

Gemeinsames Gutachten der Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt zur Flutung der Havelniederung bei Hochwasserereignissen (größer HQ₁₀₀)

Zusammenfassung

Auftraggeber: Landesumweltamt Brandenburg
Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft
des Landes Sachsen-Anhalt
Otto-von-Guericke-Str. 5
39104 Magdeburg

Auftragnehmer: WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung (Los 1, 2, 3, 5)
und Systemforschung mbH
Waltersdorfer Str. 105
12526 Berlin

in Arbeitsgemeinschaft mit

Institut für angewandte Gewässerökologie GmbH (Los 4)
Schlunkendorfer Str. 2e
14554 Seddiner See

Institut für Wasserwirtschaft, Siedlungswasserbau und Ökologie GmbH
Freiherr- vom-Stein-Allee 5 (Los 6)
99425 Weimar

Berlin, Seddin, Weimar, Dezember 2007

Inhalt

0	Analyse des Hochwasserverlaufs 2002 (Los 1).....	5
1	Analyse der Scheitelkappung durch Flutung der Havelniederung (Los 2)	7
2	Optimierung der Flutung (Los 3).....	9
3	Ökologische Aspekte der Flutung (Los 4).....	13
4	Prüfung und Überarbeitung der Richtlinie zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel	16
5	Computerprogramm zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel	18
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur Flutung der Havelniederung.....	18
6.1	Flutung der Havelniederung zur Kappung des Hochwasserscheitels in der Elbe	21
6.2	Optimierung der Flutung aus der Sicht des Hochwasserschutzes.....	22
6.3	Standsicherheit der Deiche	23
6.4	Flutungsbauwerke, Deichschlitzungen	24
6.5	Flutung der Havelniederung aus der Sicht der Gewässergüte	24
6.6	Flutung der Havelniederung aus der Sicht der Landwirtschaft	25
6.7	Integrale Betrachtung zur Flutung der Havelniederung	25
6.8	Hochwasserangepasste Grünlandvegetation / ökologische Flutungen	26
7	Literatur.....	28

Abbildungen

Abbildung 1:	Übersicht zur Lage der einzelnen Havelpolder aus LUA (2002).....	3
Abbildung 2:	Vergleich der Scheitelabflüsse in der Elbe für ausgewählte Hochwasserereignisse...	5
Abbildung 3:	Vergleich der Abflussfüllen in der Elbe für ausgewählte Hochwasserereignisse.....	6
Abbildung 4:	Poldergrenzen.....	9
Abbildung 5:	Modellsystem.....	10
Abbildung 6:	Vergleich gemessener und berechneter Wasserstands-ganglinien	11
Abbildung 7:	Historische Varianten.....	12
Abbildung 8:	Säulenversuche zur Polderflutung am IaG, Feldversuche	14
Abbildung 9:	Auswirkungen verschiedener Hochwasserzeitpunkte auf Dauergrünland.....	15
Abbildung 10:	Poldervolumenkurven	17
Abbildung 11:	Korrektur des Pegelwertes für Tangermünde bei Übertragung nach Wittenberge	19
Abbildung 12:	Ganglinie am 20. August 2002.....	20

Tabellen

Tabelle 1:	Ergebnisse der Szenarien	12
Tabelle 2:	Gesamtphosphoraustrag Hochsommer	14

0 Veranlassung und Zielstellung

Veranlassung Veranlassung für das Gutachten ist das Katastrophenhochwasser im August 2002, das in Tschechien und Sachsen als größtes jemals registriertes Hochwasserereignis an der Elbe gilt. In Sachsen-Anhalt, Brandenburg und für die weiteren Unterlieger wurde das Ausmaß des Hochwassers durch die Öffnung des Pretziener Wehrs, die Nutzung der Havelniederung als Retentionsraum sowie mehrere Deichbrüche gemindert.

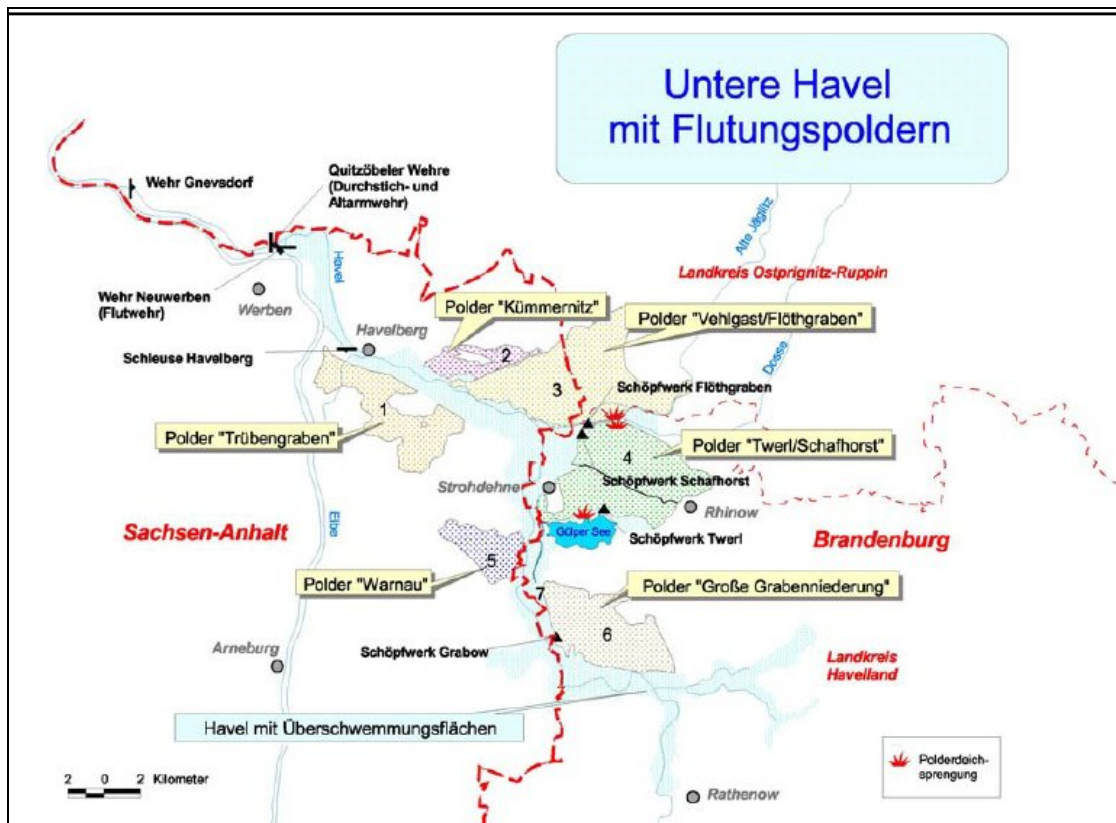


Abbildung 1: Übersicht zur Lage der einzelnen Havelpolder aus LUA (2002)

Kappung eines Extremhochwassers

Die Flutung der Havelniederung während des Hochwassers 2002 hat deren Potential hinsichtlich einer Kappung eines Extremhochwassers für den Unterlauf der Elbe deutlich gemacht. Andererseits zeigten sich ökologische und ökonomische Probleme für die gefluteten Polder.

Detaillierte Analyse

Die Arbeitsgemeinschaft der Unternehmen WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH und IaG Institut für Angewandte Gewässerökologie GmbH wurde beauftragt, ausgehend von einer detaillierten Analyse des Elbehochwassers 2002 und dessen Managements im Bereich der Havelniederung, die Optimierung einer Polderflutung unter besonderer Beachtung der damit verbundenen ökologischen und ökonomischen Aspekte zu untersuchen. Auf dieser Grundlage sollte die „Richtlinie für die Berechnung der Entlastung des Elbehochwasserscheitels in der Havel zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel“ überarbeitet werden. In Rahmen des Loses 6 wurde das Computerprogramm zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel durch das Institut für Wasserwirtschaft, Siedlungswasserbau und Ökologie GmbH, Weimar überarbeitet.

Optimierung einer Polderflutung

Im Folgenden werden wesentliche Inhalte und Ergebnisse der Lose 1 bis 6 zusammenfassend dargestellt. Anschließend werden Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur Flutung der Havelniederung aus der Bearbeitung des gesamten Gutachtens gegeben.

1 Analyse des Hochwasserverlaufs 2002 (Los 1)

Datengrundlagen

Für das Gutachten wurden alle Datengrundlagen zum Elbehochwasser 2002 zwischen den Pegeln Dresden und Neu-Darchau sowie an wesentlichen Nebenflüssen erfasst. Weiterhin wurden die relevanten Berichte und Dokumentationen zum Hochwasser 2002 sowie Daten historischer Elbehochwässer und zur Elbemorphologie recherchiert.

Darauf aufbauend erfolgte eine ausführliche Analyse des Hochwasserverlaufs in der Elbe. Eine diesbezügliche Darstellung würde den Rahmen dieser Zusammenfassung sprengen. Herausgestellt werden soll hier nur die Rolle der Deichbrüche für den Ablauf des Hochwassers 2002.

Auswirkung Deichbrüche

Das der Hochwasserwelle durch unkontrollierte Deichbrüche und Deichüberströmungen vorübergehend entzogene Abflussvolumen wird für den deutschen Elbeabschnitt in einer eher konservativen Schätzung (IKSE, 2004) mit mindestens 300 Mio. m³ angegeben. BfG (2002) und LHW (2003) gehen sogar von einer Gesamtretention von mehr als 400 Mio. m³ aus. Unstrittig ist, dass der Hauptteil der Retention auf dem Elbeabschnitt zwischen Dresden und Vockerode wirksam wurde. Die Retention war eine wesentliche Ursache für die Abflachung der Hochwasserwelle und die damit verbundene Scheitelreduzierung um 650 m³/s zwischen Dresden und Vockerode.

Vergleich extremer Ereignisse

Es wurden unterschiedliche extreme Hochwasserereignisse an der Elbe verglichen, siehe Abbildung 2 und Abbildung 3. Deutlich wird, dass es sich beim Hochwasser 2002 bzgl. der Hochwasserscheitelabflüsse um ein außergewöhnliches Ereignis gehandelt hat, nicht aber bei den Hochwasserabflussfüllen.

Morphologische Veränderungen

Weiterhin wurde untersucht, ob und in welchem Maße morphologische Veränderungen des Gewässerbettes (speziell Tiefenerosion) den Hochwasserablauf beeinflusst haben. Dies erfolgte bezogen auf den Gewässerlängsschnitt anhand von Scheitellaufzeiten und querschnittsbezogen am Pegel Wittenberg durch Vergleich der W-Q-Beziehungen.

