

Hydraulische Untersuchungen Sudesperrwerk

für die
Ramboll Deutschland GmbH

Bericht

erstellt von



ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und
Umwelttechnik mbH
Turpinstraße 19, 52066 Aachen

Aachen, den 30.09.2021

Impressum

Hydraulische Untersuchungen Sudesperrwerk
Bericht

Wir danken allen Beteiligten für die Hilfestellungen bei der Bearbeitung und die jederzeit freundliche und kooperative Zusammenarbeit.

Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Barbara Fröhlings

Aachen, den 30.09.2021

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-CDs außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftragsgebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mbH,
Turpinstraße 19, 52066 Aachen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Sperrwerkstandort	2
3	Hydraulische Untersuchungen	3
3.1	Hydrologische Lastfälle	4
3.2	Untersuchungsgebiet mit Pegeln	6
3.3	Hundertjähriges Hochwasserereignis mit Schließung des Sperrwerks (HQ ₁₀₀ in der Elbe)	8
3.3.1	Hydraulische Verhältnisse im Istzustand	8
3.3.2	Hydraulische Verhältnisse im Planzustand	9
3.4	Hundertjähriges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ ₁₀₀ in der Sude)	12
3.5	Hundertjähriges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (Bauzustand, HQ ₁₀₀ in der Sude)	14
3.6	Häufiges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ ₂₀ in der Sude)	15
3.7	Zweijährliches Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ ₂ in der Sude)	17
3.8	Mittlere Abflussverhältnisse in der Sude	19
4	Zusammenfassung	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Orthobild des Abschlussbauwerks der Sude im Istzustand (grüne Markierung)	1
Abbildung 2.1:	Übersichtslageplan Hochwasserschutz Boizenburg, Planung zum neuen Sperrwerkstandort (Ausschnitt) (Ramboll, Stand: 17.09.2021)	2
Abbildung 3.1:	2D-Modell der Sude und ihrer Nebengewässer in der Übersicht	6
Abbildung 3.2:	Pegelstellen zur Auswertung der Wasserstände	7
Abbildung 3.3:	Wasserstands- und Abflussganglinien am Abschlussbauwerk der Sude im Istzustand bei LF2	9
Abbildung 3.4:	Wasserstands- und Abflussganglinien am Sperrwerk, Variante 1	10
Abbildung 3.5:	Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet, Planzustand	11
Abbildung 3.6:	Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ ₁₀₀ in der Sude (LF1, durchgezogene Linien: Planzustand mit 2 x 7 m, gestrichelte Linien: Istzustand)	13

Abbildung 3.7:	Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ_{100} in der Sude (LF1, durchgezogene Linien: Planzustand während der Bauphase, gestrichelte Linien: Istzustand)	14
Abbildung 3.8:	Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ_{20} in der Sude (LFa, durchgezogene Linien: Planzustand, gestrichelte Linien: Istzustand)	15
Abbildung 3.9:	Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ_2 in der Sude (durchgezogene Linien: Planzustand, gestrichelte Linien: Istzustand)	17
Abbildung 3.10:	Wasserspiegellängsschnitt MQ im Unterlauf der Sude bei verschiedenen Elbewasserständen	20
Abbildung 3.11:	Wasserstandsdifferenzen bei MQ oberhalb des neuen Sperrwerks bei verschiedenen Elbewasserständen (WSP im Planzustand minus WSP im Istzustand)	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Abgestimmte Lastfälle für die Sude und ihre Nebengewässer aus bisherigen Modelluntersuchungen (aus: Amt Neuhaus – HWRM-RL, Erläuterungsbericht, 2020)	4
Tabelle 3.2:	Charakteristische Wasserstände und Zeitpunkte Istzustand	9
Tabelle 3.3:	Charakteristische Wasserstände und Zeitpunkte Variante 1	10
Tabelle 3.4:	Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Bauwerks bei einem HQ_{100} in der Sude	12
Tabelle 3.5:	Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Umleitungsgerinnes (Bauphase) bei einem HQ_{100} in der Sude	14
Tabelle 3.6:	Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Umleitungsgerinnes (Bauphase) bei einem HQ_{20} in der Sude	16
Tabelle 3.7:	Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Umleitungsgerinnes (Bauphase) bei einem HQ_2 in der Sude	18
Tabelle 3.8:	Untersuchte Elbewasserstände im Bereich der Sudemündung	19

1 Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Hochwasserschutz Boizenburg Rückverlegung Hafendeich“ ist die Anpassung der Hochwasserschutzlinie zwischen dem Hafen Boizenburg und der Landesgrenze zu Niedersachsen an das neue BHW von 11,37 mNHN geplant. Im Zuge dessen ist ebenfalls der Neubau des Sudesperrwerks notwendig. Die Ramboll Deutschland GmbH ist vom Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Westmecklenburg mit den Planungen hierzu beauftragt.

