

31. Mai 2013

VG-Nr. (AG): 532 / 2010 / 60
Projektnummer (AN): W-7320

Vereinigte Mulde, Hochwasserschutzdeich Laußig – Mörtitz

Zweidimensionale hydraulische Modellierung



Erläuterungsbericht

Auftraggeber: Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen
Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster
Gartenstraße 34, 04571 Rötha
☎ 034206 / 588 - 200

Auftragnehmer:



An der Pikardie 8, 01277 Dresden
☎ 0351 / 21 683 - 30

Projektleiter / -bearbeiter: Dipl.-Ing. T. Noack

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) S. Richter

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Zielstellung	3
2	Bearbeitungsgrundlagen	3
3	Untersuchungsgebiet und bestehende Verhältnisse	4
4	Berechnungsprogramm und Modellnetz	7
5	Modellaufbau und angesetzte Randbedingungen	8
6	Vorgehen bei der Überschwemmungsgebietsermittlung	9
7	Hochwasserwellen und Scheitelabflüsse	9
8	Untersuchte Zustände	10
9	Auswertung der Berechnungsergebnisse	12
9.1	Istzustand	12
9.1.1	Leistungsfähigkeit des bestehenden Deichs und Überschwemmungsflächen	12
9.1.2	Retentionsverhalten	15
9.2	Auswirkungen untersuchter Maßnahmen und Deichbrüche	16
9.2.1	Aufhöhung der Deiche Laußig – Mörtitz und Zschepplin	16
9.2.2	Errichtung des Ringdeichs Gruna	20
9.2.3	Gefährdung der Ortslage Mörtitz durch drohende Deichbrüche	20
10	Zusammenfassung	21

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Istzustand - Wassertiefenkarten
1.1	Wassertiefen bei HQ(25)
1.2	Wassertiefen bei HQ(50)
1.3	Wassertiefen bei HQ(100)
1.4	Wassertiefen bei HQ(200)
Anlage 2	Planzustände 1, 2 und 3 - Wassertiefenkarten
2.1	Wassertiefen Planzustand 1
2.2	Wassertiefen Planzustand 2
2.3	Wassertiefen Planzustand 3
Anlage 3	Digitale Daten auf CD-ROM

1 Veranlassung und Zielstellung

Die Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV), vertreten durch den Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster (BEMUWE), beabsichtigt die Verbesserung des Hochwasserschutzes rechtsseitig der Vereinigten Mulde nördlich von Eilenburg. Hier schützt der Hochwasserschutzdeich Laußig - Mörtitz heute zuvorderst die Ortslagen Gruna und Mörtitz, mehrere Ortsverbindungsstraßen und große landwirtschaftlich genutzte Flächen bis zu Hochwässern mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 25 Jahren.

Erste Überlegungen zur Herstellung eines nachhaltigen Hochwasserschutzes am Deich Laußig – Mörtitz wurden 2004 im Hochwasserschutzkonzept (HWSK) für die Mulden im Regierungsbezirk Leipzig angestellt. Diese wurden 2006 im Rahmen der so genannten Polderstudie für drei Maßnahmekomplexe an der Vereinigten Mulde in Sachsen nördlich von Eilenburg anhand einer zweidimensionalen hydraulischen Modellierung konkretisiert.

Für den Deich Laußig – Mörtitz wurde darin empfohlen, bei Ereignissen >HQ(25) auch das Deichhinterland gezielt für die Hochwasserabführung zu nutzen. Zum Schutz der Ortslage Gruna wurde die Errichtung eines Ringdeichs vorgeschlagen. Außerdem machte die damals untersuchte Methode einer möglichst starken Beaufschlagung des Deichhinterlands den Schutz tief gelegener Bebauung der Ortslage Mörtitz durch einen Flügeldeich notwendig. Die im Auftrag des BEMUWE laufenden Planungen konzentrieren sich wegen des festgestellten Schutzdefizits und der hohen Schadenspotenziale auf diese beiden Siedlungsbereiche. Zusammenhängende Bebauung in Laußig liegt hingegen ausreichend hoch und von Hochwasser praktisch nicht betroffen.

Zur Schaffung von Bemessungsgrundlagen für die Hochwasserschutzplanungen waren das zweidimensionale hydraulische Modell der Polderstudie 2006 um aktuelle Vermessungsdaten zu ergänzen und instationäre Wasserspiegellagenberechnungen für verschiedene Hochwasserereignisse durchzuführen. Zu untersuchen waren außerdem sowohl die Auswirkungen einer Erhöhung des gesamten Deichs Laußig – Mörtitz und des am gegenüber liegenden Flussufer verlaufenden Deichs Zschepplin wie auch eines möglichen Bruchs des Deichs Laußig – Mörtitz in standsicherheitsgefährdeten Abschnitten auf die Hochwasserabflussverhältnisse der Mulde.

2 Bearbeitungsgrundlagen

Für die hydraulische Modellierung wurden folgende Grundlagen genutzt:

- /1/ Hochwasserschutzkonzept Mulden im Regierungsbezirk Leipzig; AG: LTV Sachsen, BEMUWE (damals: TSM Untere Pleiße); AN: Plan.-ges. Scholz + Lewis mbH; 2004
- /2/ Maßnahmeprogramm für die Errichtung gesteuerter Flutungspolder und die Rückverlegung von Hochwasserschutzdeichen an der Vereinigten Mulde im Lkr. Delitzsch (Polderstudie); AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: Plan.-ges. Scholz + Lewis mbH; 2006
- /3/ Vorhaben Nr.: 1.9 + 1.10 Vereinigte Mulde Niederglauch, Oberglauch, Hohenprießnitz - Neubau, Vorplanung - terrestrische Vermessung des Deichs Glaucha – Hohenprießnitz; AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: Plan.-ges. Scholz + Lewis mbH; 2006
- /4/ Vereinigte Mulde, Eilenburg – West, nördlich Schlosssae, Abschnitt 1.3, Hochwasserschutz Herstellung von Verwallungen (Planung und Bauüberwachung) - Bestandsvermessung der Verwallungen, AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: Plan.-ges. Scholz + Lewis mbH, vermessen durch Klemm & Hensen GmbH; 2012

- /5/ Vereinigte Mulde, Hochwasserschutz Eilenburg- West, Deich Hainichen - Zschepplin – terrestrische Vermessung des Deichs Hainichen – Zschepplin; AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: Plan.-ges. Scholz + Lewis mbH; 2008
- /6/ Hochwasserschutz Vereinigte Mulde rechts, HWD Laußig – Mörtitz, Entwurfsvermessung; AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: Scholz Ingenieurvermessungen GmbH; 2011
- /7/ digitale Daten DGM2 für das Projektgebiet; übergeben vom BEMUWE im Februar 2011
- /8/ Ringdeich Gruna, Vorplanung – östliche Ringdeichtrasse; AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: eta AG engineering; übergeben vom AN im November 2011
- /9/ Deichinstandsetzung Laußig – Mörtitz, km 6+300 bis 7+880, Vorplanung – Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen; AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: Ing.-ges. Macke; übergeben vom BEMUWE im November 2011
- /10/ Vorhaben 2.4 - Deichrückverlegung Bennewitz-Püchau, Deich Groitzsch – Bennewitz; Zweidim. hydr. Modellierung; AG: LTV Sachsen, BEMUWE; AN: Plan.-ges. Scholz + Lewis mbH; Stand: Oktober 2010

3 Untersuchungsgebiet und bestehende Verhältnisse

Bei der Vereinigten Mulde handelt es sich um einen Flachlandfluss (teilweise den Hügel- und Flachlandgewässern zuzuordnen) mit Einzugsgebiet im Mittelgebirge. Charakteristisch für den Unterlauf sind seine ausgeprägten Mäander und die weitläufige flache Flussaue. Insbesondere nördlich von Eilenburg ist ein breites Bett mit Tief- und Flachwasserbereichen für das Gewässer charakteristisch. Der Muldelauf und die angrenzende Flussaue befinden sich hier in einem naturnahen Zustand. Die Mulde ist nicht reguliert, sie zeigt Abbruchkanten an Steilufern und großflächige Kies- (und Schlamm)bänke.

Nördlich von Eilenburg schützen beiderseits des Flusses mehrere sehr lange und häufig ufernah verlaufende Deiche die in der Flussaue liegenden kleineren Ortschaften. Errichtet wurden sie in den 1930er Jahren mit dem hauptsächlichen Ziel, die fruchtbaren landwirtschaftlichen Flächen zu sichern.

Der 7,880 km lange Deich Laußig – Mörtitz befindet sich rechtsseitig der Mulde und verläuft über weite Strecken parallel zum Fluss, stellenweise auch in Scharlage. Er beginnt südlich von Laußig, umläuft die Ortslage Gruna und endet südlich von Mörtitz. Neben den Ortslagen Gruna und Mörtitz sowie den landwirtschaftlich genutzten Flächen bietet er zwei Ortsverbindungsstraßen und einer Kleingartenanlage bei Laußig Schutz vor Muldehochwassern (vgl. Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2).

Gemeinsam mit den am gegenüber liegenden Muldeufer befindlichen Deichen Zschepplin und Bad Düben – Hohenprießnitz engt er das Hochwasserabflussprofil der Mulde stark ein. Speziell die Trassierung an seinem südlichen Ende bei Mörtitz ist aus hydraulischer Sicht im Hochwasserfall problematisch, weil sie quer zur Hauptströmungsrichtung des rechten Vorlands verläuft.

Der Deich ist durchschnittlich etwa 2,0 m hoch, wobei er in Gruna streckenweise von Hochuferabschnitten oder integrierter Bebauung unterbrochen wird. Er quert mehrere Altwässer der Mulde und trennt sie vollständig vom Abflussregime des Flusses. Das Deichhinterland wird über ein Grabensystem entwässert, welches an die Siele Laußig und Gruna angeschlossen ist. Hierbei ist der zum Siel Laußig führende Ziegelgraben der bedeutendste Grabenlauf.