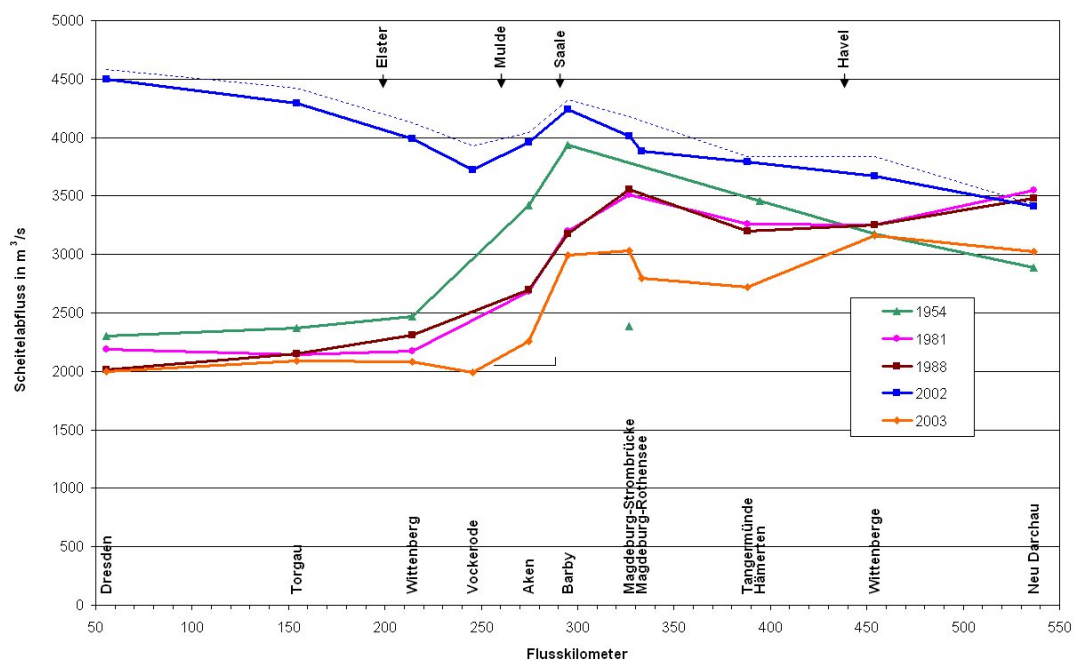


Abbildung 2: Vergleich der Scheitelabflüsse in der Elbe für ausgewählte Hochwasserereignisse

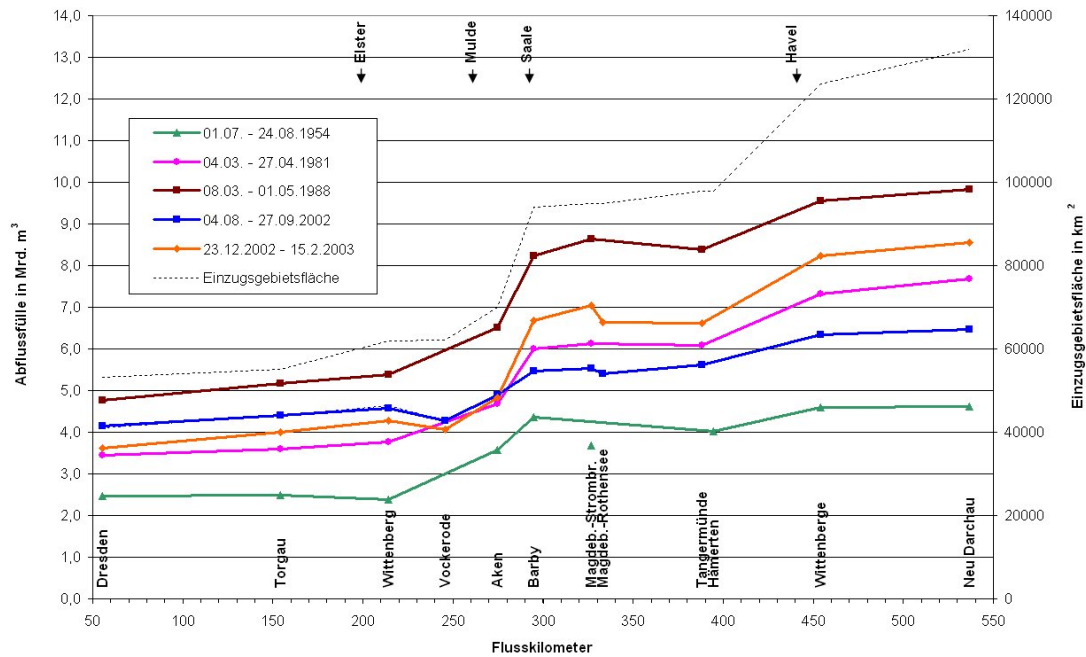


Abbildung 3: Vergleich der Abflussfüllen in der Elbe für ausgewählte Hochwasserereignisse

Unter dem Vorbehalt der eingeschränkt verfügbaren Datengrundlagen wurden folgende Aussagen getroffen:

- Auf Grundlage der ausgewerteten hydrologischen Daten kann ein Einfluss der Tiefenerosion auf den Wellenablauf bei Hochwasser nicht festgestellt werden. Sofern die Tiefenerosion einen Einfluss auf den Wellenablauf haben sollte, tritt dieser Einfluss deutlich hinter den anderer Einflussfaktoren zurück
- Rückschlüsse auf den Wellenablauf können anhand der Betrachtung am Pegel Wittenberge nicht gezogen werden.

W-Q-
Beziehungen

Speziell die Analyse der Abflussfüllen hat deutlich gemacht, dass es Ungeheimheiten bzgl. der W-Q-Beziehungen sowohl im Längsschnitt als auch an einzelnen Abflusspegeln gibt. Vertiefende Analysen hierzu wurden und werden unter Federführung der Bundesanstalt für Gewässerkunde durchgeführt.

Auch für die Havel wurde eine Analyse des Hochwassers 2002, speziell natürlich der Flutung der Havelpolder durchgeführt. Hierauf wird nachfolgend detaillierter in den Losen 2 und 3 eingegangen.

Nachgewiesen wurde, dass durch die Abflussreduzierung in Berlin und den verstärkten Rückhalt von Haveleigenwasser in Stauhaltungen eine Drosselung des Zuflusses von Haveleigenwasser in den flutungsrelevanten Speicherraum unterhalb von Rathenow und weiter in die Elbe erreicht wurde.

Statistische
Einordnung
Hochwasser
2002 Elbe und
Havel

Abschließend erfolgte ein statistischer Vergleich des Hochwasserverlaufs in Elbe und Havel. Zusammenfassend wurde festgestellt: Elbe und Havel waren vom Hochwasser 2002 in sehr unterschiedlichem Maße betroffen. Während in der Elbe an der Havelmündung ein etwa 100-jähriger Hochwasserscheitel eintrat, kam es in der Unteren Havel zum Ablauf eines maximal 2-jährigen Ereignisses. Die in Quitzöbel und Havelberg beobachteten extremen Havelwasserstände mit statistischen Wiederkehrintervallen von mehr als 100 Jahren waren Folge der Flutung der Havelniederung und nicht des Eigenhochwassers aus dem Haveleinzugsgebiet. Durch die Flutung der Havelniederung wurde das Wiederkehrintervall des Elbescheitels von 100 auf etwa 70 Jahre reduziert.

2 Analyse der Scheitelkappung durch Flutung der Havelniederung (Los 2)

**Hochwasserereignis
August 2002**

Im Zuge der wasserbaulichen Veränderungen an der Havelmündung Anfang bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurden die Quitzöbeler Wehre errichtet und 10 Polder eingerichtet, welche für die Elbescheitelkappung vorgesehen waren, um den periodischen Rückstau der Elbe in die Havelniederung beeinflussbar zu machen. Bei dem Hochwasserereignis der Elbe im August 2002 wurde für den Pegel Wittenberge eine Überschreitung des für die Scheitelkappung maßgebenden Wasserstandes von 680 cm vorhergesagt, so dass die für diese Entscheidungsfindung zuständige Sondereinsatzleitung (SEL) und der Beraterstab einberufen wurden. Der maßgebende Wasserstand von 680 cm am Pegel Wittenberge wurde im Rahmen der Verhandlungen der Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt zu einer neuen Ländervereinbarung im Jahr 1998 festgelegt.

**Wehrgruppe
Quitzöbel**

Seit der Fertigstellung der Wehranlagen war bis 2002 noch kein Hochwasserereignis aufgetreten, das die Benutzung der Wehrgruppe Quitzöbel zur Flutung der Havelniederung und ihrer Polder notwendig gemacht hat (SEL, 2002). Die Scheitelkappung wurde 2002 erstmalig veranlasst. Somit lagen weder Erfahrungen noch belastbare Daten über Verfahrensweisen und mögliche Probleme vor. Jedoch wurde mit diesem extremen Hochwasserereignis der Elbe diesbezüglich eine gute Grundlage geschaffen: „Die erstmalige Nutzung dieser seit den 50er Jahren bestehenden Möglichkeit zur Senkung des Elbehochwasserscheitels im Raum Wittenberge führte zu Erfahrungen und Erkenntnissen, die eine weitere Qualifizierung der Handlungen und Abläufe ermöglichen.“ (SEL, 2002).

Vorgehensweise

Im Rahmen des Gutachtens wurden alle vorliegenden bisherigen Berichte und Angaben zu Maßnahmen vor, während und nach der Flutung der Havelniederung sowie zum Prozess der Entscheidungsfindung, der letztlich zur Scheitelkappung im August 2002 führte, unter Berücksichtigung administrativer, wasserwirtschaftlicher und hochwasserschutzfachlicher Belange zusammenfassend dargestellt, analysiert und bewertet. Die gezielte Effizienzanalyse der eingeleiteten Maßnahmen wurde durch das im Los 3 entwickelte Modellsystem unterstützt, das Aussagen zur optimierten Flutung der Havelniederung während künftiger potenzieller Elbehochwässer im Sinne eines nachhaltigen, operativen Hochwasserschutzes gestattet.

Eine wichtige Grundlage für die Entscheidung zur Flutung der Havelniederung ist die Abflussvorhersage für die Elbe. Die Analyse für 2002 hat gezeigt:

Die von BfG (2002) berechnete theoretische Abflussentwicklung im Scheitelbereich bis etwa zum 22. August wird gut wiedergegeben. Danach waren die vorhergesagten Abflüsse deutlich höher als die Abflüsse, die sich ohne Scheitelkappung ergeben hätten. Beraterstab und Sondereinsatzleitung kommen deshalb in ihrem Erfahrungsbericht (SEL, 2002) zu dem Schluss, dass die Kappung noch weiter hätte optimiert werden können, wenn eine genauere Hochwasservorhersage möglich gewesen wäre. Der Scheitel war wesentlich steiler als vorhergesagt, hatte eine kürzere Dauer und damit letztlich ein deutlich geringeres Volumen. Folge davon war (SEL, 2002):

**Wirksamkeit
der Kappung
20002**

- Der in der Havelniederung vorhandene Freiraum wurde nicht ausgeschöpft. Er hätte für ein erreichbares Kappungsniveau von ca. 710 cm am Pegel Wittenberge ausgereicht, statt für ca. 735 bis 740 cm nach vorhergesagtem Scheitelvolumen.
- Im Vergleich zur theoretischen Wasserstandsganglinie am Pegel Wittenberge wurde der Kappungszeitpunkt gemäß Vorhersageganglinie um ca. 10 Stunden zu spät festgelegt. Innerhalb dieses Zeitraumes stiegen die Wasserstände am Pegel Wittenberge um ca. 30 cm.