Die Ramboll Deutschland GmbH hat ProAqua beauftragt, hydraulische Untersuchungen durchzuführen, um die Auswirkungen des neuen Sperrwerks auf die Wasserstandsentwicklung im Sudesystem zu ermitteln.

Diese Untersuchungen wurden von 2019 bis 2021 parallel zur Projektentwicklung durchgeführt. Hierbei wurden verschiedene Planungsvarianten (verschiedene Standorte, Verlegung der Sudemündung und verschiedene Öffnungsbreiten des Bauwerks) analysiert. In diesem Bericht sind nur die Untersuchungen und Ergebnisse dargestellt, die sich auf den für die Genehmigung vorgesehenen Sperrwerkstandort beziehen. Basis der Untersuchungen war das Hydraulikmodell der Sude, das im Rahmen der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten und des Hochwasserrisikomanagementplans für den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) von ProAqua erstellt wurde.

Abbildung 1.1 zeigt das Sudeabschlussbauwerk im Istzustand als Orthobild.

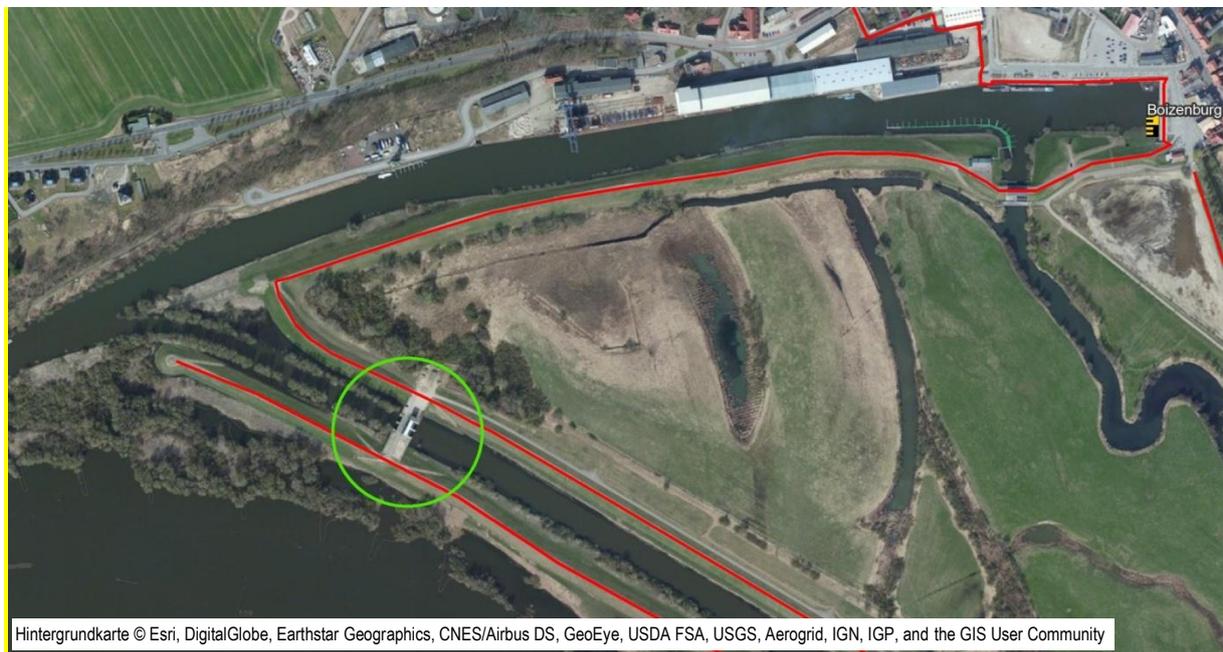


Abbildung 1.1: Orthobild des Abschlussbauwerks der Sude im Istzustand (grüne Markierung)

2 Sperrwerkstandort

Das Sperrwerk soll rund 2 km oberhalb des alten Sudeabschlussbauwerks neu errichtet werden. Außerdem wird unterhalb des neuen Sudesperrwerks ein rückverlegter neuer Deich mit einer Kronenhöhe von 12,37 bis 12,50 mNHN gebaut und der Bereich zwischen altem Sudedeich und neuem Deich wird durch den Rückbau des Hafendeichs im Norden an die Elbe angeschlossen. Abbildung 2.1 zeigt einen Ausschnitt des Übersichtslageplans dieser Planung.

