der unteren Mittelelbe fiel auch das Volumen, d.h. die Hochwasser-Fülle, in 2006 bedeutender aus als im Jahr 2002, nicht jedoch an der Oberen Elbe (Dresden).

## 6.2 Eintrittswahrscheinlichkeit und Trendentwicklung

Die Analyse der Eintrittswahrscheinlichkeit des Frühjahrshochwassers 2006 erfolgte vor dem Hintergrund des gleichen Zeitraums (ab 1907) wie bei den vorstehenden Ausführungen, allerdings ohne das Ereignis selbst mit einzubeziehen: Die Bezugsperiode geht also von 1907-2005. Tabelle 6.3 zeigt die hierfür anhand der jeweils bestangepassten Verteilungsfunktionen ermittelten Abflüsse bestimmter Wiederkehrintervalle.

**Tab. 6.3: Das Frühjahrshochwasser 2006 im Vergleich zu Hochwasser-Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Abflüsse entlang der Elbe, Bezugsperiode 1907-2005**

<b>Tn</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	HQ 2006
<b>Dresden</b>	1350	1920	2310	2710	2830	3220	<b>2870*</b>
<b>Torgau</b>	1320	1870	2260	2670	2810	3260	<b>2880*</b>
<b>Witten- berg</b>	1280	1920	2390	2870	3030	3530	<b>2940*</b>
<b>Aken</b>	1550	2360	2870	3320	3460	3870	<b>3210*</b>
<b>Barby</b>	1870	2780	3340	3840	3990	4440	
<b>Magde- burg</b>	1730	2560	3080	3560	3700	4140	<b>3750*</b>
<b>Tanger- münde</b>	1650	2510	3110	3680	3860	4410	
<b>Witten- berge</b>	1850	2560	2960	3320	3420	3730	
<b>Neu Dar- chau</b>	1800	2500	2910	3280	3380	3700	<b>3600</b>

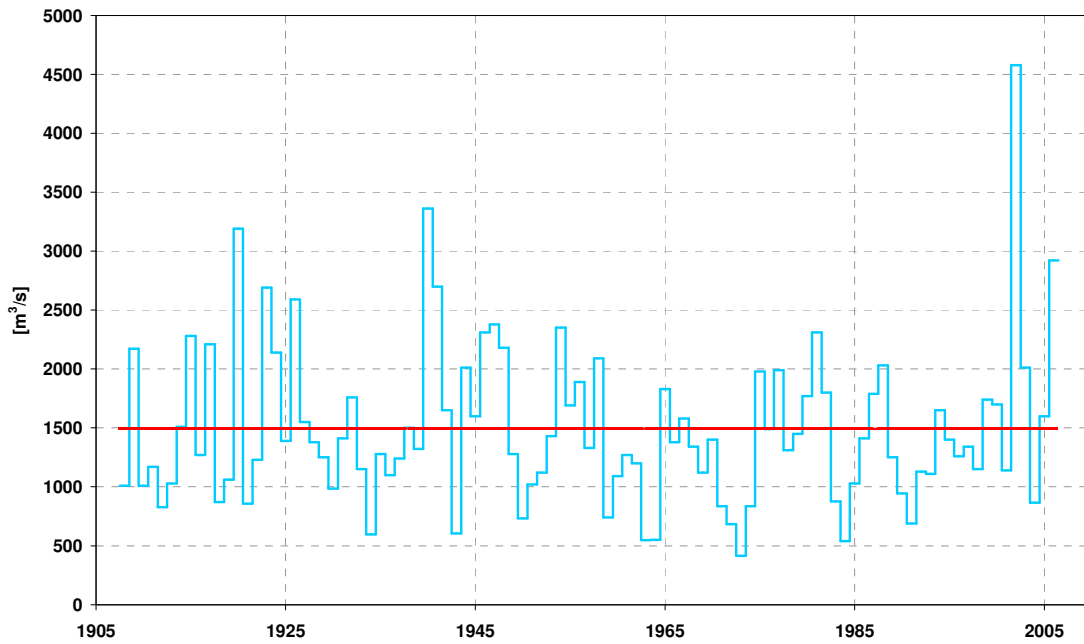
Demnach ist das Frühjahrshochwasser 2006 bezüglich seines Spitzenabflusses als ein Extremereignis einzuschätzen, dem an der Oberen Elbe ein Wiederkehrintervall (Tn) zwischen 25-50 Jahren zuzuordnen ist. Diese Eintrittswahrscheinlichkeit erhöht sich stromab von Torgau bis zum Pegel Aken allmählich auf Tn = 10-20 Jahre. Nach Zufluss der Saale verringert sie sich wiederum auf ein Wiederkehrintervall zwischen 25-50 Jahren.