Qualität der Vorhersagen Elbe	<p>Die von der Hochwasservorhersagezentrale Elbe ermittelten Wasserstandsvorhersagen für die Elbe und ihre Nebenflüsse dienten den Krisenstäben als termingerechte und hilfreiche Planungsgrundlage. Erschwerend für eine korrekte Lageeinschätzung waren die zeitweilig verkürzten Vorhersagezeiträume für die Elbpegel Barby, Tangermünde und Wittenberge sowie für den Havelpegel Havelberg-Stadt. Die Qualität dieser Vorhersagen hat auch zukünftig eine hohe Priorität, denn erst eine resultierende gesicherte Scheitelvorhersage für Wittenberge/Elbe liefert die Entscheidungsgrundlage für die potenzielle Flutung der Havelniederung. Mit der bevorstehenden Ablösung des hydrologischen Vorhersagemodells ELBA durch das hydrodynamische Modell WAVOS wird die Erwartung verbunden, eine verbesserte Vorhersagegenauigkeit erzielen zu können.</p>
Vorhersagen Havel	<p>Auch die Vorhersagen für die Wasserstände der Havelpegel sind zukünftig verbessert einzubeziehen. Die Option zur Flutung und die Auswirkungen einer vorausgehenden Stauregulierung sollten dabei nicht außer Acht gelassen werden, sondern als zweites Szenario in die Vorhersage mit einfließen, um die Vorhersagefehler für den Pegel Wittenberge/Elbe zu verringern und eine Optimierung der Scheitelkappung zu ermöglichen.</p>
WbVor Wehrbedienungs-vorschrift	<p>Detailliert ausgewertet wurden auch die Erfahrungen / Anforderungen bei der Anwendung der WbVor „Richtlinie für die Berechnung der Entlastung des Elbehochwasserscheitels in die Havel und zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel“ und des hierzu gehörigen Computerprogramms. Diese wurden bei der Präzisierungen der WbVor (Los 5) und bei der Überarbeitung des Computerprogramms (Los 6) berücksichtigt.</p> <p>Mit dem im Rahmen des Gutachtens entwickelten Modellsystem (Los 3) wurde das Hochwasser 2002 simuliert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die tatsächliche Kappung 2002 am Pegel Wittenberge weniger als 41 cm betragen hat, unabhängig davon aber als erfolgreich eingestuft werden konnte. Folgende Aspekte sind wesentlich:</p>
Hochwasser 2002	<ul style="list-style-type: none">• Der Polder Flöthgraben wurde spät geöffnet. Das maximale Volumen wurde jedoch, wie bei allen Poldern, nahezu erreicht.• Das Grundwasser hatte nur eine begrenzte Auswirkung in den Poldern (maximal etwa 10 cm), auf die Kappung der Elbe ist die Auswirkung so gut wie vernachlässigbar.• Das nach dem Schließen des Wehres Quitzöbel in den Flutungspoldern gespeicherte Volumen war mengenmäßig vergleichbar mit dem im Havelschlauch (inkl. Sommerpolder und Nebenflüsse) gespeicherten Flutungsvolumen (68 Mio. m³, ca. 48 % des Gesamtvolumen im Oberflächenwasser).• Neuwerben wurde sehr spät und gleich sehr weit geöffnet.• Die Mehrzahl der Polder wurde erst nach dem Öffnen von Neuwerben geöffnet. <p>Davon ausgehend wurde am Hochwasser 2002 die Effizienz unterschiedlicher Maßnahmen zur Erhöhung des Kappungseffekts untersucht. Dazu gehören die Polderöffnungszeiten, das Schließregime Quitzöbel, der Zufluss Albertsheim und Rückhalt im Oberlauf der Havel und Spree sowie die Öffnung Neuwerben.</p>
Maximale Kappung 2002	<p>Als Beispiel hier nur die Aussage: Maximal hätten in 2002 62 cm in Wittenberge gekappt werden können ohne dass der Wasserspiegel in Havelberg Stadt über 26,45 m DHHN92 gestiegen wäre. Dafür hätten alle Polder (inkl. Polder 6) frühzeitig geöffnet werden müssen. Für die Kappung um 62 cm hätten 289 Mio. m³ im Modellgebiet der Havel insgesamt und 250 Mio. m³ nach der Schließung von Quitzöbel gespeichert werden müssen.</p> <p>Auf Schlussfolgerungen aus diesen Untersuchungen wird in Abschnitt 0 eingegangen.</p>

3 Optimierung der Flutung (Los 3)

Inhalt Band 3

Grundlage des Gutachtens sollte eine hydrodynamische Modellierung des Abflusses in der Elbe (zwischen Tangermünde und Wittenberge) und des Gewässersystems in der Havelniederung, einschließlich der Polder sein.

Als wesentliche Grundlage erfolgte eine Aufarbeitung aller digitalen Daten des Untersuchungsgebiets, insbesondere auch des verfügbaren hoch aufgelösten DGM. Davon ausgehend wurden die Poldergrenzen präzisiert (s. Abbildung 4) und die Volumenkurven der Polder (s. Abbildung 10, Abschnitt 5) neu berechnet.

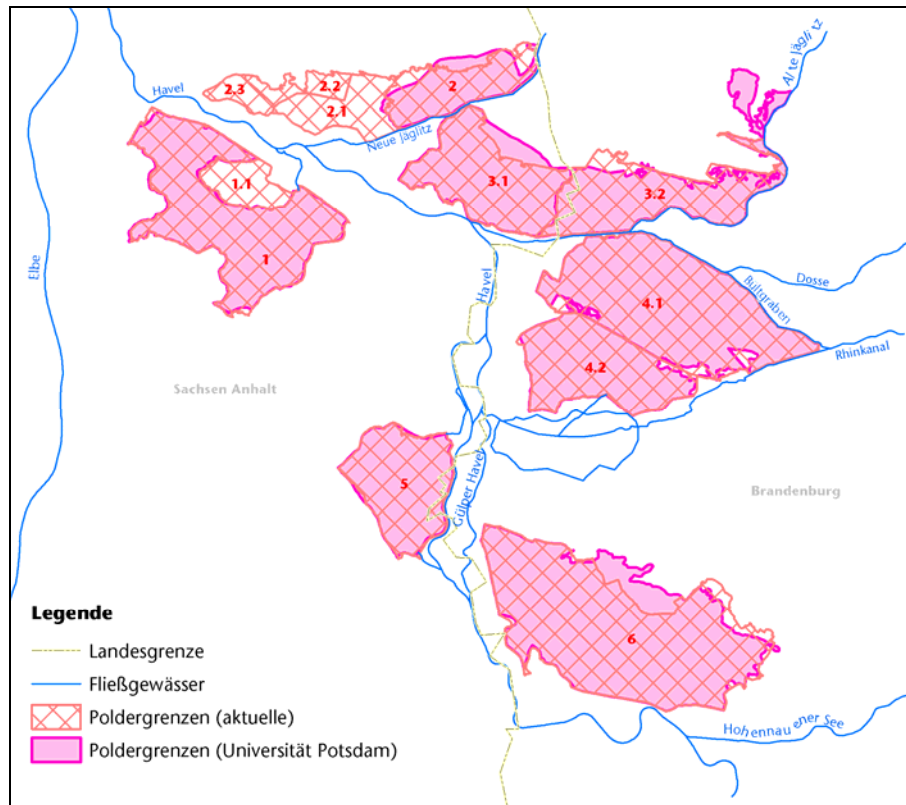


Abbildung 4: Poldergrenzen

Das Modellsystem sollte folgende Anforderungen erfüllen, um eine Optimierung des Hochwasserregulierungssystems sachgerecht zu gewährleisten:

Anforderung an Modellsysteme

- hydrodynamische Modellierung des Abflusses in der Elbe (zwischen Tangermünde und Wittenberge) und des Gewässersystems in der Havelniederung bis zum Wehr Grütz, Berücksichtigung aller relevanten hydrotechnischen Bauwerke
- flexible Anbindung von Poldern über Bauwerke oder Deichbreschen, flächendifferenzierte Modellierung der Polderflutung und -entleerung
- Berücksichtigung der Speicherwirkungen im Untergrund durch Kopplung des hydrodynamischen Oberflächenwassermodells mit einem Grundwassermodell
- Sicherung akzeptabler Rechenzeiten, um ausreichend intensive Szenarioanalysen durchführen zu können.

Gekoppeltes Modellsystem

Ausgehend von den o. g. Anforderungen wurde ein gekoppeltes Modellsystem mit folgenden Komponenten aufgebaut:

- hydrodynamisches Modell MIKE11 (DHI, 2002) zur Modellierung der Abflussprozesse in den Gewässern und Poldern (1 1/2D Modell unter Nutzung von Speicherelementen und Linkkanälen).

- instationäres 3D-Grundwassermodell mit FEFLOW (DIERSCH, 2005) für die Modellierung der Grundwasserströmungsprozesse im Untersuchungsgebiet.
- Schnittstelle IFMMIKE11 für die Kopplung der beiden oben genannten Komponenten zur Berücksichtigung der Wechselbeziehungen Oberflächenwasser – Grundwasser.

Das Modellsystem ist in Abbildung 5 schematisch dargestellt.

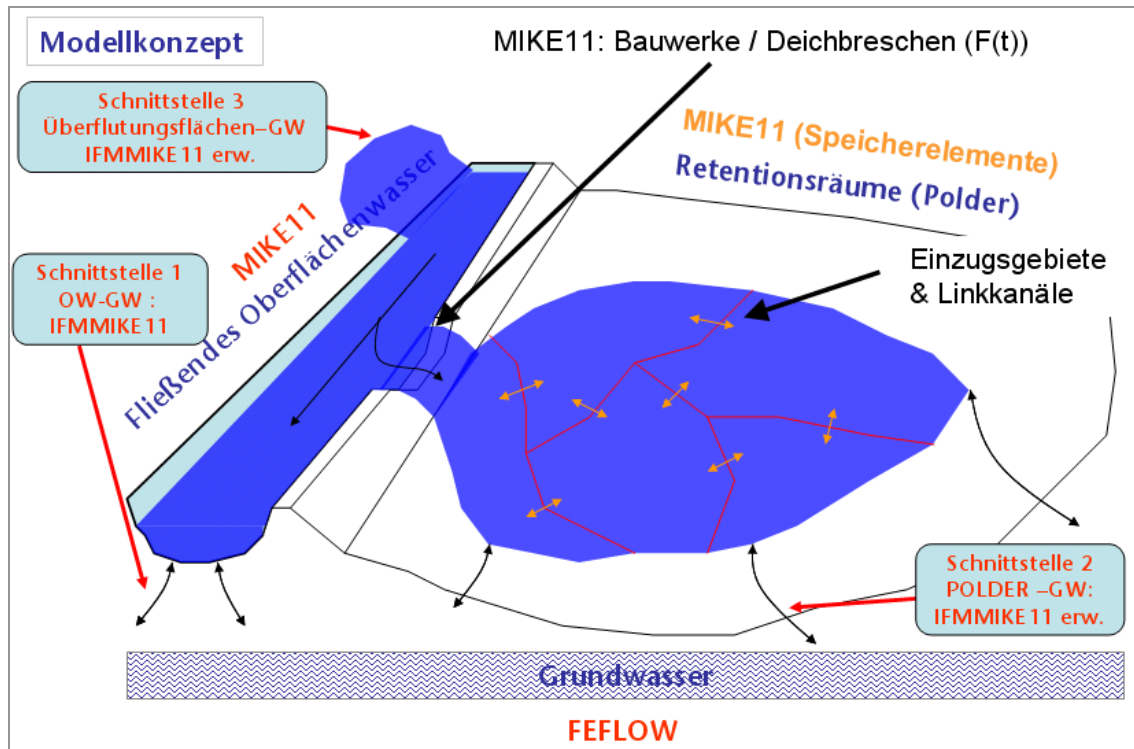


Abbildung 5: Modellsystem

- Kalibrierung** Das Modellsystem wurde einer umfassenden Kalibrierung und Verifizierung am Hochwasserereignis 2002 unterzogen. Für die Havelniederung konnte eine sehr hohe Modellgenauigkeit erzielt werden. Das betrifft sowohl die zeitliche Entwicklung der Wasserstände (Oberflächenwasser, Grundwasser) und Abflüsse als auch der Flutung der Niederung (im Vergleich mit Luftbildern). Exemplarisch ist dies in Abbildung 6 illustriert.
- Pegel Wittenberge** Für den Pegel Wittenberge konnte zwar der Verlauf der Ganglinie sehr gut nachgebildet werden. Die Wasserstände in Wittenberge werden vom Modell im Vergleich zur Auswertung nach aktueller Abflusstafel um 24 cm unterschätzt. Diese Abweichung ergab sich nach Einführung der neuen Abflusstafel für Tangermünde im Modell. Mögliche Ursachen werden im Gutachten diskutiert. Kontrollsimulationen haben gezeigt, dass sich diese Abweichung nicht auf die Berechnungsergebnisse elbaufwärts, speziell auch nicht für die Flutung der Havelniederung auswirkt. Aus diesem Grunde sind die Modellergebnisse hier voll belastbar. Bei der Bewertung der prognostizierten Wasserstände für Wittenberge wurde die o. g. Unterschätzung der Wasserstände berücksichtigt.