Das alte Sperrwerk wies eine Öffnungsbreite von 2 x 8 m auf. Das neue Sperrwerk wird mit einer Öffnungsbreite von 2 x 7 m geplant. Die hydraulischen Untersuchungen berücksichtigen den neuen Standort und auch die reduzierte Öffnungsbreite.

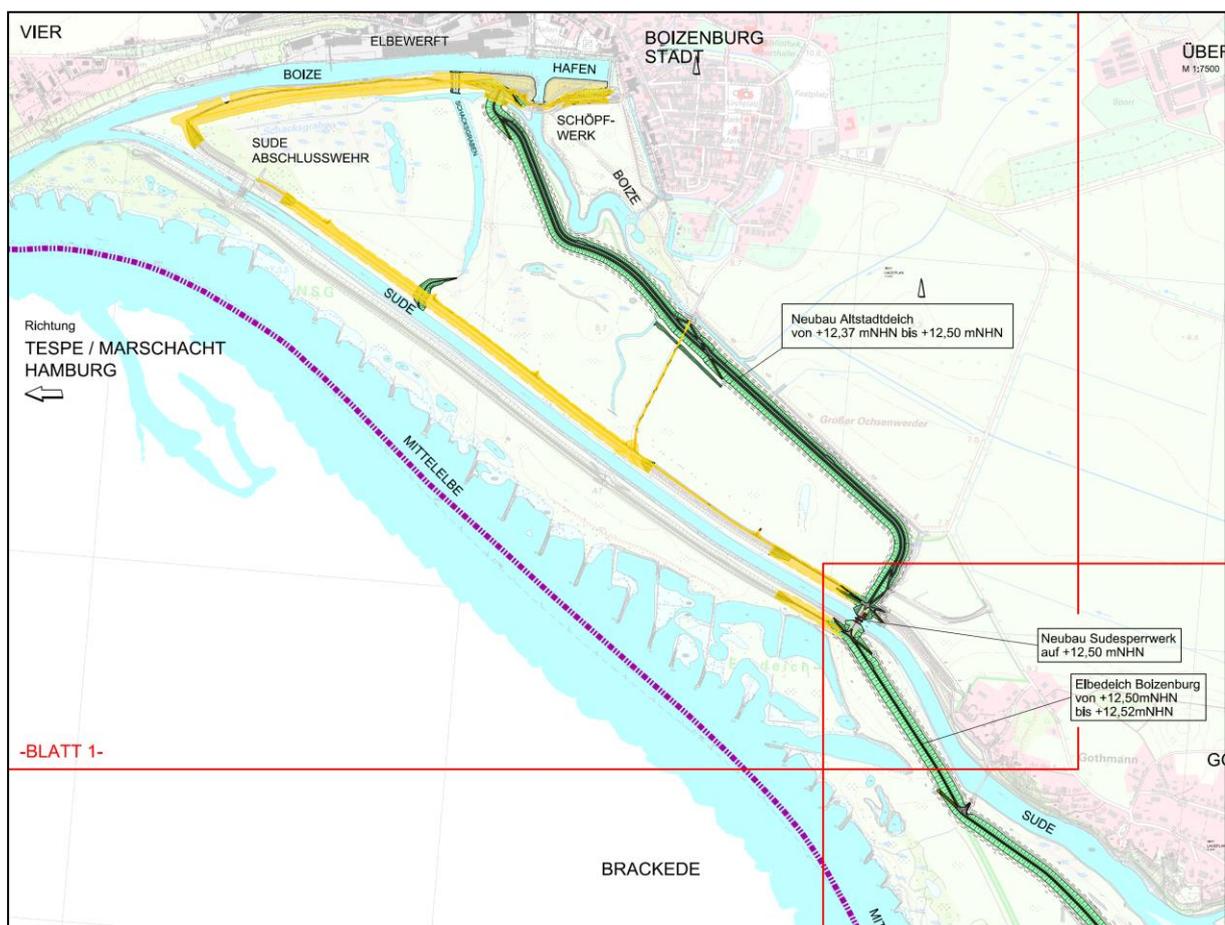


Abbildung 2.1: Übersichtslageplan Hochwasserschutz Boizenburg, Planung zum neuen Sperrwerkstandort (Ausschnitt) (Ramboll, Stand: 17.09.2021)