Abbildung 3.1: Übersicht Modellgebiet und Lage des Deichs Laußig - Mörtitz

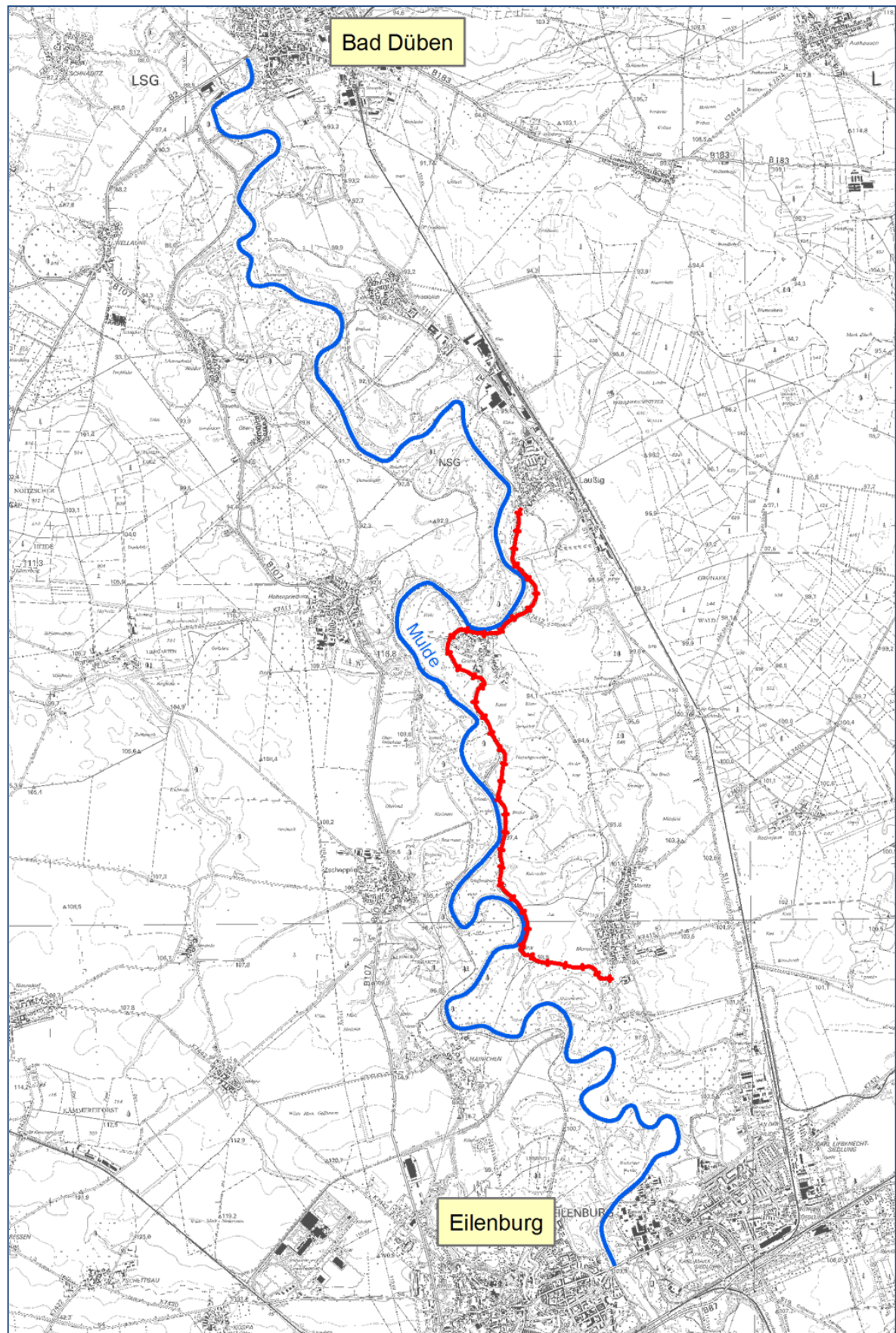
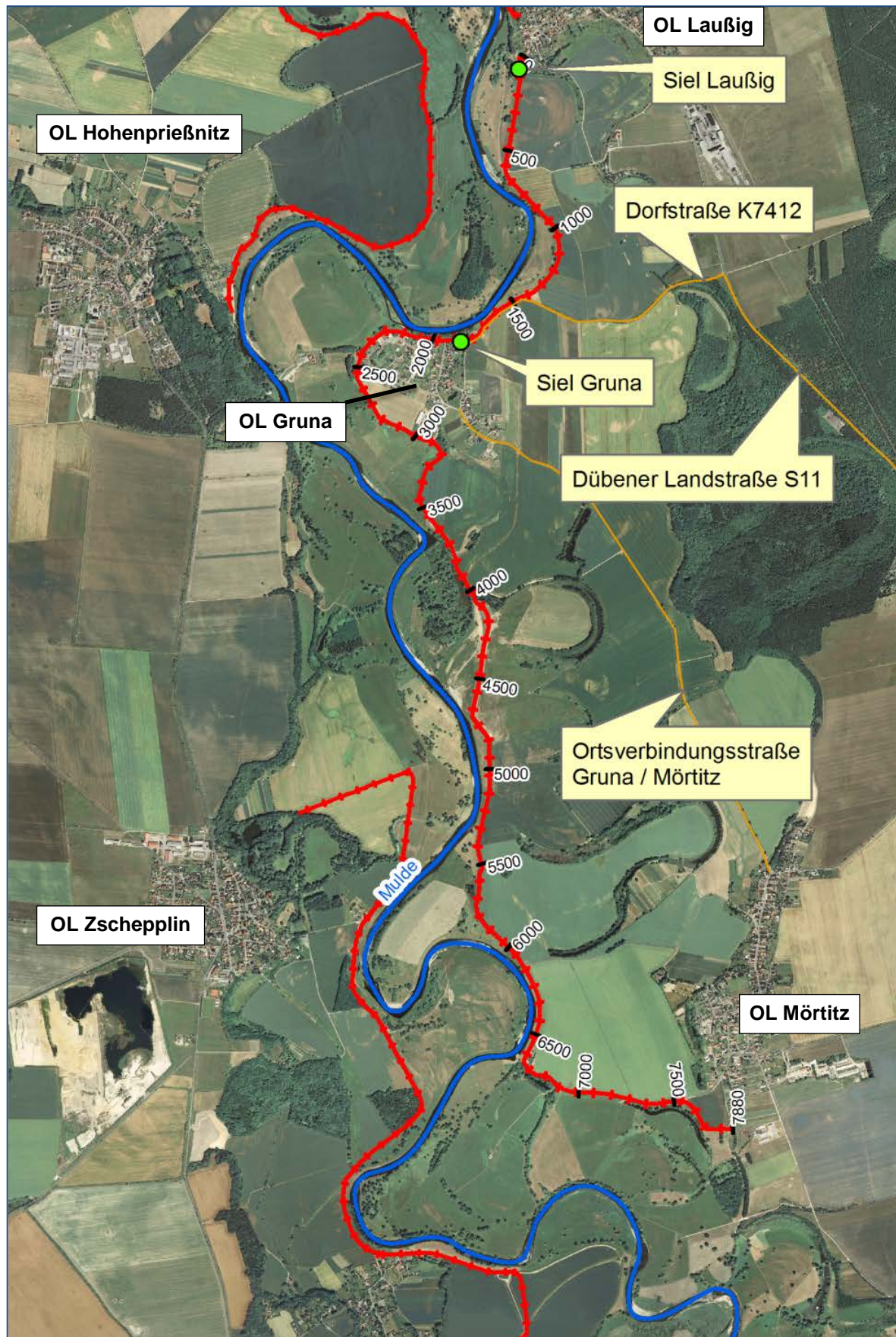


Abbildung 3.2: Siedlungsstruktur und Nutzungen im Deichhinterland

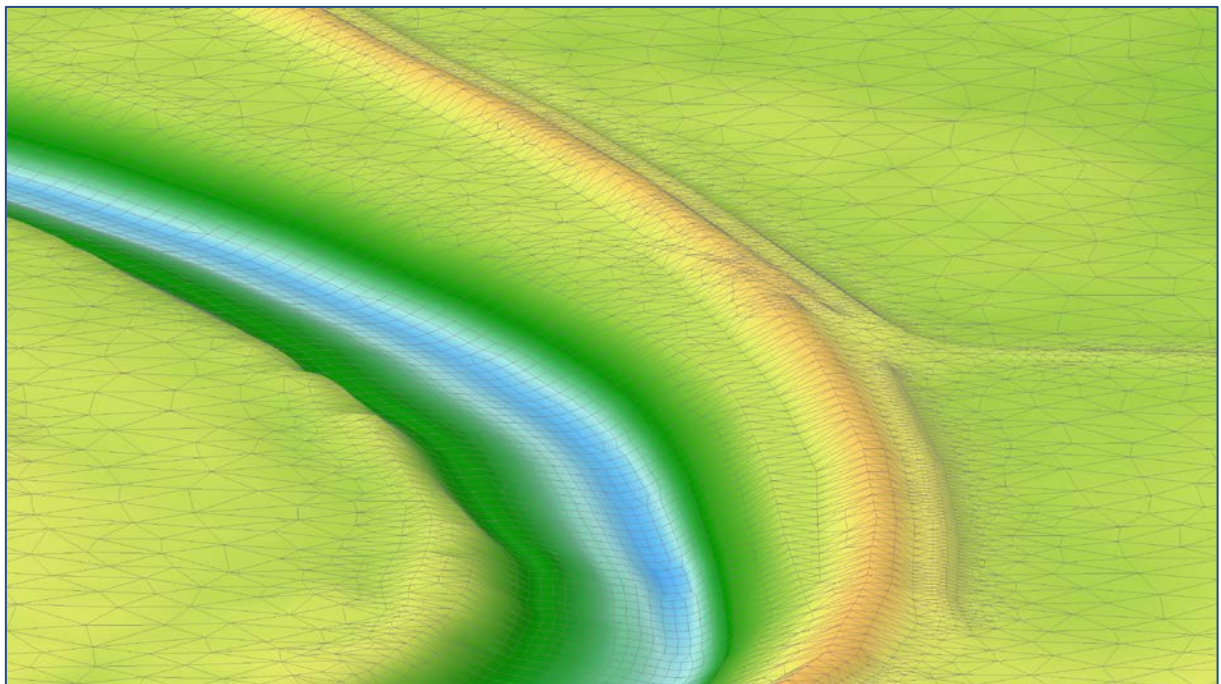


4 Berechnungsprogramm und Modellnetz

Die zweidimensionale hydraulische Modellierung erfolgte mit dem Programmpaket SMS 9.0 / HYDRO_AS-2D 2.1. Die Berechnungen basieren auf einem aus Drei- bzw. Viereckselementen bestehenden Modellnetz, welches die Topologie des Geländes einschließlich der Hohlform des Flussschlauchs nachbildet (Abbildung 4.1). Dieses Modellnetz ist eine Vergrößerung des aus den Vermessungsunterlagen mit der höchsten verfügbaren Genauigkeit aufgebauten und im Programm ArcGIS 9.3 verwalteten digitalen Geländemodells (DGM). Es muss gewissen geometrischen Anforderungen des Berechnungsprogramms genügen und alle strömungstechnisch relevanten Strukturen erfassen.