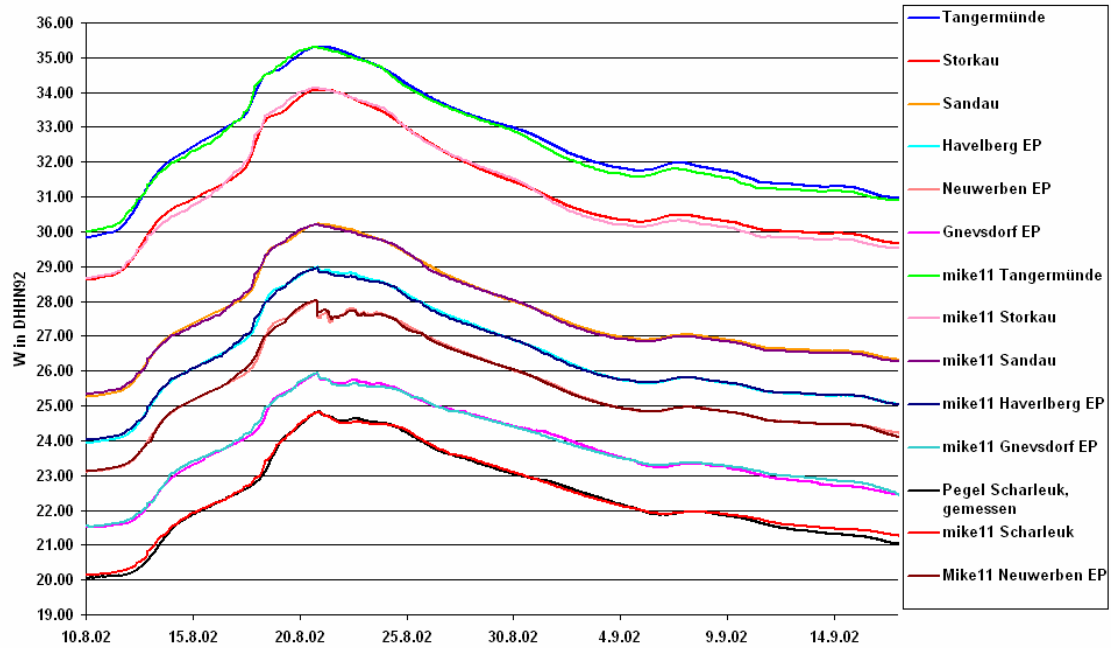


Abbildung 6: Vergleich gemessener und berechneter Wasserstandsganglinien

Randbedingungen

Bei den in Los 2 (Abschnitt 2) dokumentierten Variantenrechnungen mit dem hydrodynamischem Modell wurden für das Hochwasser 2002 lediglich „interne“ Randbedingungen verändert, z. B. die Wehrbedienung oder die Polderöffnung am Beispiel des Hochwassers 2002.

Ein wesentliches Ziel dieser Untersuchungen war, die Möglichkeiten und die Grenzen der Flutung der Havelniederung vor dem Hintergrund extremer Abflussbedingungen, die noch über die beim Hochwasser 2002 eingetretenen hinausgehen, zu beurteilen.

Szenarien

Ausgehend von einer statistischen Analyse der Abflussverhältnisse in Elbe und Havel wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber folgende Szenarien untersucht:

- Szenario 1: Hochwasser 2002 ohne Deichbrüche an der Elbe (als Ergebnis von Berechnungen mit WAVOS, BfG)
- Szenario 2: Hochwasser 2002 ohne Deichbrüche (Szenario 1) mit Fülle des Hochwassers 1988
- Szenario 3: Hochwasser 2002 ohne Deichbrüche (Szenario 1) trifft auf HQ_{10} in der Havel
- Szenario 4: Hochwasser 2002 ohne Deichbrüche (Szenario 1) mit Fülle des Hochwassers 1988 trifft auf HQ_{10} in der Havel
- Szenario 5: Hochwasser 2002 ohne Deichbrüche (Szenario 1) mit noch größerem Abflussscheitel (möglichst größer als HQ_{100}).

In nachfolgender Tabelle 1 sind ausgewählte Ergebnisse der Szenarien dargestellt. Auf Schlussfolgerungen wird in Abschnitt 0 eingegangen.

Historische Varianten

Zusätzlich betrachtet wurden Szenarien, die sich an historischen Verhältnissen im Untersuchungsgebiet orientierten, wie in Abbildung 7 illustriert.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die frühere natürliche Retention zu einer ähnlichen Kappung des Elbehochwassers wie die ermittelte optimale Kappung geführt hätte. Die Wasserstände in Havelberg-Stadt wären bei der natürlichen Retention aber viel höher als bei der aktuellen optimalen Kappung und liegen weit über den jetzt maximal erlaubten 26,45 m DHHN92.

Tabelle 1: Ergebnisse der Szenarien

	Sz. 1	Sz. 2	Sz. 3	Sz. 4	Sz. 5	Optimierte Variante
Q_{Max} Tangermünde (m ³ /s)	4410	4410	4410	4410	5056	3907
WSP_{Max} Wittenberge a. P. gekappt	740	760	748	774	797	693
Kappung (cm)	63	47	55	33	56	62
Kappungsvolumen (Mio. m ³)	145	149	118	88	118	174
Kappungsdauer	3d15h21	5d0h58	3d9h36	4d0h58	2d19h41	4d16h34
Maximaler Kappungsabfluss (m ³ /s)	739,4	543,7	641,6	392,4	759,3	750,6
WSP_{Max} Quitzöbel OP (DHHN92)	27,00	26,68	26,84	26,48	27,01	26,99
WSP_{Max} Havelberg-Stadt (DHHN92)	26,34	26,46	26,45	26,44	26,24	26,43
Überstaudauer der Polder (Tage)	17,98	22,38	19,15	22,75	17,22	18,32

Den Szenarien 1 bis 4 ist eine Wiederkehrzeit von ca. 70 bis 100 Jahren zuzuordnen. Entsprechend den Untersuchungen in GRÜNEWALD (2006) liegt Szenario 5 im Bereich eines HQ_{200} .

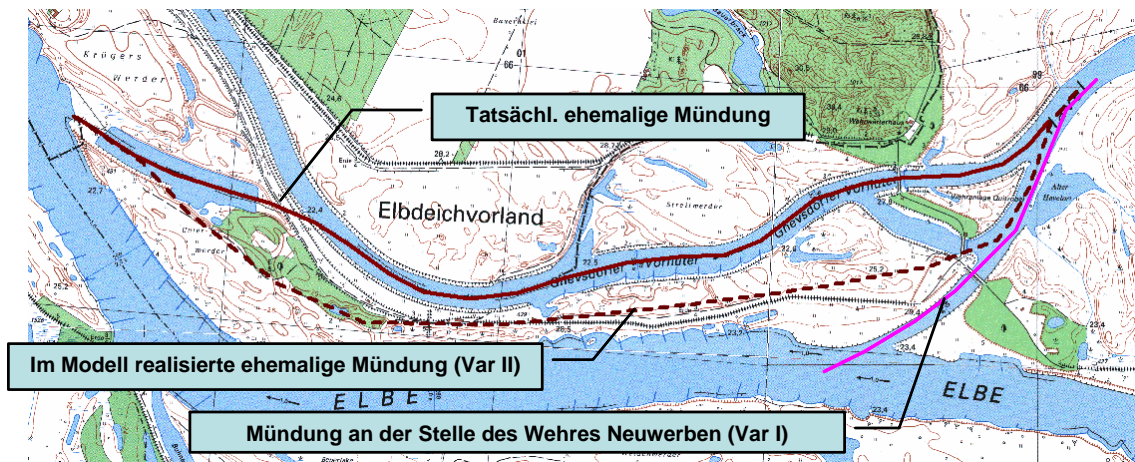


Abbildung 7: Historische Varianten

Sonstige Untersuchungen

Neben den oben dargestellten Untersuchungen wurden auch Modellrechnungen zur Wirksamkeit einzelner Bauwerke bei der Polderflutung und zu Deichbrüchen sowie zur Wirksamkeit der Polder 7 bis 10 durchgeführt.

Untersuchungen zur Standsicherheit der Deiche mussten sich mangels bodenphysikalischer Daten auf schematische Betrachtungen beschränken.

Verglichen wurden die Kosten unterschiedlicher Varianten der Öffnung der Deiche (Bauwerke, Sprengen, gebaggerte Deichbrechen). Zu den Schlussfolgerungen vgl. Abschnitt 0.

4 Ökologische Aspekte der Flutung (Los 4)

Ökologische Konsequenzen der Flutung

Die Flutung der Havelniederung und damit der flächenhafte Überstau intensiv und extensiv genutzten Grünlandes bzw. ackerbaulich genutzter Flächen hatte aus ökologischer Sicht gravierende Auswirkungen auf das Ökosystem der Unteren Havelniederung. Geringe Wassertiefen bei hochsommerlicher Witterung beschleunigten mikrobielle, sauerstoffzehrende Abbauprozesse organischer Substanz (LUA 2002). Sowohl die mikrobiologischen als auch die physikalischen Faktoren führten zu einer Absenkung des Sauerstoffgehaltes im Wasser, wobei die für Fischpopulationen kritische Konzentration unterschritten wurde (KNÖSCHE 2003).

„Es muss davon ausgegangen werden, dass die beinahe einwöchige Sauerstofffreiheit der Unteren Havelniederung zur Vernichtung aller Wassertiere auf etwa 40 km Lauflänge der Havel (Zwischen Gülpe und Gnevsdorf) geführt hat.“ (BUCHTA 2002). Etwa 15 bis 20 Millionen Fische verendeten.

Landwirtschaftliche Konsequenzen der Flutung

An den überschwemmten Anbaukulturen traten überwiegend Totalverluste auf. Der landwirtschaftlich entstandene Schaden betrug über 5 Mio. € für Landwirtschaftsbetriebe mit Teilflächen in den gefluteten Poldern.

Experimentelle Untersuchungen zur Nährstoffrücklösung

Die Untersuchung der ökologischen Aspekte der Flutung und deren Konsequenzen für die Landwirtschaft war Gegenstand von Los 4 (Federführung IAG Institut für Angewandte Gewässerökologie GmbH). Zunächst erfolgte eine Analyse der Gewässergüteentwicklung und ökologischen Verhältnisse während des Hochwassers 2002 auf der Basis verfügbarer Daten und Beobachtungen. Als Hauptprobleme wurden die Phosphor- und Manganrücklösungen auf den überstauten Flächen ermittelt. Die verfügbaren Daten reichten aber nicht aus, diese Prozesse zu quantifizieren. Aus diesem Grunde wurden umfangreiche Säulenexperimente sowohl für das hydrologische Winter- als auch das hydrologische Sommerhalbjahr 2004/2005 auf dem Gelände der IAG GmbH durchgeführt (Abbildung 8).

Anhand ausgesuchter Probenahmestellen erfolgte im hydrologischen Winterhalbjahr, parallel zu oben genannten Experimenten die Durchführung von in-situ Beprobungen. Dabei wurden sowohl natürlich überstaute Uferbereiche mit entsprechenden Flussabschnitten als auch aktuelle Stauwässer auf den Havelpoldern auf limnochemische sowie limnophysikalische Parameter untersucht. Auf diese Weise konnten aktuelle Gewässergüteparameter erfasst und im Anschluss mit den experimentell ermittelten Ergebnissen verglichen werden. Die Vorgehensweise ermöglichte eine zusätzliche Repräsentativitätskontrolle der experimentell aus den Szenarioanalysen ermittelten Ergebnisse.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Ergebnisse experimenteller Untersuchungen

- Nährstoffausträge sind im Hochsommer um ein Vielfaches erhöht (worst-case Hochsommer für gesamte Polderfläche (35 Tage): 700 t P.
- Maximale Nährstoffrücklösungen werden mit 3,48 kg/ha*d auf Grünland (ungemäht) im Hochsommer erreicht.
- Bei kürzlich gemähten Grünländern fällt die Negativ-Belastung der Stauwässer deutlich abgeschwächer aus. Somit sind Anzahl und Zeitpunkt der Mahd entscheidend.
- Die Phosphorrücklösung fällt bei Ackerflächen auf Getreide deutlich höher aus (1,46 bzw. 2,18 kg/ha*d) als auf Mais (0,08 bzw. 0,11 kg/ha*d).
- Ausschlaggebend für den Nährstoffeintrag ist der quantitative Anteil der abbaubaren organischen Substanz.