3 Hydraulische Untersuchungen

Die hydraulischen Untersuchungen sollen die Auswirkungen des neuen Sperrwerkstandortes auf die sich bei verschiedenen Ereignissen einstellenden Wasserstände im Sudesystem ermitteln. Betrachtet werden verschiedene Lastfälle mit unterschiedlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten, wobei eine Auftretenswahrscheinlichkeit aus verschiedenen Kombinationen von Einzelwahrscheinlichkeiten in der Sude und der Elbe besteht.

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden von ProAqua folgende hydraulische Untersuchungen durchgeführt:

In einer ersten Untersuchung wurde die Auswirkung des geplanten neuen Sperrwerkstandorts im Vergleich zum alten Standort in Bezug auf ein hundertjähriges Ereignis mit Sperrwerksschließung durchgeführt (Kapitel 3.3).

Außerdem wurden weitere Untersuchungen zu den Auswirkungen des neuen Sperrwerks auf die Wasserstände im Sudesystem durchgeführt. Hierbei wurden vier Ereignisse ohne Sperrwerksschließung näher betrachtet: Ein hundertjähriger Abfluss in der Sude im Planzustand (Kapitel 3.4) und im Bauzustand mit Umleitungsgerinne (Kapitel 3.5), ein zwanzigjähriges Hochwasserereignis in der Sude (Kapitel 3.6) und mittlere Abflussverhältnisse der Sude (Kapitel 3.7).

3.1 Hydrologische Lastfälle

Die hydraulische Berechnung der Hochwasserszenarien erfolgt instationär. Dabei trifft eine Hochwasserwelle der Elbe auf eine Hochwasserwelle des Sudesystems. Die Hochwasserwellen wurden so angesetzt, dass die Hochwasserscheitel im Bereich der Sudemündung zeitgleich auftreten.

Im Mündungsbereich der Sude ergibt sich die Eintrittswahrscheinlichkeit aus der Kombination von zeitgleich auftretenden Elbhochwässern und Sudehochwässern. Dass beispielsweise ein HQ_{100} der Sude auf mittlere oder erhöhte Abflüsse in der Elbe trifft ist deutlich wahrscheinlicher als dass sie gleichzeitig auf ein HQ_{100} der Elbe trifft. Um diesen Effekt zu berücksichtigen und die Jährlichkeit der drei Hochwasserszenarien $HQ_{\text{häufig}}$, HQ_{mittel} und HQ_{extrem} zu gewährleisten wurden während der bisherigen Untersuchungen Lastfälle (LF) konzipiert die in etwa den geforderten Eintrittswahrscheinlichkeiten entsprechen (siehe Tabelle 3.1). Dabei trifft je nach Lastfall zum einen eine Hochwasserwelle des Sudesystems der jeweiligen Jährlichkeit auf einen erhöhten Elbwasserstand (HQ_1 - HQ_2). Zum anderen trifft eine Hochwasserwelle der Elbe der jeweiligen Jährlichkeit auf ein kleines Sudehochwasser (HQ_{20}).

Für diese hydraulischen Untersuchungen wurden diese Lastfälle als Basis der Untersuchungen genutzt.

Tabelle 3.1: Abgestimmte Lastfälle für die Sude und ihre Nebengewässer aus bisherigen Modelluntersuchungen (aus: Amt Neuhaus – HWRM-RL, Erläuterungsbericht, 2020)

LF Kürzel	Lastfall	Hochwasser Elbe	Eigenhochwasser Sudesystem
a	$HQ_{\text{häufig}}$	HQ_1 - HQ_2	HQ_{20}
b		ca. HQ_{20} (Realereignis 08/2002)	HQ_2
1	HQ_{mittel} (100 jährlich)	HQ_1 - HQ_2	HQ_{100}
2		4545 m ³ /s am Pegel Wittenberge	HQ_{20}
3	HQ_{extrem}	HQ_1 - HQ_2	$HQ_{100} * 1,3$
4		Entfällt gem. AG	