Angeichts der engen zeitlichen Aufeinanderfolge zweier extremer Elbhochwasser in den Jahren 2002 und 2006 stellt sich die Frage nach einer eventuell daraus erkennbaren Regelmäßigkeit.

Für die Bestimmung einer über die Jahre hinweg erkennbaren gerichteten zeitlichen Entwicklung wurden daher Trendberechnungen angestellt. Bei Zugrundelegung der Datenserien der jährlich aufgetretenen HQ der Periode 1907-2006 der Pegel Dresden im Oberlauf und Neu Darchau (im unteren Mittellauf der Elbe) ist im Ergebnis ein echter Trend nicht belegbar. Zwar ist zumindest im Falle von Neu Darchau eine ansteigende Tendenz zu erkennen; der durchgeführte Mann-Kendall-Test ergibt auf einem Signifikanzniveau von 95% allerdings keinerlei Trendabsicherung. Die Dresdener HQ-Reihe bleibt vollends ungerichtet (vgl. Abb. 6.6).



**JÄHRLICHE HQ AM PEGEL DRESDEN / ELBE**  
Insignifikanter Trend (M-K 95%), 100-Jahres-Periode 1907-2006



**JÄHRLICHE HQ AM PEGEL NEU DARCHAU / ELBE**  
Insignifikanter Trend (M-K 95%) 100-Jahres-Periode 1907-2006

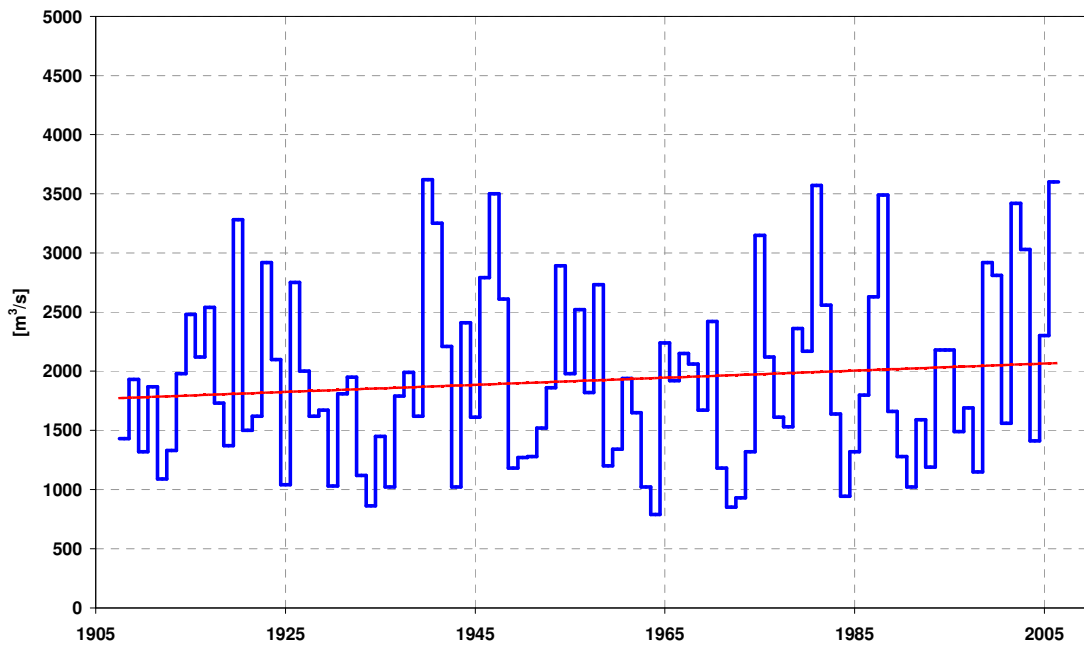


Abb. 6.6: HQ-Trendanalyse für die Pegel Dresden und Neu Darchau, Periode 1907-2006

## 7. Zusammenfassung

Das Frühjahrshochwasser 2006 entstand aufgrund des großflächigen Abschmelzens einer bedeutenden Schneebedeckung des Einzugsgebietes in Verbindung mit gleichzeitigen ergiebigen Niederschlägen.