- Das Überstauwasser (Elbe o. Havel) hat auf den Nährstoffeintrag geringen Einfluss, entscheidend sind Standortbedingungen und Klimafaktoren



Abbildung 8: Säulenversuche zur Polderflutung am IaG, Feldversuche

Regionale Phosphorausträge

Die experimentell und damit punktuell gewonnenen Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung der jeweiligen Landnutzung und Bodenverhältnisse regionalisiert. In folgender Tabelle 2 sind die zu erwartenden Phosphorausträge von den Havelpoldern in Abhängigkeit von der Überflutungsdauer bei einem Hochwasser im Sommer dargestellt.

Tabelle 2: Gesamtphosphoraustrag Hochsommer

Gesamtphosphoraustrag Hochsommer (Havelwasser)								
	1 Tag (t)		7 Tage (t)		15 Tage (t)		35 Tage (t)	
	optimistisch	worst-case	optimistisch	worst-case	optimistisch	worst-case	optimistisch	worst-case
GG (2402 ha)	0.4	6.1	2.8	42.6	5.9	91.3	13.8	213.1
Schafhorst (1814 ha)	0.8	3.8	5.6	26.7	12.1	57.2	28.2	133.5
Trübengraben (1547 ha)	0.6	2.9	4.3	20.5	9.3	43.8	21.6	102.3
Flöthgraben (982 ha)	0.5	2.1	3.2	14.9	6.8	32.0	15.8	74.7
Twerl (923 ha)	0.3	1.4	2.0	9.7	4.3	20.9	10.1	48.7
Vehlgast (894 ha)	0.3	1.6	2.3	11.2	5.0	23.9	11.6	55.8
Warnau (804 ha)	0.6	1.5	4.4	10.7	9.4	23.0	22.0	53.7
Kümmeritz (528 ha)	0.1	0.4	0.7	3.1	1.4	6.7	3.3	15.7
Gesamt	4	20	25	140	54	299	126	698

Einflussfaktoren für landwirtschaftliche Auswirkungen

Die landwirtschaftlichen Auswirkungen einer Polderflutung resultieren aus den äußeren Rahmenbedingungen der Flutung sowie der Flächennutzung der Polder. Insbesondere die sich aus der Höhe der Flutung ergebende Flächenbetroffenheit, die Überstauzeit, die betroffene Kulturfrucht sowie der Zeitpunkt der Flutung innerhalb des Jahres bestimmen die eintretenden landwirtschaftlichen Schäden. Je nach Landnutzung ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen. Dies ist exemplarisch für Dauergrünland in nachfolgender Abbildung 9 dargestellt.

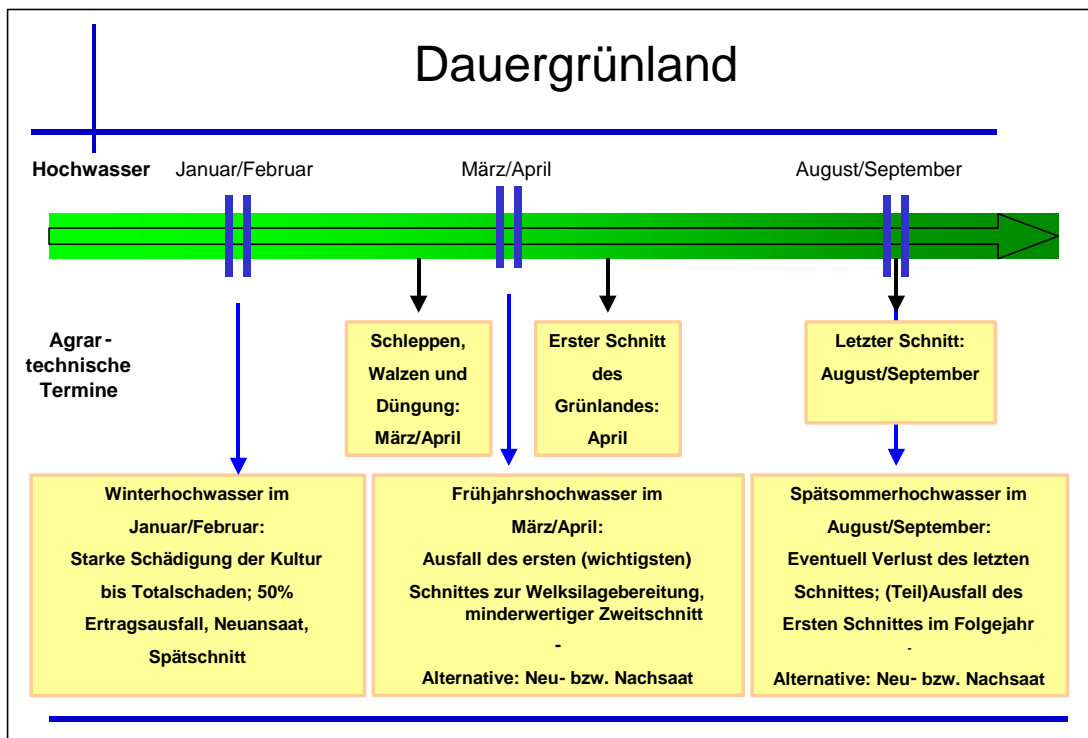


Abbildung 9: Auswirkungen verschiedener Hochwasserzeitpunkte auf Dauergrünland

Wie die Abbildung deutlich macht, ist je nach Zeitpunkt mit erheblichen Auswirkungen der Flutung beispielsweise bei Dauergrünland zu rechnen.

Betroffenheit Dauergrünland

Die Wiederherstellung überschwemmter Grünlandflächen in den Poldern der unteren Havel bedeutet folglich für die hier tätigen Landwirtschaftsunternehmen eine wesentliche Mehrarbeit sowohl im Jahr der Flutung als auch in den sich anschließenden Folgejahren. Detaillierte Darstellungen hierzu sind im Gutachten gegeben.

Auf Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur Flutung der Havelniederung aus ökologischer und landwirtschaftlicher Sicht wird in Abschnitt 0 eingegangen.

5 Prüfung und Überarbeitung der Richtlinie zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel

Grundlagen	<p>Grundlagen der Prüfung und Überarbeitung der Richtlinie waren:</p> <ul style="list-style-type: none">• Aktuelles digitales Geländemodell (DGM), Los 3• Analyse des Hochwasserereignisses 2002, Los 2• Modellrechnungen zur Optimierung der Flutung der Havelniederung am Beispiel des Hochwasserereignisses 2002, Los 2• Modellrechnungen zum Hochwasserereignis 2006• Fachdiskussionen mit kompetenten Vertretern der Auftraggeber sowie des WSA Brandenburg.
Neues DGM	<p>Die Richtlinie basiert weitgehend auf empirischen Beziehungen (Grafiken / Nomogramme), denen Messwerte und / oder wasserbauliche Versuche (Thomson) zugrunde liegen. Überprüfungen / Präzisierungen waren hier auf Grund neuer Messwerte, vor allem aber auf Basis des jetzt verfügbaren hochgenauen digitalen Geländemodells möglich.</p> <p>In die Richtlinie wurden administrative Veränderungen nur insoweit eingearbeitet, als sie dem Status quo entsprechen. Einzelheiten wie die Bezeichnung der erforderlichen Gremien (Beraterstab, Sondereinsatzleitung) und die Festlegung von Zuständigkeiten bleiben einer Neufassung der Ländervereinbarung oder dem abzuschließenden Staatsvertrag bzw. den daraus abgeleiteten Verwaltungsvorschriften vorbehalten.</p> <p>Die Richtlinie sollte die technischen Grundlagen und Vorgaben zur Steuerung der Wehrgruppe und zur Polderflutung beinhalten.</p>
Kappungsprogramm	<p>Die Richtlinie ist wesentliche Grundlage des Computerprogramms zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel („Kappungsprogramm“, Los 6), das im Einsatzfall angewandt wird. Daraus folgt, dass sich die Anwendung der Richtlinie dann auf die Teile beschränkt, die nicht ins Kappungsprogramm aufgenommen wurden oder aber für den Ausfall des Kappungsprogramms. Aus diesem Grunde wurden wesentliche Vordrucke und Anlagen der Richtlinie als EXCEL-Tabellen / Grafiken aufbereitet.</p> <p>Ein Teil der Anlagen ermöglicht eine automatische Auswertung. Dazu gehören u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none">• Unterschiedliche Approximationsfunktionen zur Anpassung einer Kurve an Messwerte• Unterschiedliche Interpolationsfunktionen zur Interpolation in Grafiken• Interpolation für Tabellen.
Neue Anlagen	<p>Veränderungen ergaben sich in Anlagen, wenn neue Messwerte (Hochwasserereignisse) eingearbeitet werden konnten, oder aber aufgrund der verbesserten Datengrundlagen (DGM, Modellergebnisse). Dies ist exemplarisch in nachfolgender Abbildung 10 für die Poldervolumen dargestellt. Zum Vergleich sind die alten Polderkurven gegeben.</p> <p>Die aktualisierten Anlagen der Richtlinie wurden für die Präzisierung des Kappungsmodells zur Verfügung gestellt.</p> <p>Die Anlage der Richtlinie „Plan der Handlungen, zur Einberufung, Tätigkeit und Auflösung der Arbeitseinheiten (Gremien)“ muss in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden / Einrichtungen überarbeitet werden.</p>