Für diese Untersuchungen wurden hundertjährliche und häufigere Ereignisse näher betrachtet. Im Folgenden werden die hydrologischen Lastfälle der durchgeführten hydraulischen Berechnungen kurz erläutert:

Hundertjährliches Hochwasserereignis mit Schließung des Sperrwerks

Ein hundertjährliches Hochwasserereignis mit Schließung des Sperrwerks tritt auf, wenn ein großes Hochwasser in der Elbe eine Schließung des Sperrwerks erfordert. Dies entspricht dem LF2 aus Tabelle 3.1. Hier trifft ein ca. hundertjährliches Hochwasser der Elbe auf ein HQ_{20} der Sude.

Das vorhandene Sudespernwerk hat statische Beschränkungen bezüglich der Wasserspiegellagendifferenz zwischen binnen und außen. Deshalb fließt bei der hydraulischen Berechnung des Lastfalls LF2 im Istzustand zuerst noch eine Zeit lang das ansteigende Hochwasser der Elbe in die Sude, bevor das Sperrwerk geschlossen wird. Da das neue Sudespernwerk eine höhere Wasserspiegellagendifferenz von bis zu 3 m von Binnen- zum Außenwasserstand ermöglicht, kann es bereits zum Kentern des Abflusses der Sude geschlossen werden.

Die bisherige Modellierung setzte zu Beginn der Berechnung bei einem höheren Ausgangswasserstand der Elbe an, da ja das Sudespernwerk aufgrund der zulässigen Wasserstandsdifferenz erst später geschlossen wurde. Um

das aktuell geplante Sperrwerk zu modellieren, muss die Berechnung jedoch früher beginnen, damit der Kenterpunkt im Berechnungszeitraum liegt. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden die Zuflussganglinien der Sude hierfür mit einem MQ nach vorne verlängert. Auch die Elbeganglinie wurde nach vorne so verlängert, dass sie bei einem Wasserstand von 5,6 mNHN beginnt. Das entspricht rd. 0,5 m unter dem Mittelwasserstand der Sude. Als maximaler Wasserstand wurde 11,50 mNHN in der Elbe auf Höhe des Bauwerksstandortes betrachtet: Die zeitliche Ausrichtung der Abflüsse der Elbe und der Abflüsse des Sudesystems wurde nicht geändert, sodass die beiden Abflussmaxima ungefähr zeitgleich auftreten. Dieser angepasste Lastfall wird im Folgenden als Lastfall LF2a bezeichnet.

Hundertjährliches Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerks

Ein hundertjährliches Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerks tritt auf, wenn ein großes Hochwasser in der Sude auf erhöhte Abflussverhältnisse der Elbe trifft. Dies entspricht dem LF1 aus Tabelle 3.1. Bei diesem Lastfall trifft ein hundertjährliches Ereignis der Sude auf ein kleines Hochwasser der Elbe ($HQ_1 - HQ_2$).

Häufiges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ_{20})

Neben den hundertjährigen Ereignissen wurde ein häufiges Hochwasserereignis untersucht. Dieses Ereignis kombiniert ein zwanzigjährliches Ereignis in der Sude mit einem $HQ_1 - HQ_2$ in der Elbe und entspricht damit dem Lastfall a ($HQ_{\text{häufig}}$) der bisherigen Modelluntersuchungen für den NLWKN.

Zweijährliches Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ_2)

Außerdem wurde ein zweijährliches Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ_2) betrachtet. Dieser Lastfall wurde bei den bisherigen Untersuchungen nicht untersucht. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde das zweijährliche Ereignis in der Sude mit einem $HQ_1 - HQ_2$ in der Elbe kombiniert.

Mittlere Abflussverhältnisse

Die hydraulischen Berechnungen für mittlere Abflussverhältnisse wurden als stationäre Berechnungen durchgeführt. Für das MQ der Sude wurde eine mittlere Spende von $6,4 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ angesetzt. Die mittleren Abflüsse der Sude wurden dabei in Abstimmung mit dem Auftraggeber mit drei verschiedenen Wasserständen der Elbe kombiniert.