Bei der Datenaufbereitung wurde besondere Sorgfalt darauf verwandt, ein Berechnungsnetz zu erzeugen, dessen Form sich sowohl dem Strömungsverlauf als auch dem Geländeverlauf weitgehend anpasst. Die Elemente wurden so gebildet, dass alle wichtigen Bruchlinien (Ufer, Verkehrsdämme, Gebäude...) durch das Netz adäquat abgebildet werden. Gebäude sowie Bauwerkspfeiler und -widerlager wurden aus dem Modellnetz entfernt, um sie als nicht durchströmbar zu definieren.

Abbildung 4.1: Modellnetz mit farblich abgestuften Geländehöhen



Während die Bearbeitung des Modellnetzes und die Zuweisung spezifischer Kennwerte (Materialeigenschaften, etc.) im Programm SMS 9.0 vorgenommen wurde, diente der direkt an SMS gekoppelte Berechnungskern HYDRO_AS-2D 2.1 der Lösung von Finite-Volumen-Gleichungen anhand der zweidimensionalen tiefengemittelten Strömungsgleichungen. Dies geschieht durch Integration der dreidimensionalen Kontinuitätsgleichung und der Reynolds- bzw. Navier-Stokes-Gleichungen für inkompressible Flüssigkeiten über die Wassertiefe unter Annahme einer hydrostatischen Druckverteilung. Damit ist die Berechnung komplizierter stationärer sowie instationärer Abflusssituationen bei Hoch- und Niedrigwasser möglich.

Die zweidimensionale Simulation liefert skalare und vektorielle Ergebnisse (Wasserstandshöhen, Größe und Richtung von Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen etc.) für die benetzten Knoten des Modellnetzes und gibt Aufschluss zu Überschwemmungsgrenzen, Ab-

flusssaufteilungen im Flussschlauch und den Vorländern sowie bei instationären Berechnungen zu Retentionswirkung und Überflutungsdauer. Außerdem lassen sich aus den Primärergebnissen weitere Parameter, wie bspw. die knotenbezogenen Froude-Zahlen oder Energiehöhen einfach berechnen.

Das Programm HYDRO_AS-2D kann aufgrund der angewandten Strömungsgleichungen sowohl strömende als auch schießende Abflusszustände berechnen und ist in der Lage, komplizierte Strömungsprozesse an Bauwerken (eingestaute und überströmte Brücken, unter- und überströmte Wehre, etc.) korrekt abzubilden.

5 Modellaufbau und angesetzte Randbedingungen

Grundbaustein des neu erstellten Modells ist das 2006 in /2/ genutzte Modell. So wurden beispielsweise die landnutzungsabhängigen Rauheitsbeiwerte wie auch die östliche und westliche Begrenzung von dort unverändert übernommen. Auch von der Netzgeometrie des Flussbetts konnten einige Abschnitte weiter genutzt werden. Allerdings wurden hier größere Anpassungen hinsichtlich der Elementgrößen vorgenommen.

Weil die vorliegenden Laserscandaten /7/ starke Bettverlagerungen während der letzten Jahre dokumentieren, war es außerdem erforderlich, den Flussbettverlauf den heutigen Verhältnissen merklich anzupassen. Dabei konnte mangels aktuellerer Daten nur auf die aus den 1990er Jahren stammende Querprofilvermessung zurückgegriffen werden, auf denen bereits das eindimensionale hydraulische Modell des Hochwasserschutzkonzepts /1/ aufbaut.

In den Vorlandbereichen wurde das Modell wegen der zwischenzeitlich deutlich verbesserten Datenlage (terrestrische Vermessungen aller Deiche, flächendeckendes Laserscan-DGM...) von Grund auf neu entworfen.

Das Modell umfasst den etwa 27,7 km langen Muldeabschnitt vom Auslauf der Eilenburger Muldebrücke im Zuge der K7442 (Torgauer Brücke) bis zum Pegel Bad Düben am Einlauf der Brücke im Zuge der B2 in Bad Düben. Es beinhaltet außerdem einen etwa 2 km langen Abschnitt des unteren Eilenburger Mühlgrabens.

Modellzuläufe wurden am südlichen Muldequerschnitt (Auslauf Torgauer Brücke) sowie am Mühlgrabenquerschnitt in Höhe der Clara-Zetkin-Straße unweit des Stadions Schlossaue angeordnet. Dabei wurde von einer Abflusssaufteilung zwischen Mulde (90%) und Mühlgraben (10%) ausgegangen, wie sie in /10/ ermittelt worden war.

Das Modell deckt die potenziell überschwemmbar Flussaue vollständig ab. Ausnahmen sind hierbei die Eilenburger Hochwasserschutzanlagen (HWS-Wand Eilenburg-West 1.2, HWS-Deich Eilenburg-West 1.3, HWS-Wand Eilenburg-Ost ECW sowie HWS-Wände Eilenburg-Mitte am Mühlgraben). Sie bilden Modellränder und wurde als nicht überströmbar angenommen.

Der Abschnitt des Deiches Bad Düben – Hohenprießnitz zwischen Schnaditz und Wellaune ist ebenfalls als Modellrand definiert. Allerdings wurde dieser Deichabschnitt mit der Möglichkeit einer Überströmung ausgestattet, um einen die Berechnungsergebnisse in Laußig / Gruna verfälschenden Rückstau zu vermeiden. Das überströmende Wasser wird unmittelbar hinter dem Deich dem Modell entnommen.

Der Hauptauslauf des Modells wurde am Muldequerschnitt in Höhe des Pegels Bad Düben angeordnet. Als Auslaufrandbedingungen wurde die in /2/ ermittelte und im Zuge der Planungen zum Polder Löbnitz konkretisierte Wasserstands-Abfluss-Beziehung angesetzt.

6 Vorgehen bei der Überschwemmungsgebietsermittlung

Um Überschwemmungsflächen und -intensitäten zu ermitteln, ist der sich zwischen den benetzten Modellknoten aufspannende Wasserspiegel mit dem Gelände zu verschneiden. Dafür kann das Modellnetz genutzt werden, weil es selbst ein (ausgedünntes) DGM darstellt.

Voraussetzung dafür ist, dass die Elementgrößen ausreichend klein gewählt wurden, damit sich alle potenziellen Fließwege in den Geländekonturen wiederfinden. Dies ist im vorliegenden Modell der Fall. Die sich damit ergebenden Überschwemmungsflächen weisen für die technische Planung einen ausreichend großen Detaillierungsgrad auf.

Wegen der instationären Betrachtungsweise wurden für die kartografischen Darstellungen die sich während eines simulierten Hochwassers einstellenden größten Wasserstände an den Modellknoten als maximale Wasserspiegellage ausgewertet. Es handelt sich bei den gezeigten Überschwemmungsflächen der Ereignisse HQ(T) also jeweils um die umhüllende Fläche des gesamten Simulationszeitraums.

7 Hochwasserwellen und Scheitelabflüsse

Im Zuge der Bearbeitung des HWSK für die Freiberger, Zwickauer und Vereinigte Mulde im damaligen Regierungsbezirk Leipzig /1/ wurden 2003/2004 die über mehrere Jahrzehnte an den Pegeln beobachteten Abflüsse statistisch neu ausgewertet. Schließlich wurden für markante Punkte (z.B. Pegel und Nebengewässermündungen) die charakteristischen Hochwasserabflüsse HQ(T) für die statistischen Wiederkehrintervalle $T = 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 300$ und 500 Jahre ermittelt. Für die hier maßgebenden Ereignisse sind die HWSK-Vorgaben zum Scheitelabfluss an den Pegeln Golzern und Bad Düben sowie am Modellzulauf in Eilenburg in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

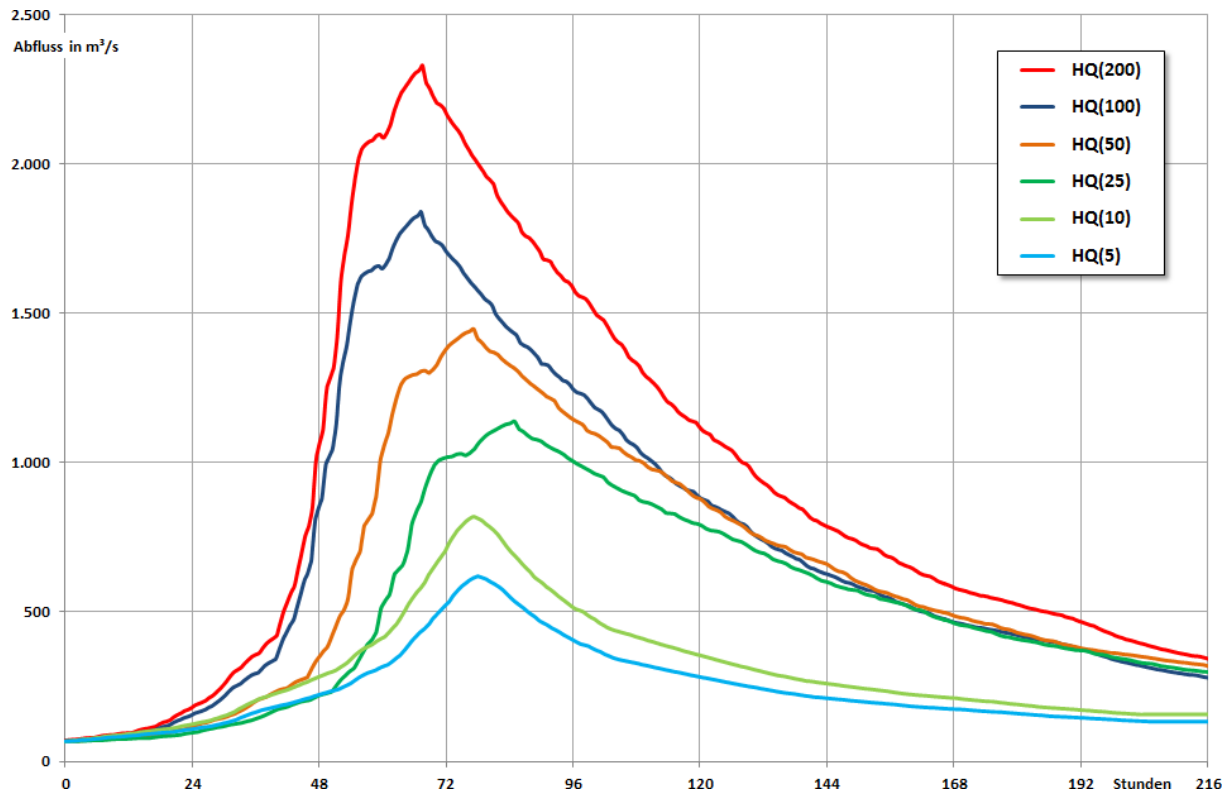
Tabelle 7.1: Scheitelabflüsse HQ(T) an den Pegeln Golzern und Bad Düben sowie am Modellzulauf in Eilenburg gemäß HWSK 2004 in [m³/s]

	HQ(10)	HQ(25)	HQ(50)	HQ(100)	HQ(200)
Pegel Golzern	855	1.180	1.520	1.960	2.570
Eilenburg	820	1.140	1.450	1.840	2.330
Pegel Bad Düben	793	1.100	1.390	1.730	2.140

Berechnungen mit dem zweidimensionalen hydraulischen Modell wurden für die Abflussergebnisse HQ(10) bis HQ(200) vorgenommen. Sie erfolgten für alle betrachteten Ereignisse instationär. Dabei wurden charakteristische Abflussganglinien angesetzt, die 2006 im Zuge der Polderstudie /2/ für den Pegel Bad Düben ermittelt und auf den Modellrand in Eilenburg transformiert worden waren.