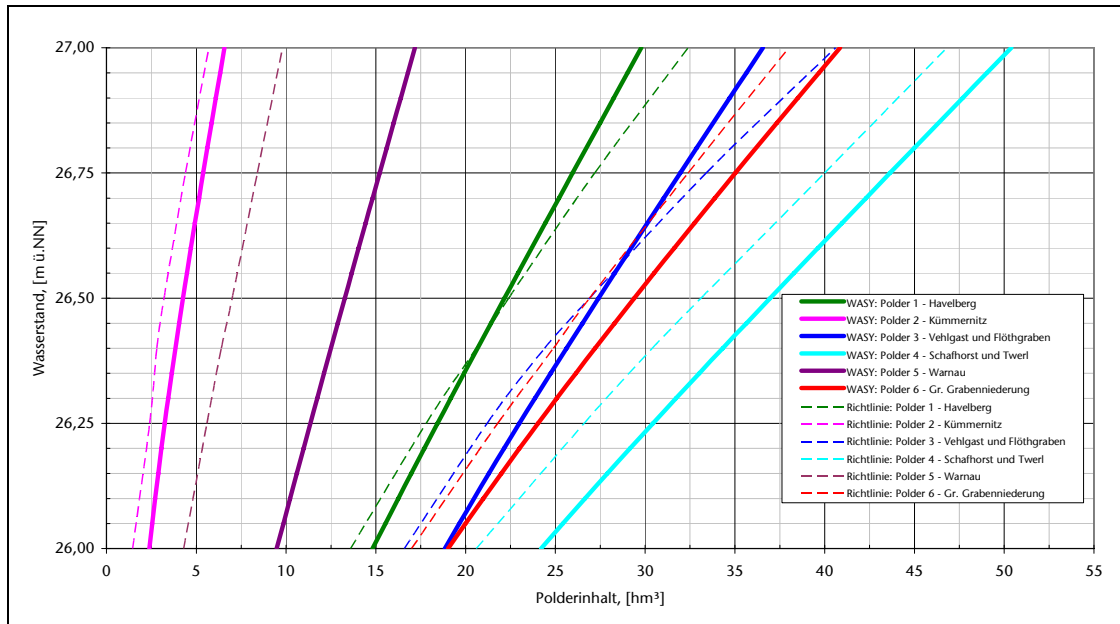


Abbildung 10: Poldervolumenkurven

6 Computerprogramm zur Steuerung der Wehrgruppe Quitzöbel

Veranlassung für Überarbeitung	<p>Das Computerprogramm musste nach den Erfahrungen des Hochwassers 2002 überarbeitet werden, weil</p> <ul style="list-style-type: none">• bis dahin nur die volle Wehröffnung berücksichtigt wurde, während des Hochwassers aber alle Wehre zu mehr als 50% verbaut waren (wegen Rekonstruktionsmaßnahmen),• die Geländeverhältnisse sich seit der Bestimmung der Polderinhalte Mitte der Fünfzigerjahre wesentlich verändert haben,• infolge freier Wählbarkeit der Vorhersage-Ganglinie sich (numerisch bedingt) nicht plausible Lösungen (abnehmender Speicherinhalt bei zunehmender Kappungshöhe) einstellen konnten,• eine Nachführung der Vorhersage des ungekappten Scheitelverlaufs in Wittenberge nach Beginn der Kappung nicht möglich war und• auch die Flutpolder 7 bis 10 wieder mit in die Flutung einbezogen werden sollten. <p>Grundlage des Programms ist nach wie vor die (überarbeitete) Wehrbedienungsvorschrift (Los 5) unter Einbeziehung der Erkenntnisse der Modellversuche sowie der abgelaufenen Hochwässer.</p> <p>Die Festlegung der tatsächlich verfügbaren Wehrbreite für jedes Wehr muss im Normalfall nicht verändert werden und kann deshalb nur durch besonders autorisierte Bearbeiter verändert werden (als Sicherheit gegen ungewollte Fehlbedienung).</p> <p>Die neu bestimmten Inhalte aller Flutungspolder und des Havelschlauches (auf der Grundlage des digitalen Geländemodells) konnten nach Fertigstellung des DGM einfach einbezogen werden (Austausch mit den alten Interpolationsprogrammen).</p> <p>Grundlage der Berechnung im Einsatzfall ist die Prognose des Wasserstandes am Pegel Wittenberge. Diese Prognose wurde im Zentralmodell Elbe für Zeitabstände von 6 Stunden über 7 Tage ausgegeben, worauf auch das Computermodell ausgelegt wurde. Die heutigen Prognosen werden nur noch für einen Zeitabstand von 24 Stunden über 4 Tage ausgegeben, weshalb</p> <ol style="list-style-type: none">1. drei 6-Stunden Werte eingefügt werden müssen und2. für weitere Tage Prognosewerte abgeschätzt werden müssen. <p>Beim Einfügen der Interpolationswerte werden naturgemäß ganzzahlige Werte eingegeben. Damit besteht aber die Gefahr, dass die Wasserstandsganglinie eine unstetige Kurve ergibt. Wegen der Empfindlichkeit der instationären Durchflußganglinie (die aus dem Anstieg der Wasserstandsganglinie resultiert) kam es 2002 zu solchen Rechenergebnissen, dass der erforderliche Speicherinhalt der Havelniederung bei Vergrößerung der Kappungshöhe im Millimeterbereich sprunghaft abnahm. Durch Interpolation der Zwischenwerte mittels eines Zusatzmoduls konnte dieser Fehler ausgeschaltet werden bei gleichzeitiger Verringerung der Anzahl der erforderlichen Eingabewerte.</p>
Erfahrungen Hochwasser 2002	<p>Die Erfahrung des Hochwassers 2002 hat gezeigt, dass eine Beschränkung auf den Zustand bei Beginn der Kappung nicht möglich ist (insbesondere, wenn die Prognose zu diesem Zeitpunkt wesentlich von der späteren Entwicklung abweicht). Eine Korrektur des Kappungsverlaufes nach dem Beginn dieses Vorgangs ist aber nur dann möglich, wenn eine Prognose der Wasserstandsentwicklung am Pegel Wittenberge ohne Kappung verfügbar ist.</p> <p>Deshalb musste eine Möglichkeit gefunden werden, die Wasserstandsentwicklung am Pegel Wittenberge aus der Prognose der anderen Pegel zu erstellen. Aus der Auswertung abgelaufener Hochwässer ergab sich, dass es</p>

möglich ist, die Wasserstandsganglinie des Pegels Tangermünde durch eine einfache zeitmäßige und höhenmäßige Verschiebung in die Ganglinie des Pegel Wittenberge zu verformen. Die Vorschrift ist in der Abbildung 11 enthalten.

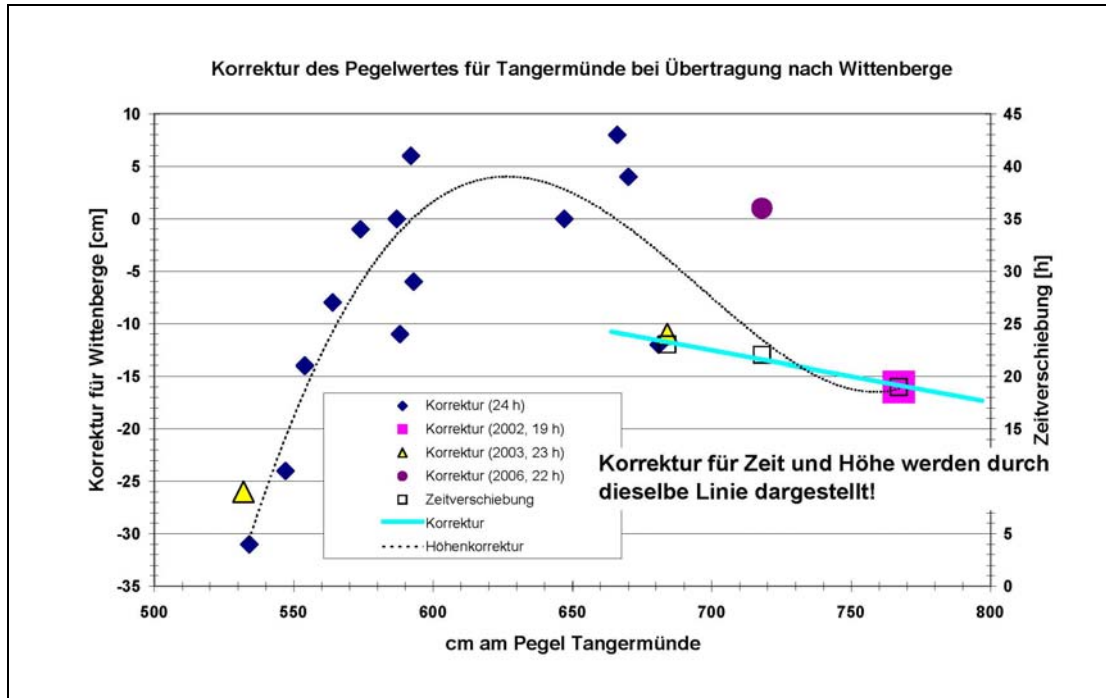


Abbildung 11: Korrektur des Pegelwertes für Tangermünde bei Übertragung nach Wittenberge

**Bedeutung
Elbe-
Vorhersage**

Ein wesentliches Problem der Kappungsberechnung ist die zutreffende Vorhersage des Scheitelverlaufes in Wittenberge. Das soll am Beispiel der rekonstruierten Ganglinie „Wittenberge ohne Kappung“ im Vergleich mit der Prognose vom 20.08. 2002 (Tag der Öffnung der Havel) gezeigt werden (Abbildung 12).

Ausgehend vom letzten Messwert am 20.8.2002 musste von der Beratergruppe eine Vorhersage im Zeitabstand von 6 Stunden vorgegeben werden. Dazu standen die 4 Prognose-Werte sowie die drei Werte der (unsicheren) erweiterten Prognose zur Verfügung. Um eine Kappung auf 730 cm a.P. vornehmen zu können, hätten also alle 7 Prognosewerte richtig sein müssen!

Aus der Gegenüberstellung mit der wahrscheinlichen Ganglinie ohne Kappung (Rekonstruktion) ergibt sich, dass die Scheiteldauern oberhalb 740 cm doppelt so hoch (wie tatsächlich eingetreten) eingeschätzt wurden, darunter sogar dreifach!

Aus diesen Fehlermöglichkeiten ergibt sich, dass eine Qualifizierung der Havelflutung nur über eine Qualifizierung der Elbe-Vorhersage möglich ist, während eine (scheinbar) genauere Berechnung der Wasserbewegungen in der Havel bei ungenauen Eingangswerten der Elbewasserstände (Prognose) nur die Probleme verdeckt.

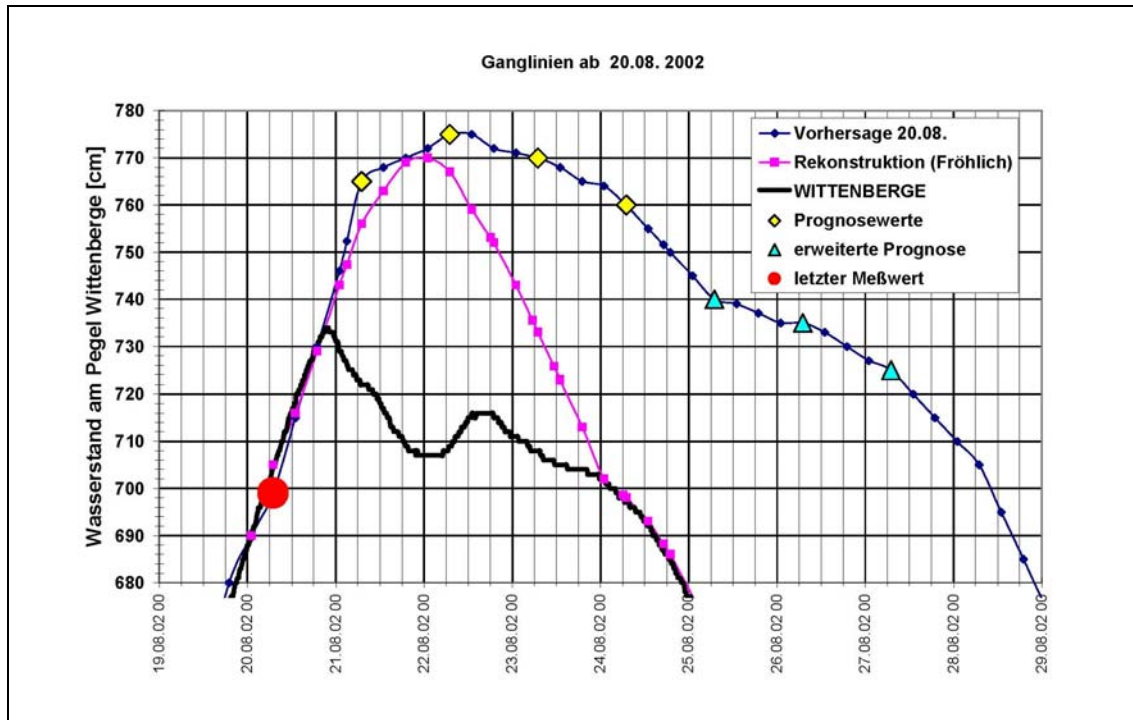


Abbildung 12: Ganglinie am 20. August 2002

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur Flutung der Havelniederung