An der Oberen Elbe wurde das Hochwasser durch die Steuerung der tschechischen Talsperren günstig beeinflusst, durch gleichzeitiges Eintreffen von Elbe- und Saalescheitel erfuhr die Hochwasserwelle ab der Saalemündung zusätzliche Dynamik. In seiner Entwicklung unterscheidet sich das Hochwasser 2006 vom wenige Jahre zuvor eingetretenen Ereignis 2002 durch die fehlenden Deichbrüche zwischen Riesa/Meißen und Magdeburg, durch das andersartige Abflussgeschehen in den Nebenflüssen Mulde und Saale und durch die unterschiedliche Steuerung der Havelwehre.

Eine der wesentlichen Folgen des Hochwassers betraf die Schifffahrt, die im Bereich der deutschen Elbe je nach Stromabschnitt an bis zu 16 Tagen aufgrund des Erreichens/Überschreitens des HSW eingestellt war.

Das Frühjahrshochwasser 2006 erreichte bezüglich der Schwebstoffführung annähernd die Größenordnung des Augushochwassers 2002. Hervorzuheben sind die Messwerte in Pirna und Torgau, an denen sich jeweils Monatsfrachten von über 400 000 t während der jeweils rund 1-monatigen Hochwasserphase ergaben. Der erhebliche Teil des Schwebstoffgehaltes stammt aus dem Tschechischen Einzugsgebiet. Aus der Berechnung der Schwebstofffrachten für ausgewählte Messstellen wird eine deutliche Frachtabnahme im Bereich Torgau bis Barby erkennbar; im weiteren Verlauf ist keine signifikante Veränderung der Schwebstofffracht nach unterstrom zu erkennen. Zwischen Barby und Hitzacker bleibt die 1-Monats-Fracht im Bereich von 200 000 t und wird in die Untere Elbe durchtransportiert. Aus den beiden extremen Hochwasserereignissen 2002 und 2006 ergeben sich keine Hinweise auf eine Anlandungstendenz im Bereich Tangermünde-Hitzacker.

Die Untersuchungen zur Einordnung des Ereignisses in einen größeren zeitlichen Zusammenhang zeigen, dass das Frühjahrshochwasser 2006 bezüglich der Scheitelabflüsse zu den größten Hochwasserereignissen der letzten 100 Jahre gehört; im Bereich der unteren Mittel- elbe (Pegel Neu Darchau) nimmt es mit 3600 m<sup>3</sup>/s sogar den zweithöchsten Rang ein. In der Oberen Elbe liegt seine Eintrittswahrscheinlichkeit im Wiederkehrintervall (T<sub>n</sub>) zwischen 20 und 25 Jahren und erhöht sich bis zum Pegel Aken auf T<sub>n</sub> = 10-20 Jahre. Von der Saalemündung an verringert sich stromab wieder auf T<sub>n</sub> 25 bis 50 Jahre. Trotz der engen Abfolge zweier bedeutender Hochwasser in den letzten 5 Jahren (2002 und 2006) ergab die Trenduntersuchung auf Basis einer 100jährigen Zeitreihe keine Hinweise auf eine gerichtete Entwicklung.

# Literaturverzeichnis

BfG (1994): Kornzusammensetzung der Elbesohle von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht, BfG-Bericht, BfG-0834 (Bearbeiter: Haunschild, Schlicht, Schmegg, Schmidt)

BfG (2000): Quantifizierung sohlhöhenrelevanter Feststofftransportprozesse in der Elbe, BfG-Bericht, BfG-1307 (Bearbeiter: Sauer)

BfG (2002): Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet, BfG Koblenz, September 2002 (Bearbeiter: Engel, Krahe, Nicodemus, Heining, Pelzer, Disse, Wilke)

BfG (2003): Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe, BfG-Bericht, BfG-1382 (Bearbeiter: Naumann, Schriever, Möhling, Hansen)

BfG (2004): Feststofftransport und Flußbettentwicklung der Elbe, BfG-Bericht, BfG-1431 (Bearbeiter: Vollmer, Schriever)

BfG (2006): Abflussmessungen beim Elbehochwasser 2006. Bearbeitung: Adler, M., Nicodemus, U. und Gebhardt, M. Koblenz

IKSE (2005): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Magdeburg.

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) (2006): Meteorologische und hydrologische Analyse des Frühjahrshochwassers 2006 in den sächsischen Fließgewässern. Dresden.