Die angesetzten Zulaufganglinien am oberen Modellrand in Eilenburg sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Wie in Punkt 5 beschrieben, wurden die Zulaufmengen zwischen der Mulde (90%) und dem Mühlgraben in Eilenburg (10%) aufgeteilt.

Abbildung 7.1: Am Modellrand in Eilenburg angesetzte Abflussganglinien HQ(T)



8 Untersuchte Zustände

Zunächst galt es, die Leistungsfähigkeit des bestehenden Deichs Laußig – Mörtitz auf Basis des um die neuen Vermessungsunterlagen aktualisierten 2D-Modells zu ermitteln und eine Vergleichsgrundlage für die anschließend zu betrachtenden Planzustände zu schaffen:

- **Istzustand:** Das Modellszenario spiegelt den (gemäß neuester Bestandsunterlagen) aktuellen Zustand des Gewässers und seiner Anlagen wider. Instationäre Berechnungen wurden im Istzustand für HQ(5), HQ(10), HQ(25), HQ(50), HQ(100) und HQ(200) durchgeführt.

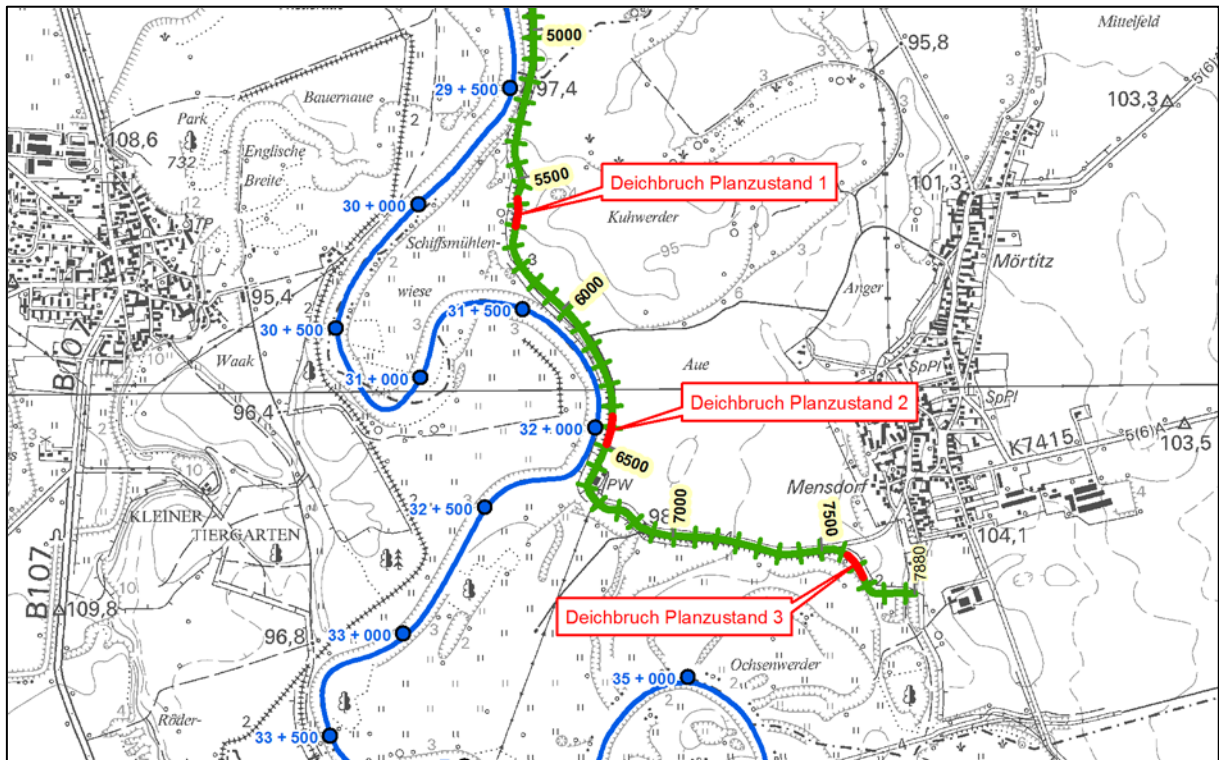
Um die gegenseitige Beeinflussung der Deiche Laußig – Mörtitz und Zschepplin zu untersuchen, wurden zwei Planzustände 0A und 0B entworfen:

- **Planzustand 0A:** wie Istzustand, jedoch Deich Zschepplin am linken Flussufer in bestehender Trasse aufgehört; instationäre Berechnungen wurden für HQ(25), HQ(50), HQ(100) und HQ(200) durchgeführt. Die Verhältnisse bei HQ(10) ändern sich gegenüber dem Istzustand nicht, weil bei diesem Ereignis keine Deichüberströmung stattfindet.
- **Planzustand 0B:** wie Planzustand 0A, jedoch zusätzlich Deich Laußig – Mörtitz in bestehender Trasse aufgehört; instationäre Berechnungen wurden für HQ(50), HQ(100) und HQ(200) durchgeführt. Die Verhältnisse bei HQ(10) und HQ(25) ändern sich gegenüber dem Planzustand 0A nicht, weil bei diesem Ereignis keine Deichüberströmung stattfindet.

Schließlich waren Bemessungswasserspiegellagen für den geplanten Ringdeich Gruna zu ermitteln. Dazu wurde die geplante Ringdeichtrasse in das Modellszenario des Istzustands eingearbeitet. Gleichzeitig sollte geklärt werden, welche Auswirkungen mögliche Deichbrüche am südlichen Deichende bei Mörtitz auf die Abflussverhältnisse im Deichhinterland haben. Als potenziell deichbruchgefährdete Abschnitte wurden dabei 3 Bereiche ausgemacht, aus denen sich die Planzustände 1, 2 und 3 ableiten (vgl. Abbildung 8.1):

- **Planzustand 1:** Das Modellszenario basiert auf dem Istzustand. Zusätzlich wurde der geplante Ringdeich Gruna (Stand /8/) in das Modell eingearbeitet. Bei den instationären Berechnungen für HQ(100) wurde bei Deich-km 5+600 (Bereich mit zuerst einsetzender Überströmung, vgl. 9.1.1) ein 80 m langer Deichbruch 2 Stunden nach Beginn der ersten Überströmungen angenommen.
- **Planzustand 2:** Das Modellszenario basiert auf dem Istzustand. Zusätzlich wurde der geplante Ringdeich Gruna (gem. /8/) eingearbeitet. Bei den instationären Berechnungen für HQ(100) wurde bei Deich-km 6+450 (lt. /9/ standsicherheitsgefährdeter Bereich) ein 80 m langer Deichbruch 2 Stunden nach Beginn der ersten Überströmungen angenommen.
- **Planzustand 3:** Das Modellszenario basiert auf dem Istzustand. Zusätzlich wurde der geplante Ringdeich Gruna (gem. /8/) eingearbeitet. Bei den instationären Berechnungen für HQ(100) wurde bei Deich-km 7+630 (lt. /9/ standsicherheitsgefährdeter Bereich) ein 80 m langer Deichbruch 2 Stunden nach Beginn der ersten Überströmungen angenommen.

Abbildung 8.1: Abschnitte der in den Planzuständen 1 bis 3 angesetzten Deichbrüche



Die in den Planzuständen 1 bis 3 angesetzten Deichbruchlängen resultieren aus den nördlich von Eilenburg an mehreren Stellen beobachteten Deichbrüchen während des Augusthochwassers 2002. Ihre Längen schwankten zwar teils beträchtlich, lassen sich aber mit einem geschätzten Median von rund 80 m beziffern.

Den Sielen Laußig und Gruna kommt nach Ablauf von Hochwässern die Aufgabe zu, das Deichhinterland möglichst zügig zu entleeren. Die dafür nötigen Zeiträume überschreiten beträchtlich die Simulationszeit des hydraulischen Modells. Außerdem ist der Zeitpunkt einer möglichen Öffnung der Siele stark abhängig von nicht präzise voraussagbaren Einflüssen (Absinkgeschwindigkeit der Hochwasserstände, Witterung etc.). Sie sind überdies nicht darauf ausgelegt, nennenswerte Wassermengen zur Mulde abzuführen und so die Hochwasserstände im Deichhinterland während seltener Ereignisse spürbar zu senken. Deshalb wurden beide Siele während sämtlicher Berechnungen als geschlossen angesetzt.

9 Auswertung der Berechnungsergebnisse

9.1 Istzustand

9.1.1 Leistungsfähigkeit des bestehenden Deichs und Überschwemmungsflächen

Die Modellierungsergebnisse zeigen, dass der bestehende Deich Laußig – Mörtitz in der Lage ist, Hochwässer bis HQ(10) problemlos zu kehren. Die Freiborde bei **HQ(10)** bewegen sich zwischen 1,0 und 1,5 m.

Zu ersten kritischen Erscheinungen kommt es bei **HQ(25)**. In diesem Fall betragen die Freiborde stromauf von Gruna über weite Strecken nur noch 0,5 m. Bei Deich-km 5+600, in Höhe der Ortslage Zschepplin, wird der Mindestfreibord sogar unterschritten. Unterhalb von Gruna und auch am oberen Deichende bei Mörtitz weist der Deich mit 0,5 bis 0,8 m jedoch weiterhin ausreichende Freiborde auf.