Extreme Hochwasserereignisse	<p>Gegenstand des Gutachtens war die Untersuchung der Flutung der Havelniederung bei extremen Hochwasserereignissen (größer HQ_{100}). Im Mittelpunkt des Gutachtens stand dementsprechend der diesbezügliche Hochwasserschutz, nicht die Entwicklung der Havelniederung als Naturpark, die Gegenstand des aktuellen Gewässerrandstreifenprojektes ist bzw. sein wird.</p> <p>Die Konzentration auf extreme Ereignisse ist auch bei der Bewertung der untersuchten Auswirkungen der Flutung der Havelniederung hinsichtlich Ökologie und Landwirtschaft zu beachten.</p>
26,40 m NN Havelberg	<p>Als wesentliche Randbedingung für die Flutung der Havelniederung wurde ein maximaler zulässiger Wasserstand von 26,40 m NN in Havelberg angesetzt.</p>
Vielzahl denkbarer Ereignisse	<p>Das Gutachten basiert maßgeblich auf der realen Flutung der Havelniederung im August 2002, gekennzeichnet durch spezifische hydrologische Verhältnisse. Neben diesem Ereignis ist eine (praktisch unbegrenzte) Vielzahl von Hochwasserereignissen denkbar, die eine Flutung der Havelniederung erfordern bzw. sinnvoll machen, sich aber signifikant hinsichtlich des Hochwasserereignisses unterscheiden. Mit den im Gutachten untersuchten Szenarien wurde versucht, ein repräsentatives Spektrum möglicher Ereignisse zu erfassen. Dies schließt aber nicht aus, dass weitere Ereignisse eintreten, die nicht in dieses Spektrum passen. Daraus folgt, dass im Ereignisfall immer den konkreten Bedingungen Rechnung getragen werden muss.</p> <p>Nachfolgend werden zusammenfassend Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur Flutung der Havelniederung bei Extremhochwasser aus der Bearbeitung des gesamten Gutachtens gegeben.</p>

7.1 Flutung der Havelniederung zur Kappung des Hochwasserscheitels in der Elbe

Wichtiges Instrument des Hochwasserschutzes	<p>Die Flutung der Havelniederung ist und bleibt ein wichtiges Instrument des Hochwasserschutzes an Elbe und Havel, besonders auch für zukünftig u. U. noch extremere Ereignisse als es das Hochwasser 2002 war.</p> <p>Es wurde nachgewiesen, dass selbst bei besonders extremen Hochwasserereignissen in der Elbe mit großer Abflussfülle eine spürbare Entlastung in der Elbe bei Flutung der Havelniederung erzielt werden kann. Die erreichbaren Kappungsbeträge des Hochwasserscheitels bei den untersuchten Extremszenarien gehen bis ca. 60 cm. Bei Abflusssituationen mit höheren Haveldurchflüssen können die Kappungsbeträge jedoch gegen 0 cm gehen, d. h., eine Kappung ist nicht in jedem Fall möglich. Unter Berücksichtigung aller nutzbaren Speichermöglichkeiten im Haveloberlauf und in der Spree ist die kurzfristige Rückhaltung von zufließendem Eigenwasser im Ereignisfall zu prüfen.</p> <p>Bei sehr hohem Eigenwasserzufluss der Havel kann die Havelniederung allein zum Rückhalt von Havelwasser benötigt werden.</p> <p>Voraussetzung für die Realisierung des Kappungspotenzials ist in jedem Falle eine zutreffende Vorhersage der Elbwasserstände sowie die rechtzeitige Umsetzung aller zur Durchführung der Kappung beschlossenen Maßnahmen.</p> <p>Bei allen Szenarien mit Kappung wird ein Pegel von 800 cm in Wittenberge nicht überschritten. Nur bei einem Szenario (Hochwasser 2002 ohne Deichbrüche) wird aber das aktuelle BHW (745 über Pegel Null) in Wittenberge eingehalten, ohne die Wasserstände in Havelberg über 26,40 m NN steigen zu lassen.</p>
---	--

E1 → Die Anhebung des BHW in der Elbe bis Wittenberge ist zu prüfen!

E2 → Von erheblicher Bedeutung für eine Entscheidung zur Flutung und damit letztlich für eine erfolgreiche Scheitelkappung ist die verbesserte Hochwasservorhersage für die Elbe und die Havel.

Die Nutzung der Polder 7 bis 10 als Flutungspolder hat bei den untersuchten Szenarien keinen signifikanten Effekt bei der Kappung des Hochwasserscheitels in der Elbe.

E3 → Auf eine Ausweisung der Polder 7 bis 10 als Flutungspolder kann verzichtet werden.

Flutungswasser-
stand Havelberg
26,40 m

Während des Hochwassers 2002 wurde der gemäß Richtlinie mögliche Flutungswasserstand von 26,40 m NN in Havelberg zu Lasten einer möglichen stärkeren Kappung des Elbehochwassers nicht ausgeschöpft. Um bei zukünftig zu befürchtenden noch größeren Hochwässern vorbereitet zu sein, sollten alle Voraussetzungen für die Durchsetzung des Flutungswasserstandes von 26,40 m NN geschaffen werden. Dieser Wert stellt nach KRANAWETTREISER bereits einen Kompromiss zwischen dem ursprünglich dem Ausbau zugrunde liegenden Wert von 27 m NN (Denkschrift 1927) und dem Schutzbedürfnis der Stadt Havelberg dar. Als ein Hindernis bzgl. der Flutung auf den genannten Pegelwert wurde 2002 das Abwasserpumpwerk Havelberg benannt.

Eine, auch von o. g. Denkschrift ausgehende, grundsätzlich denkbare Erhöhung des Flutungswasserstandes auf 27,00 m NN und entsprechende Erhöhung der Deiche wird aus drei Gründen nicht für zielführend erachtet:

Flutungswasser-
stand Havelberg
27,00 m NN

- Es wären erhebliche Widerstände (und Kosten) seitens Havelberg zu erwarten.
- Wie die Modelluntersuchungen gezeigt haben, reicht die Kapazität der Flutung über das Wehr Neuwerben voraussichtlich nicht aus, einen Flutungswasserstand von 27 m NN in der Havelniederung zu erreichen.
- Es wären sehr umfangreiche Deichausbaumaßnahmen erforderlich. Bei geschätzten Kosten von ca. 1000 € pro laufenden m würden je nach den berücksichtigten Deichen bis zu 150 Mio. € anfallen!

E4 → Der gemäß Richtlinie zulässige Flutungswasserstand von 26,40 m NN in Havelberg sollte technisch und / oder politisch abgesichert werden.

7.2 Optimierung der Flutung aus der Sicht des Hochwasserschutzes

Die wirksamste Kappung des Elbe-Hochwasserscheitels wird erreicht, wenn die Flutung der Havelpolder spätestens mit Öffnung des Wehres Neuwerben erfolgt. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass als Entscheidungsgrundlage für die Flutung rechtzeitig eine gesicherte Vorhersage für den Pegel Wittenberge vorliegt

E5 → Werden Havelpolder als Speicher für die Kappung des Elbe-Hochwasserscheitels benötigt, sollte deren Flutung spätestens mit Öffnung des Wehres Neuwerben erfolgen.

Optimierung
Neuwerben

Die Effizienz einer Flutung hinsichtlich der Kappung des Elbe-Hochwasserscheitels kann im Ereignisfall durch Optimierung der Zuflüsse

- über das Wehr Neuwerben erhöht werden. Hierfür steht das Kappungsmodell zur Verfügung.
- Die verfügbaren Polder sind entsprechend ihrer Lage und Größe unterschiedlich effizient. Empfohlen wird folgende Rangfolge der Einbeziehung der Polder:
- E6 → **Die Flutung der Polder sollte mit wachsendem Bedarf nach folgender Priorität erfolgen:**
- Nur Havelschlauch
 - Havelschlauch, Polder Trübengraben, Schafhorst, Große Grabenniederung
 - Havelschlauch, Polder Trübengraben, Schafhorst, Große Grabennied., Warnau
 - Havelschlauch, Polder 1 bis 6.
- Die Reduzierung des Zuflusses aus dem Haveleinzugsgebiet trägt zur Minderung der Belastung der Havelniederung im Hochwasserfall bei, ist aber für die Kappung des Elbe-Hochwasserscheitels nachrangig.
- E7 → **Maßnahmen zum Hochwasserrückhalt im Ereignisfall über das im Jahr 2002 erzielte Maß hinaus sind zu prüfen.**
- Durch das frühe, erweiterte Öffnen des Wehres Quitzöbel in der Entleerungsphase kann der Wasserspiegel in Havelberg in der Endphase der Flutung gesenkt werden und die Flutungsdauer der Polder verkürzt sich (um bis zu 4 Tage im Vergleich zum Hochwasser 2002).
- E8 → **Das Wehr Quitzöbel sollte nach Abschluss der Kappung möglichst früh (frühestens 3 Stunden nach Schließen des Wehres Neuwerben) geöffnet und so gesteuert werden, dass kein erneuter Wasserstandsanstieg in der Elbe erzeugt wird.**
- Ein entscheidender Engpass bei der Kappung ist die lange Fließstrecke Neuwerben bis Havelberg (ca. 11,5 km), da erst ab hier Polder geflutet werden können. Aus Sicht der Flutung ist der Standort des Wehres ungünstig!
- E9 → **Alternative wasserbauliche Flutungskonzepte sind bei Bedarf hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses zu prüfen.**

7.3 Standsicherheit der Deiche

- Die Standsicherheit der Polderdeiche gilt nur bis 25,84 m NN als gesichert. Standsicherheitsnachweise stehen aus. Bei Überschreitung dieses Wertes soll gemäß Richtlinie grundsätzlich die Flutung der entsprechenden Polder erfolgen, unabhängig davon, ob deren Flutung aus Sicht der Kappung des Hochwasserscheitels in der Elbe sinnvoll ist. Dabei ist zwischen Poldern mit und ohne Flutungsbauwerken zu unterscheiden. Bei Poldern ohne Flutungsbauwerke ergeben sich durch die dann erforderlichen Deichschlitzungen erhebliche Kosten.
- E10 → **Die Standsicherheit der Polderdeiche ist zu überprüfen. Entsprechende Baugrunderkundungen sind durchzuführen.**
- Die Gewährleistung der Standsicherheit der Polderdeiche bis 26,40 m NN (Pegel Havelberg) kann die Häufigkeit notwendiger Polderflutungen senken.
- E11 → **Der Ausbau der Deiche auf die Flutungshöhe 26,40 m NN ist zu prüfen.**

7.4 Flutungsbauwerke, Deichschlitzungen

Flutungsbauwerke sind aufgrund der sehr seltenen Nutzung im Gegensatz zu Deichschlitzungen nicht wirtschaftlich, sofern die Flutungsbauwerke allein für die Polderflutung im Extremfall eingesetzt werden. Ein Vorteil der Flutungsbauwerke aus Gewässergütesicht ist allerdings, dass sie für eine gesteuerte Leerung der Polder nach Flutung einsetzbar sind (s. Abschnitt 7.7).

Unter Umständen sind Flutungsbauwerke auch für so genannte ökologische Flutungen einsetzbar (Abschnitt 7.8). Allerdings werden hier unterschiedliche Anforderungen an die Bauwerksdimension (und damit verbundene Kosten) gesehen. Aus der Sicht einer gesteuerten ökologischen Flutung erforderliche Bauwerke können kleiner dimensioniert sein als die eigentlichen Flutungsbauwerke.

E12 → Entscheidungen hinsichtlich neuer Flutungsbauwerke sind primär aus gewässerökologischer und naturschutzfachlicher Sicht zu treffen. Sofern die Errichtung geplant wird, sollten die Bauwerke auch aus Sicht der optimalen Flutung für den Hochwasserschutz ausgebaut werden.

Sofern für die Polder keine bzw. keine ausreichenden Flutungsbauwerke verfügbar sind, bleibt nur die ereignisabhängige Öffnung der Polder mittels Deichsprengung oder Deichschlitzung. Durch technische Vorsorge können Kosten im Ereignisfall gespart und die Sicherheit vor Ort erhöht werden.

E13 → Für Deichsprengungen / Deichschlitzungen sind Standorte vorzubereiten und technisch in angemessenem Maße zu sichern.