Ein erstes Überlaufen des Deichs ist bei Ereignissen >HQ(25) bei Deich-km 5+600 zu erwarten. So weisen die instationären Berechnungen für **HQ(50)** zum Zeitpunkt des Hochwasserscheitels eine kurz anhaltende Deichüberströmung an dieser Stelle aus. Sofern es nicht zu einem Bruch des Deichs kommt, füllt sie wegen der geringen Fülle ein im Deichhinterland befindliches Altwasser lediglich teilweise. Außerdem ist bei HQ(50) der Freibord am Deich südlich von Gruna faktisch vollständig und in der Ortslage Gruna teilweise aufgezehrt. Im unteren Deichabschnitt und ganz im Süden bei Mörtitz verbleiben 0,3 bis 0,5 m Freibord.

Bei seltenen Hochwässern **HQ(100)** kommt es zu massiven Überströmungen des Deichs von Deich-km 6+200 bis Gruna. Die gesamte Ortslage Gruna und große Teile des Deichhinterlands gehen dadurch unter Wasser. Am unteren Deichende zwischen Gruna und Laußig staut sich das von Süden her einströmende Wasser und tritt schließlich über den Deich wieder der Mulde zu. Demgegenüber verbleibt die Ortslage Mörtitz bei HQ(100) trocken. Erst bei extremen Ereignissen wie **HQ(200)** strömt Wasser auch über den südlichsten Deichabschnitt bei Mörtitz und überschwemmt so die tief gelegene Bebauung am Ortsrand.

Die folgende Abbildung 9.1 zeigt einen Längsschnitt der muldeseitig entlang des Deichs im Istzustand berechneten Wasserspiegellagen und macht die zuvor beschriebenen Freibordverhältnisse deutlich. In der Abbildung 9.2 sind die Deichabschnitte mit verminderten Freiborden und Deichüberströmungen bei HQ(25) bzw. HQ(50) im Istzustand dargestellt. Die Anlage 1 enthält Karten mit Darstellungen der Überschwemmungsflächen und -tiefen im Istzustand bei HQ(25), HQ(50), HQ(100) und HQ(200) am Deich Laußig – Mörtitz.

Abbildung 9.1: Wasserspiegellagen HQ(T) muldeseitig entlang des Deichs im Istzustand

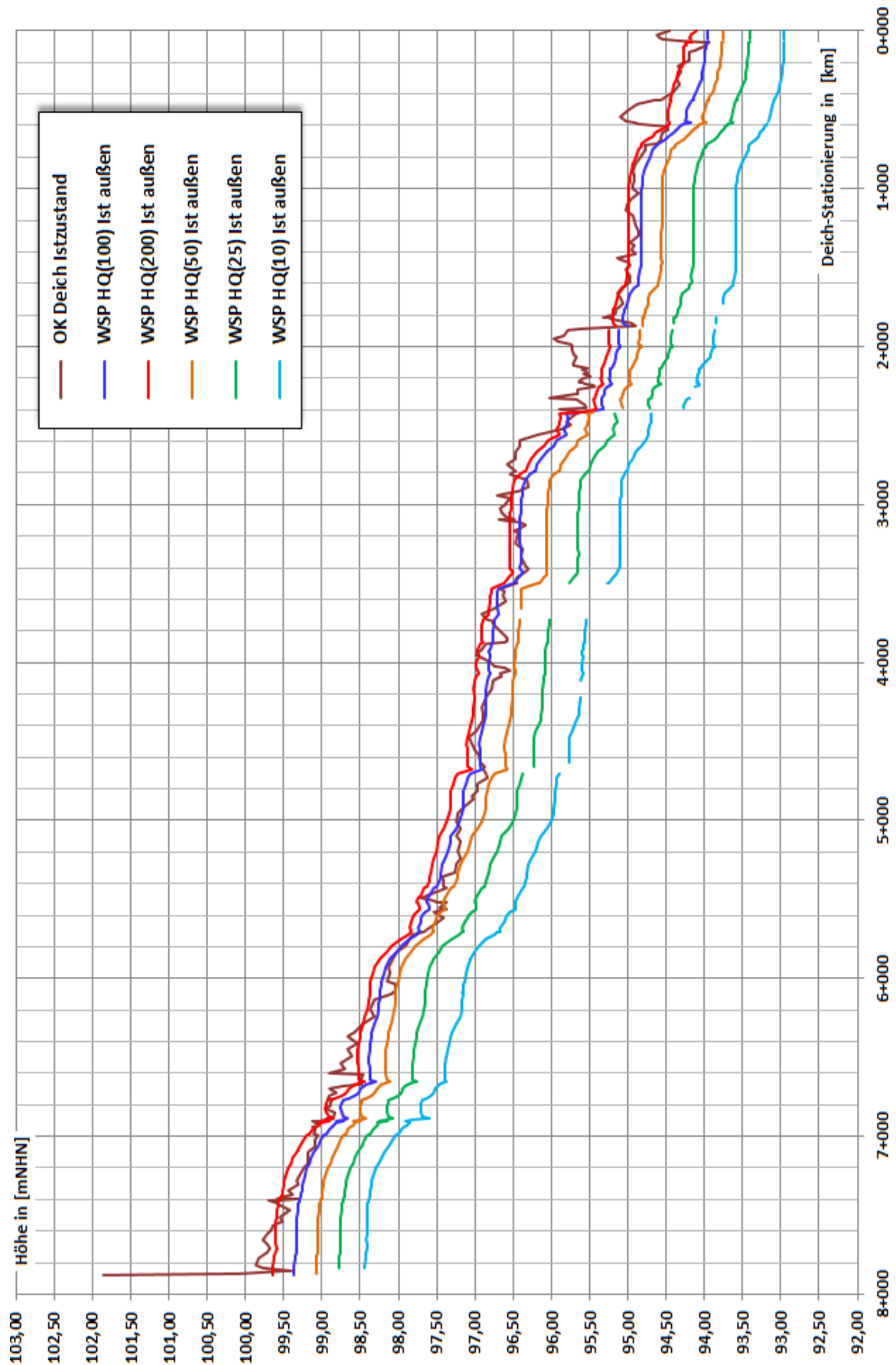
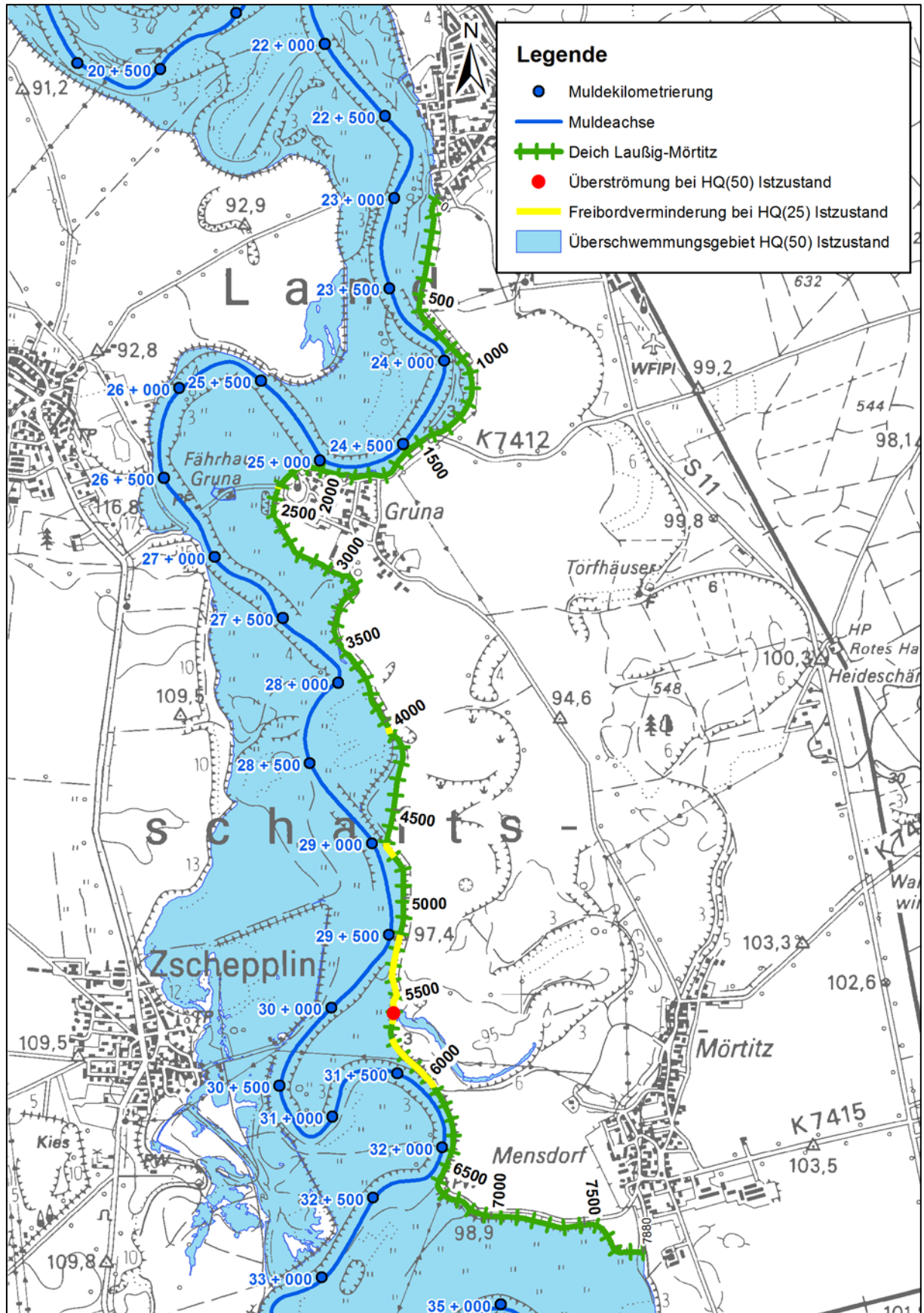


Abbildung 9.2: Derzeit bei HQ(25) verminderte Freiborde bzw. Deichüberströmung bei HQ(50)



9.1.2 Retentionsverhalten

Das Retentionspotenzial der breiten flachen Aue im Untersuchungsgebiet führt zu einer Streckung und Abflachung der Hochwasserwellen. Bei mittleren Ereignissen wie HQ(25), die faktisch von allen vorhandenen Deichen gekehrt werden können, fällt die Scheitelabflachung allerdings sehr gering aus (vgl. Abbildung 9.3).

Eine stärkere Kappung ist naturgemäß bei selteneren Hochwässern wie HQ(100) festzustellen, weil die dann einsetzenden Deichüberströmungen große Rückhalteräume in den Deichhinterländern aktivieren (vgl. Abbildung 9.4). Bei extremen Ereignissen wie HQ(200) ist auch das dortige Retentionspotenzial hingegen noch vor dem Hochwasserscheitel praktisch aufgebraucht und die prozentuale Scheitelkappung fällt wieder geringer aus.

Abbildung 9.3: Bei HQ(25) im Istzustand berechnete Wellenfortpflanzung

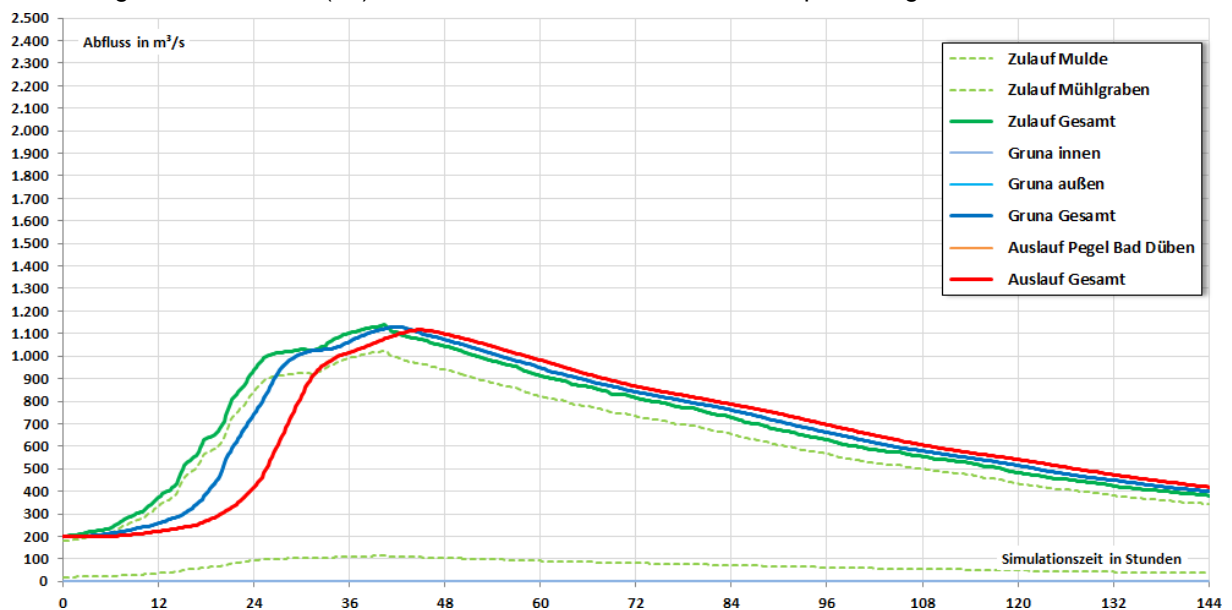
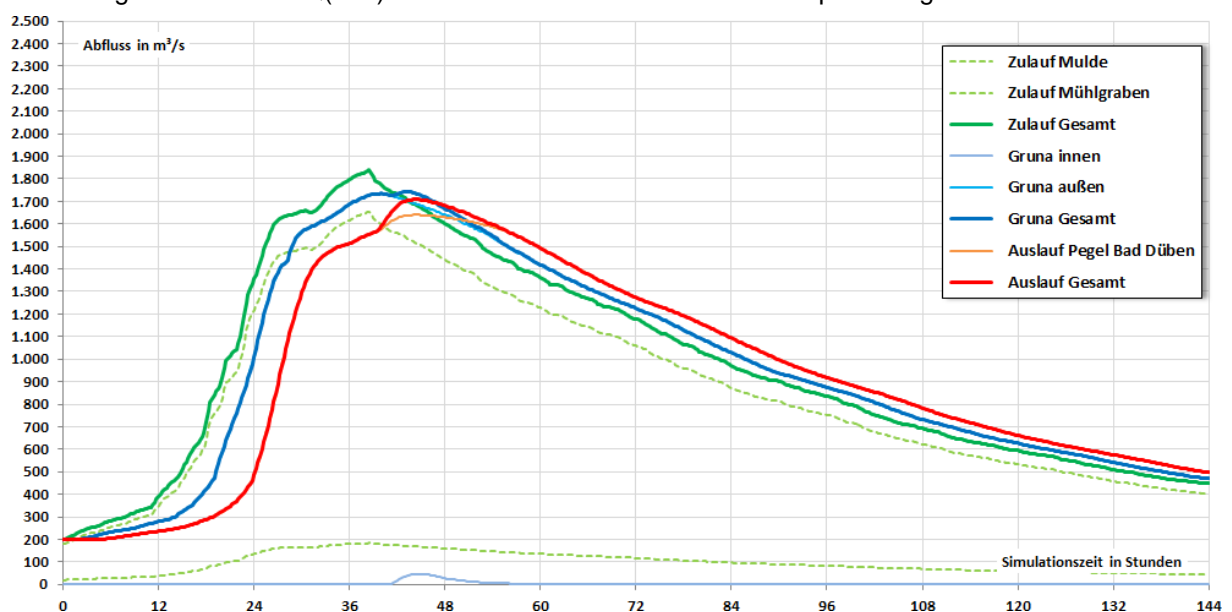


Abbildung 9.4: Bei HQ(100) im Istzustand berechnete Wellenfortpflanzung



Die Modellierungsergebnisse bestätigen die im HWSK 2004 /1/ getroffenen Annahmen zur Scheitelabflachung im Muldeabschnitt zwischen Eilenburg und Bad Dübén für Hochwasserereignisse bis HQ(100). Lediglich für seltenere Ereignisse wurde damals die Abnahme der Scheitelabflüsse überschätzt (vgl. Tabelle 9.1).

Tabelle 9.1: Berechnete bzw. in /1/ vorgegebene Scheitelabflüsse Q_s

HQ(T)	Q_s Eilenburg Modellzulauf	Q_s Pegel Bad Dübén Vorgabe HWSK /1/	Q_s Bad Dübén berechnet, Istzustand
HQ(5)	620 m³/s	598 m³/s	591 m³/s
HQ(10)	820 m³/s	793 m³/s	785 m³/s
HQ(25)	1.140 m³/s	1.100 m³/s	1.116 m³/s
HQ(50)	1.450 m³/s	1.390 m³/s	1.399 m³/s
HQ(100)	1.840 m³/s	1.730 m³/s	1.710 m³/s
HQ(200)	2.330 m³/s	2.140 m³/s	2.252 m³/s

9.2 Auswirkungen untersuchter Maßnahmen und Deichbrüche

9.2.1 Aufhöhung der Deiche Laußig – Mörtitz und Zschepplin

Die unmittelbare Nähe der am gegenüber liegenden Ufer verlaufenden Deiche Zschepplin und Bad Dübén – Hohenprießnitz zum Deich Laußig – Mörtitz führt zu einer gegenseitigen hydraulischen Beeinflussung der Anlagen im Hochwasserfall. Das Überlaufen eines dieser Deiche bedeutet bspw. eine gleichzeitige Entlastung der anderen Deiche. Demgegenüber ist zu befürchten, dass die Aufhöhung von Deichen eine Verringerung der Leistungsfähigkeiten der anderen Deiche und generell höhere Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen auf den Vorländern nach sich zieht.

Weil bei laufenden Planungen des BEMUWE zur Instandsetzung des Deichs Zschepplin auch seine Aufhöhung in der bestehenden Trasse ernsthaft in Erwägung gezogen wird, wurden die Auswirkungen einer solchen Maßnahme als **Planzustand 0A** untersucht (vgl. Punkt 8). Für den Deich Bad Dübén – Hohenprießnitz steht ein solches Vorhaben in Nähe des Deichs Laußig – Mörtitz bisher nicht zur Debatte.

Der Deich Zschepplin ist als Rückstaudeich ausgebildet. Er schützt Einzelobjekte sowie Randbebauung in Zschepplin und landwirtschaftlich genutzte Flächen. Gemäß den Modellierungsergebnissen wird er bereits bei HQ(25) an einer Stelle überströmt und es kommt am nördlichen Deichende wegen des Rückstaus vonseiten der Mulde zu begrenzten Überschwemmungen.

Seine Aufhöhung in der bestehenden Trasse führt bei HQ(25) allerdings noch nicht zu nachweisbaren Auswirkungen auf den Deich Laußig – Mörtitz. Die Überströmung des Deichs Laußig – Mörtitz bei HQ(50) fällt allerdings etwas stärker als im Istzustand aus. Damit bestätigt sich die Befürchtung, dass die im Planzustand 0A untersuchte Aufhöhung des Deichs Zschepplin erste Überströmungen des Deichs Laußig – Mörtitz, wenn auch geringfügig, frühzeitig einsetzen lässt.

Bei HQ(100) ist hingegen eine spürbare Anhebung der Wasserspiegellagen in der Mulde vor dem Deich Zschepplin festzustellen, was dort auch mit Geschwindigkeitszunahmen von bis zu 0,20 m/s einhergeht. Die Überströmung des Deichs Laußig – Mörtitz fällt deutlich stärker als im Istzustand aus. In der Folge stellen sich im Hinterland, so auch in Gruna, bis zu 30 cm höhere Wasserstände ein. Die Ortslage Mörtitz bleibt wie auch im Istzustand bei HQ(100) trocken.

Weil größere Anteile des Gesamtabflusses auf diese Weise östlich an Gruna vorbeigelenkt werden, ergeben sich im Planzustand 0A hinter dem Deich Bad Düben – Hohenprießnitz leicht niedrigere Wasserstände als im Istzustand (vgl. Abbildung 9.5). In diesem Sinne kann bei der untersuchten Aufhöhung des Deichs Zschepplin von einer gewissen Entlastung für die Ortslagen Hohenprießnitz und Oberglaucha gesprochen werden.

Die Aufhöhung des Deichs Zschepplin aktiviert im Vergleich zum Istzustand größere Rückhalteräume hinter dem Deich Laußig – Mörtitz und bewirkt so eine etwas stärkere Scheitelabflachung und –verzögerung. Allerdings sind solche Auswirkungen vernachlässigbar gering.

Im **Planzustand 0B** wurde eine zusätzliche Aufhöhung des Deichs Laußig – Mörtitz (vgl. Punkt 8) modelltechnisch untersucht. Die damit verbundene drastische Einengung des Abflussbereichs der Mulde bei seltenen und extremen Hochwässern äußert sich in Wasserspiegelanhebungen um bis zu 30 cm und Geschwindigkeitszunahmen um bis zu 0,50 m/s zwischen den Deichen bei HQ(100).