7.5 Flutung der Havelniederung aus der Sicht der Gewässergüte

Schlussfolgerungen aus der Sicht Gewässergüte

Nachfolgend sind die wesentlichen Aussagen und Empfehlungen aus Band 4 „Ökologische Aspekte der Flutung“ zusammengestellt:

- Um möglichst niedrige Wassertemperaturen während der Polderflutung zu gewährleisten (Minderung der hydrochemischen Stauwasserbelastung), sollten die Polder möglichst hoch eingestaut werden.
- Das Stauwasser in den Poldern sollte in Bewegung gehalten werden (Sauerstoffeintrag, Minderung der Überhitzung in Sommermonaten).
- Ab einer Einstaudauer von etwa 3 Tagen steigt die Gewässerbelastung durch fortschreitende Anaerobie stark an. Ab einer Einstaudauer von 10 Tagen kann es zu Totalverlusten von Ackerbeständen kommen.
- Die abbaubare organische Substanz auf den gefluteten Poldern bestimmt maßgeblich die Gewässerbelastung und damit verbundene ökologische Belastungen bzw. Schädigungen der lokalen aquatischen Fauna und Flora. Grünland sollte vor der Flutung gemäht und Getreideackerflächen sollten geerntet sein (bzw. nach Möglichkeit werden).
- Um die Nährstoffausträge bei der Polderflutung zu minimieren, wäre eine P-Aushagerung wünschenswert. Die P-Düngung ist zu minimieren.
- Aus der Sicht der Nährstoffausträge ist Maisanbau dem Getreideanbau vorzuziehen. Die höchsten Nährstoffausträge sind von ungemähtem Grünland zu erwarten.
- Speziell im Sommerhalbjahr ergaben sich erhebliche Manganrücklösungen speziell auf Grünlandflächen.
- Die mit der Manganrücklösung verbundene Schwarzfärbung führt zu starken, extrem negativen Milieuänderungen.

- Aus der Sicht der Manganrücklösungen sollten in den Sommermonaten die Polder nicht länger als 5 Tage, maximal 10 Tage geflutet bleiben.

Aus umfangreichen Feldversuchen wurde der theoretische Phosphorausstrag der Polder je nach Jahreszeit abgeschätzt. Die ermittelten Unterschiede im Phosphorausstrag zwischen den einzelnen Poldern von max. 50 % sind nicht ausreichend gesichert (umfangreiche, aber dennoch begrenzte Zahl von Beprobungsstellen und –terminen), zumal auch zukünftig mit Änderungen der Landnutzung gerechnet werden muss.

Aus diesem Grunde lassen sich aus Sicht der Gewässergüte keine eindeutigen Präferenzen bzgl. der Flutung / Nichtflutung einzelner Polder ableiten. Dazu kommt, dass sich der als bedeutsam ermittelte Grünlandanteil in den für eine Polderflutung wesentlichen Poldern (1, 4.1, 5 und 6) nur wenig unterscheidet.

7.6 Flutung der Havelniederung aus der Sicht der Landwirtschaft

Schlussfolgerungen aus der Sicht Landwirtschaft

Nachfolgend sind die wesentlichen Schlussfolgerungen zur Landwirtschaft aus dem Band 4 „Ökologische Aspekte der Flutung“ zusammengestellt:

- Die Jahreszeit und Überflutungshöhe ist für die Schäden auf Landwirtschaftsflächen (LF) entscheidend. Geringere Flutungshöhen führen zu geringeren Schäden.
- Geringer Grünlandanteil führt zu geringeren Flächenschäden auf LF.
- Die geringsten Schäden je Hektar Polderfläche treten in den Poldern Havelberg, Vehlgast und Warnau auf (ca. 350 €/ha bei 26,45 m DHHN92).
- Die größten Schäden je ha Polderfläche treten im Polder Schafhorst auf (ca. 400 €/ha bei 26,45 m DHHN92).
- Betriebswirtschaftliche Anpassungsreaktionen sind bei Hochwassersituation, die im Abstand von mehreren Jahrzehnten auftreten, weder sinnvoll noch notwendig.

Schadensbilanz

Die am Beispiel des Hochwassers 2002 durchgeführte Schadensbilanz wies zwischen den einzelnen Poldern (pro ha) keine signifikanten Unterschiede auf, die Prioritäten bzgl. der Flutung / Nichtflutung einzelner Polder ableiten ließen. Dazu kommt auch hier, dass zukünftig mit Änderungen der Landnutzung gerechnet werden muss.

7.7 Integrale Betrachtung zur Flutung der Havelniederung

Hier stellt sich die Frage, ob und in welchem Maße die Anforderungen an die Polderflutung aus den Sichten Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz, Ökologie und Gewässergüte sowie Landwirtschaft vereinbar sind. Folgende Entscheidungen sind dabei wesentlich:

- welche Polder werden geflutet
- wie lange sind sie geflutet
- mit welchen Wasserständen werden sie geflutet.

Hierbei kann und muss noch zwischen der Jahreszeit unterschieden werden, in der die Flutung stattfindet.

Reihung der Polder

Wie oben dargestellt, ergeben sich weder aus gewässerökologischer Sicht noch aus landwirtschaftlicher Sicht eindeutige Präferenzen für eine Reihung der Polder bzgl. Flutung / Nichtflutung. Die Flutung kann deshalb prioritär

- aus der Sicht des Hochwasserschutzes, d. h. der angestrebten Kappung des Elbe-Hochwasserscheitels, erfolgen (Rangfolge s. oben).
- In jedem Fall ist bei einer sommerlichen Polderflutung anzustreben, Grünlandstandorte schnellstmöglich zu mähen und die dabei anfallende Mahd aus den Polderflächen zu entfernen. Gleiches gilt analog für Ackerflächen.
- E14 → Im Ereignisfall einer Flutung sollten die Flächen soweit als möglich gemäht / geerntet werden. Entsprechende Organisationsregelungen sollten vorbereitet werden.**
- Dauer der Flutung**
- Die Mindestdauer der Flutung ist von den hydrologischen Verhältnissen in Havel und Elbe abhängig. Wie die Szenarioanalysen in Band 3 zeigen, ist grundsätzlich mit einer Flutungsdauer von weit über 10 Tagen zu rechnen. Dem steht gegenüber, dass aus Sicht der Gewässergüte eine Flutung nicht länger als drei Tage, maximal 10 Tage andauern sollte. Eine Verkürzung der Flutungsdauer durch technische Bauwerke (Flutungsbauwerke in Verbindung mit Schöpfwerken zur Polderleerung) ist aber nicht praktikabel. Dies würde eine Schöpfwerkskapazität von weit über 100 m³/s erfordern (die im statistischen Mittel aber nur aller 100 Jahre abgerufen werden würde).
- Aus Sicht der Gewässergüte ist die Option einer langsamen Rückführung des Stauwassers in die Havel zu bevorzugen. Dies gilt insbesondere bei Vorhandensein von stark sauerstoffarmem und nährstoffreichem Überstauwasser.
- E15 → Die Gewässergüte nach Flutung ist zu überwachen. Bei der Leerung der Polder sind Gewässergüteaspekte zu beachten. Soweit möglich und erforderlich, ist das Stauwasser langsam in die Havel zurückzuführen.**
- Als Option kann und sollte je nach Witterungssituation abgewogen werden, ob das Wasser in den Poldern stehen gelassen wird (langsame Versickerung / Verdunstung). Dies ist aus der Sicht der Gewässereutrophierung ohne Zweifel vorteilhaft. Nachteilig und u. U. aus landwirtschaftlicher Sicht problematisch ist die längere Nichtnutzbarkeit des Polders. Zu beachten ist weiter, dass ein solcher Polder dann nur bedingt für neue Hochwasserereignisse zur Verfügung stehen würde.
- E16 → Bei extremen Nährstoffbelastungen des Stauwassers ist zu prüfen, das Wasser auf der Fläche stehen zu lassen.**
- Bewegung in gefluteten Poldern**
- Oben (Abschnitt 7.5) wurde empfohlen, das Wasser in gefluteten Poldern aus der Sicht der Gewässergüte nach Möglichkeit in Bewegung zu halten. Unter Beachtung der Dimension der Polder und fehlender technischer Steuereinrichtungen werden hier erhebliche Grenzen gesehen. Solange die Polderflutung ein „Jahrhundertereignis“ bleibt, erscheint die Errichtung entsprechender Einrichtungen nicht opportun. Im Ereignisfall sollte versucht werden, die vorhandenen Möglichkeiten polderspezifisch auszuschöpfen.
- Die Wasserstände in den Poldern werden von der Strategie der Polderflutung bestimmt. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass die Polder dann und nur dann geflutet werden, wenn sie auch bis zum Wasserstand von 26,40 m NN genutzt werden. Dem steht im Moment allerdings noch die eingeschränkte Deichstandsicherheit entgegen.

7.8 Hochwasserangepasste Grünlandvegetation / ökologische Flutungen

- Ökologische Flutungen**
- Eine Möglichkeit zur Verbesserung der ökologischen Verhältnisse bei einer Polderflutung ist die Kultivierung von an Hochwasser angepasster Vegetation. So genannte „ökologische Flutungen“ sind eine mögliche und bereits vielfach praktizierte Maßnahme. Kernbestandteil der Regulierung stellt die regelmäßige, begrenzte Polderflutung zum Zwecke der langfristigen Adaptation der lokalen Fauna dar (BETTMANN, BAUER, 2005; BÜCHELE, 2006).

**Prüfung der
Hochwasser-
neutralität**

Wirkliche ökologische Flutungen setzen eine intakte Gewässeraue – ohne gesteuerte Polder - voraus. Die in der unteren Havelniederung gegebene Situation steht dem entgegen. Denkbar ist, mit Hilfe geeigneter Bauwerke eine begrenzte, regelmäßige Flutung von Teilen der Havelpolder zu realisieren. Dies darf aber nicht dazu führen, dass das verfügbare Poldervolumen für eine Hochwasserscheitelkappung signifikant reduziert wird. Entsprechende Untersuchungen und Planungen könnten durchgeführt werden.

8 Literatur

- BETTMANN T., BAUER H. (2005): HOCHWASSERSCHUTZ AM RHEIN DURCH DEN POLDER INGELHEIM, WASSER UND ABFALL 9, S. 41 – 45
- BfG (2002): Das Auguthochwasser 2002 im Elbegebiet. Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz.
- BÜCHELE/IWK UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2002): RETENTIONSWIRKUNGEN ENTLANG DER ELBE, IN: [URL:HTTP://ELISE.BAFG.DE/?3960](http://elise.bafg.de/?3960)
- BUCHTA, R. (2002): Hochwasserschutz und Landnutzung in der unteren Havelniederung – Schlussfolgerungen aus dem Elbe-Hochwasser vom August 2002. – Untere Havel - Naturkundliche Berichte aus Altmark und Prignitz. Heft 12 (3). S. 32-37
- DHI DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (2002): Reference manual and user manual for MIKE-11 River Model, DHI, Copenhagen.
- DIERSCH H. J. (2005): Grundwassersimulationssystem FEFLOW; User-/reference Manual, WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH, Berlin, 2005
- GRÜNEWALD U. (2006): Studie zur Ableitung von Hochwasserbemessungswerten im deutschen Binnen-Elberaum insbesondere für den Pegel Wittenberge, BTU Cottbus
- IKSE (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg.
- KNÖSCHE, R. (2003b): Fischökologische und fischereiliche Schäden durch Extremhochwässer. In: Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 12 (3). S. 92 - 94
- LHW (2003): Hochwasserereignisse im Sommer 2002 in Sachsen-Anhalt. Hochwasserbericht (Entwurf) des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Magdeburg.
- LUA (2002): Das Elbehochwasser im Sommer 2002. Bericht des Landesumweltamtes Brandenburg, Abteilung Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Potsdam.
- SEL (2002): Hochwasser August 2002. Gemeinsamer Erfahrungsbericht von Sondereinsatzleitung und Beraterstab Wehrgruppe Quitzöbel, Magdeburg.