Deutlich höhere Wasserstände ergeben sich im Planzustand 0B auch im Hinterland des Deichs Bad Düben – Hohenprießnitz, weil die entlastende östliche Umströmung von Gruna entfällt (vgl. Abbildung 9.6).

Die weitgehende Verhinderung von Überschwemmungen im Planzustand 0B führt außerdem dazu, dass das Retentionspotenzial der Flussaue bei Ereignissen >HQ(50) spürbar herabgesetzt wird. So nimmt der Scheitelabfluss HQ(100) in Höhe von Bad Düben gegenüber dem Istzustand um 60 m³/s (3,5%) zu.

Wie die Untersuchungen der Polderstudie von 2006 /2/ machen auch die Planzustände 0A und 0B die Nachteile des bestehenden Hochwasserschutzsystems an der unteren Vereinigten Mulde eindrucksvoll deutlich. Die starke Einengung von Hochwasserabflussbereichen durch die flussnahen und langen Deiche bedingt Wasserspiegellagen, die in den bestehenden Trassen nur mit sehr hohen Anlagen gekehrt werden können und große dynamische Beanspruchungen der Vorländer und Deiche zur Folge haben. Ein unplanmäßiges lokales Versagen solcher Deiche führt die massive Überschwemmung großer Flächen und gleich mehrerer Ortslagen nach sich. Eine sinnvolle Deichverteidigung wird in diesen Fällen praktisch unmöglich.

Wie es im HWSK 2004 empfohlen und vor einigen Jahren bereits am Deich Eilenburg-West (Schlossaue) durch eine großräumige Rückverlegung praktiziert wurde, kann ein weitreichender und nachhaltiger Hochwasserschutz im Untersuchungsgebiet am sinnvollsten dann umgesetzt werden, wenn Abflussbereiche hinter den heutigen Deichen zumindest in den Fällen seltener Hochwässer geschaffen oder wenigstens freigehalten werden.

Diesem Gedanken folgt das im Auftrag des BEMUWE geplante Vorhaben zur Errichtung eines Ringdeichs für die Ortslage Gruna, welches im nachfolgenden Kapitel einer näheren Betrachtung aus hydraulischer Sicht unterzogen wird.

Abbildung 9.5: Wasserspiegeldifferenzen Planzustand 0A – Istzustand bei HQ(100)

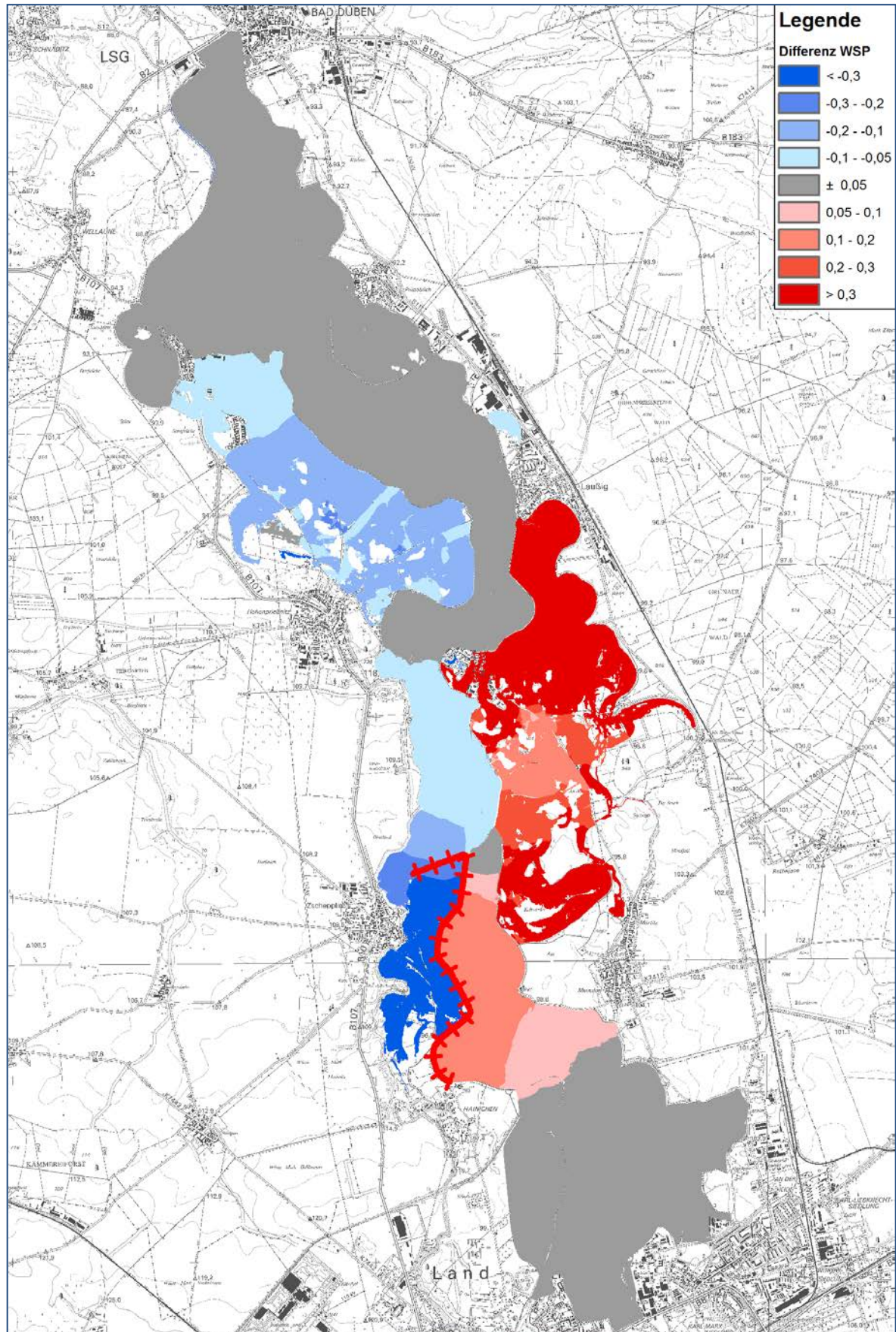
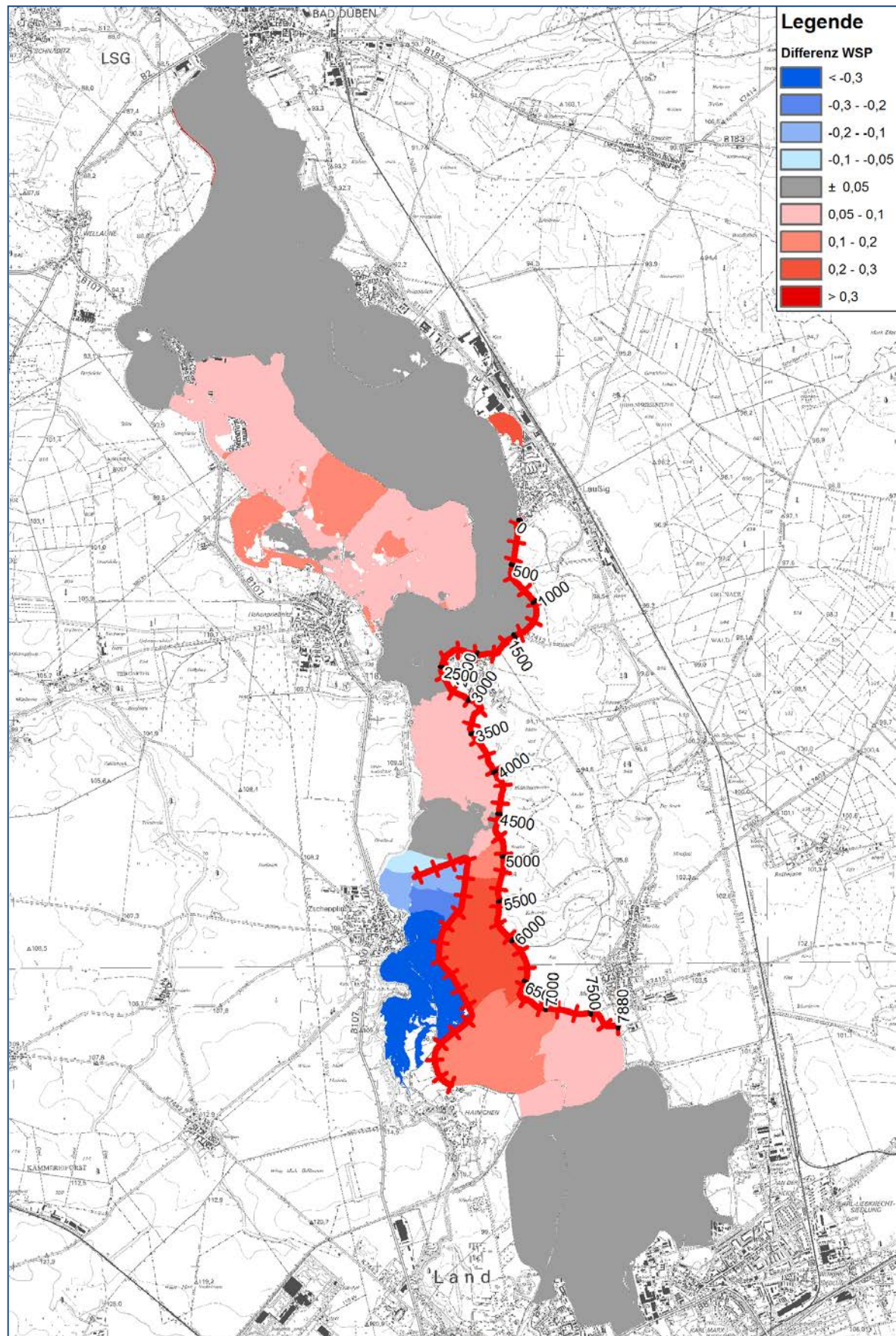


Abbildung 9.6: Wasserspiegeldifferenzen Planzustand 0B – Istzustand bei HQ(100)



9.2.2 Errichtung des Ringdeichs Gruna

Für den mit einem Schutzgrad HQ(100) auszustattenden Ringdeich Gruna liegt mit den Unterlagen aus /8/ eine Vorplanung vor. Die westliche Hälfte des Rings wird demnach vom bestehenden Deich in Gruna, der zu ertüchtigen und aufzuhöhen ist, gebildet. Auf der östlichen Trasse ist ein Deichneubau vorgesehen. Die in /8/ vorgeschlagene Vorzugstrasse des Neubaus wurde den Modellszenarios der Planzustände 1 bis 3 zugrunde gelegt. Sie wird derzeit im Rahmen der Entwurfsplanung einer eingehenden Prüfung unterzogen. Dabei sind auch die Ergebnisse einer Grundwassermodellierung zu berücksichtigen.

Die sich am östlichen Ringdeich einstellenden Wasserspiegellagen werden vorrangig von der Höhe des Deichs Laußig – Mörtitz stromab von Gruna und praktisch nicht vom Trassenverlauf des Ringdeichs bestimmt. Sie liegen im Istzustand bei HQ(100) in Höhe der Ortslage um bis zu 1,0 m niedriger als auf der westlichen, der Mulde zugewandten Seite von Gruna.

Anders verhält es sich mit den Wasserständen in der Mulde westlich von Gruna. Sie sind in hohem Maße davon abhängig, wie viel Wasser stromauf der Ortslage über den Deich abströmt. Außerdem werden sie zumindest vom südlichen Abschnitt des Deichs Bad Düben – Hohenprießnitz beeinflusst. Weil eine Aufhöhung dieser beiden Deichabschnitte in den heute überströmungsgefährdeten Bereichen nicht geplant ist und die im Planzustand 0A untersuchte Aufhöhung des Deichs Zschepplin gar eine leichte Wasserspiegelabsenkung westlich von Gruna nach sich ziehen würde (vgl. Abbildung 9.5), können die im Istzustand bei HQ(100) errechneten Wasserstände für die Bemessung des westlichen Ringdeichs angesetzt werden.

Bei der Festlegung der Anlagenhöhe für den östlichen Ringdeich ist zu beachten, dass ein Bruch des Deichs oberhalb von Gruna zu höheren Wasserständen als im Istzustand führen würde. Unter anderem der Ermittlung diesbezüglicher Wasserstände dienen die als Planzustände 1 bis 3 untersuchten Deichbruchszenarios, auf die unter Punkt 9.2.3 näher eingegangen wird. Für die Bemessung des östlichen Ringdeichs sollte mindestens auf die höchste Wasserspiegellage HQ(100) dieser drei Zustände zurückgegriffen werden.

Schließlich sollte in die Überlegungen auch einbezogen werden, dass eine niedrigere Ausführung des östlichen Ringdeichs gegenüber dem westlichen Pendant aus Gründen des subjektiven Sicherheitsempfindens problematisch ist. Diesbezüglich wäre eine Deichoberkante zu empfehlen, die den südlichen mit dem nördlichen Anbindepunkt an den westlichen Ringdeich linear verbindet.

Damit wäre auch theoretischen Überlegungen zu möglichen weiter gehenden Deichbrüchen oder künftigen Umbaumaßnahmen am heutigen Hochwasserschutzsystem, wie etwa dem Versagen oder Rückbau des gesamten Deichs oberhalb von Gruna gleichsam als worst-case-scenario ohne Neumodellierung Rechnung getragen.

Die berechneten Wasserspiegellagen und Fließgeschwindigkeiten aller für die Bemessung des Ringdeichs zu prüfenden Szenarios liegen dem Erläuterungsbericht in digitaler Form als Anlage 3 bei.

9.2.3 Gefährdung der Ortslage Mörtitz durch drohende Deichbrüche

Wie in Punkt 9.1 beschrieben, wurden in Mörtitz keine Überschwemmungen bei HQ(100) im Istzustand berechnet. Allerdings scheint die Hochwassersicherheit der Ortslage stark davon abhängig zu sein, ob der Deich südlich von Gruna dem Bemessungshochwasser standhält. Um dieser Vermutung nachzugehen, wurden in dem betreffenden Abschnitt drei Deichbrüche als Planzustände 1, 2 und 3 simuliert (vgl. Punkt 8).

Der im **Planzustand 1** untersuchte Deichbruch befindet sich zwischen Deich-km 5+660 und 5+580, wo zuerst mit Überströmungen zu rechnen ist und damit unweit des oberen Endes der Deichüberströmungen bei HQ(100). Weiter stromab denkbare Brüche des überströmten Deichs würden weniger große Auswirkungen auf die Gefährdungslage in Mörtitz haben.

Wie die Modellierungsergebnisse zeigen, reichen die Überschwemmungen bei HQ(100) im Planzustand 1 nicht bis zur Ortslage Mörtitz. Daraus ist zu schlussfolgern, dass der bestehende Deich zwischen Gruna und Deich-km 5+700 hinsichtlich des Hochwasserschutzes für die Ortslage Mörtitz keiner Aufhöhung oder Ertüchtigung bedarf.

Der stromauf anschließende Deichabschnitt weist bei HQ(100) im Istzustand faktisch keinen Freibord mehr auf, wird dabei jedoch nicht überströmt. Wie die Ergebnisse für HQ(200) im Istzustand zeigen, führt die Überströmung des Deichs an seinem südlichen Ende zur Überschwemmung tief liegender Bebauung in Mörtitz. Sollte der Abschnitt zwischen Deich-km 5+700 planmäßig den Hochwasserschutz für Mörtitz sicherstellen, wäre er auf die Wasserspiegellage HQ(100) im Istzustand zuzüglich eines Freibords aufzuhöhen.

Gemäß den Unterlagen in /9/ ist dieser Abschnitt in zwei Bereichen als standsicherheitsgefährdet einzustufen. Um seine Bedeutung für den Hochwasserschutz der Ortslage zu ermitteln, wurde in den **Planzuständen 2 und 3** jeweils ein Deichbruch bei HQ(100) simuliert. Erwartungsgemäß gehen in beiden Szenarios größere Bereiche der Ortslage unter Wasser.

Die Karten der Anlage 2 zeigen die in den Planzuständen 1, 2 und 3 bei HQ(100) berechneten maximalen Überschwemmungsflächen und –tiefen.

Die untersuchten Deichbrüche haben zudem auch eine große Bedeutung für den Ringdeich Gruna (vgl. Punkt 9.2.2). So führen sie bei HQ(100) entlang der östlichen Ringdeichtrasse zu teilweise mehr als 1,0 m höheren Wasserständen, weil sich deutlich mehr Wasser am Deich zwischen Laußig und Gruna staut. Dieser Aufstau könnte beispielsweise durch die partielle Absenkung des Deichs nördlich von Gruna verringert werden. Während südlich von Gruna bereits Überströmungen eintreten, weist dieser Abschnitt nämlich noch einen Freibord von 20 – 30 cm auf. Hier ist der bestehende Deich also gleichsam unnötig hoch. Außerdem verursachen die Brüche neben lokal hohen Fließgeschwindigkeiten einen sprunghaften Anstieg der Wasserstände im Hinterland. Das größere Wasservolumen im Deichhinterland führt zudem zu längeren Entleerungszeiten nach Ablauf des Hochwassers.

10 Zusammenfassung

Ziel der durchgeführten zweidimensionalen hydraulischen Modellierung war es, die bestehende Gefährdungssituation am Deich Laußig – Mörtitz zu untersuchen, seine Wechselwirkung mit benachbarten Deichen zu analysieren, Bemessungsparameter für den geplanten Ringdeich Gruna zu ermitteln und die Notwendigkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen für Mörtitz zu prüfen.

Bei HQ(25) ist mit ersten lokalen Unterschreitungen des Mindestfreibords von 50 cm zu rechnen. Im Falle eines HQ(50) kommt es zu einer geringfügigen Überströmung bei Deich-km 5+600. Der Freibord ist dann südlich von Gruna bis zur Überlaufstelle faktisch aufgezehrt.

Noch größere Hochwässer führen schließlich zu massiven Überströmungen des Deichs in diesem Abschnitt. Die Ortslage Gruna geht weiträumig unter Wasser und die Straßen- und Wegeverbindungen im Deichhinterland sind unterbrochen. Das über den südlichen Deich

strömende Wasser staut sich am Deich zwischen Laußig und Gruna, und tritt dort wieder der Mulde zu. Es wird empfohlen, die Möglichkeiten einer partiellen Absenkung und überströmungssicheren Gestaltungen dieses Deichabschnitts zu prüfen.

Eine Aufhöhung des Deichs Zschepplin auf der linken Muldeseite setzt die Leistungsfähigkeit des Deichs Laußig – Mörtitz herab und führt bei seltenen Hochwässern zu einer deutlich stärkeren Überströmung dieses Deichs. In der Folge treten bei HQ(100) bis zu 30 cm höhere Wasserstände östlich von Gruna ein.

Mit einer starken Zunahme der Wasserstände und dynamischen Beanspruchungen in der Mulde wäre eine zusätzliche Aufhöhung des Deichs Laußig – Mörtitz verbunden. Eine solche Maßnahme würde dem Anliegen eines nachhaltigen und sinnvollen Hochwasserschutzes zuwiderlaufen. Gleiches gilt sinngemäß für den Deich Bad Düben – Hohenprießnitz, dessen Aufhöhung jedoch nicht modelltechnisch untersucht wurde.

Die für den Ringdeich Gruna anzusetzenden Bemessungswasserstände und -fließgeschwindigkeiten bei HQ(100) sind wegen der komplexen hydraulischen Zusammenhänge verschiedenen Szenarios zu entnehmen. Von allen betrachteten Szenarios stellen sich die höchsten Wasserstände entlang des westlichen Ringdeichs im Istzustand ein.

Gleichzeitig liegen dabei die Wasserstände östlich von Gruna vergleichsweise niedrig. Sie fallen deutlich höher aus, wenn ein möglicher Deichbruch südlich von Gruna in die Überlegungen einbezogen wird. Dieser Deichabschnitt sollte mindestens auf die höchste Wasserspiegellage der drei untersuchten Deichbruchszenarios bemessen werden. Zudem ist zu empfehlen, hierbei auch optische Aspekte und das subjektive Sicherheitsempfinden zu berücksichtigen bzw. zu diskutieren.

Sofern der bestehende Deich nicht oberhalb von Deich-km 5+700 bricht, verbleibt die Ortslage Mörtitz bei HQ(100) trocken. Weil der südliche Deichabschnitt an mehreren Stellen stand-sicherheitsgefährdet ist und bei HQ(100) keinen ausreichenden Freibord ausweist, wird empfohlen, ihn zwischen Deich-km 5+700 und dem Deichende bei Mörtitz entsprechend zu ertüchtigen und aufzuhöhen, um so die Hochwassersicherheit der Ortslage zu gewährleisten. Allerdings sind selbst bei einem Bruch des südlichen Deichabschnitts nur wenige tief liegende Objekte in Mörtitz betroffen.