3.2 Untersuchungsgebiet mit Pegeln

Die hydraulischen Berechnungen wurden auf Basis des Hydraulikmodells der Sude, das im Rahmen der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten und des Hochwasserrisikomanagementplans für den NLWKN von ProAqua erstellt wurde, durchgeführt. Es umfasst rund 1,5 Mio. Knoten und 2,9 Mio. Elemente mit einer Gesamtfläche von gut 300 km². Insgesamt gibt es im Projektgebiet eine Vielzahl an Poldern und Bauwerken, die im Hochwasserfall gesteuert werden. Maßgebend für die Überschwemmungsflächen in Niedersachsen sind dabei das Abschlussbauwerk der Sude zur Elbe, sechs Sommerpolder sowie das Schöpf- und Verschlussbauwerk der Krainke bei Niendorf. Diese Bauwerke und Steuerung sind im hydraulischen Modell implementiert. Das gesamte Modellgebiet ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

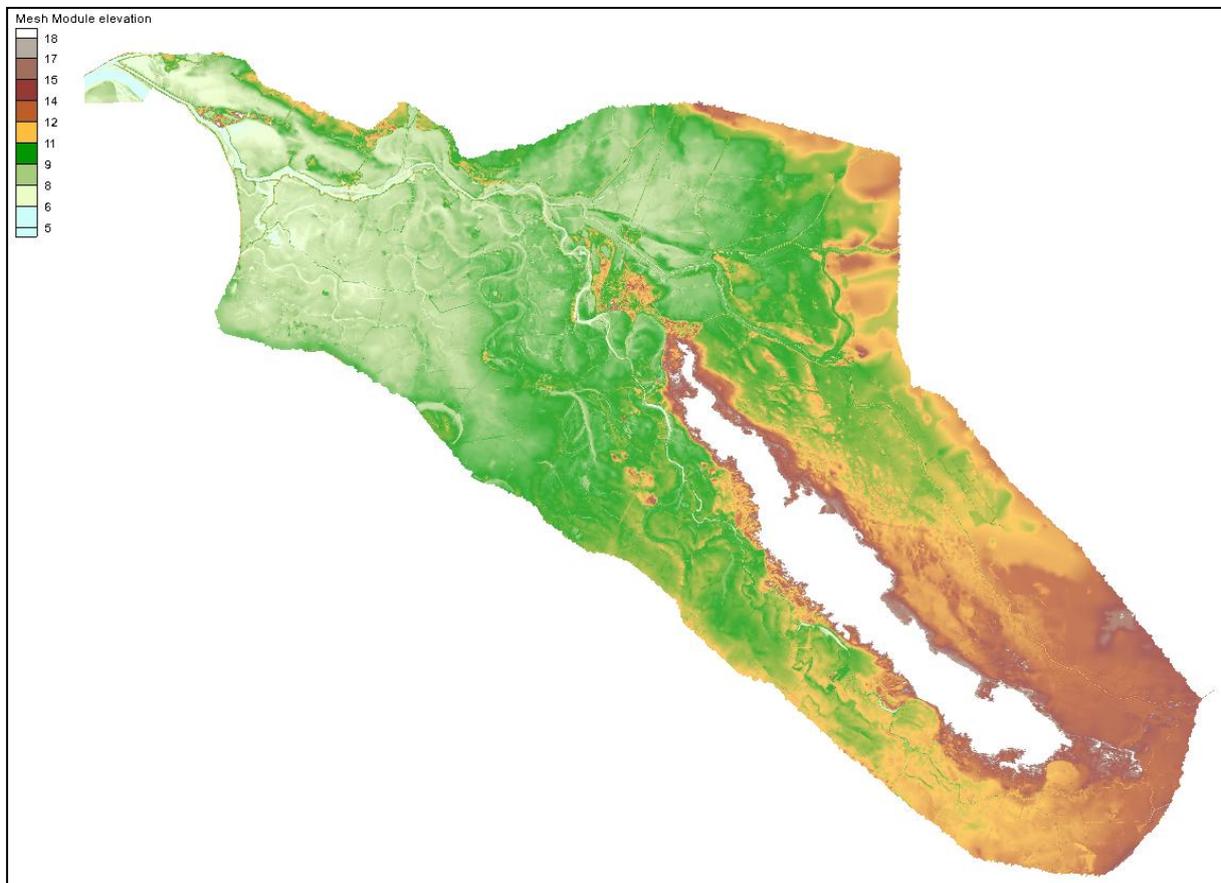


Abbildung 3.1: 2D-Modell der Sude und ihrer Nebengewässer in der Übersicht

Bei der Auswertung der Wasserstände wurden neben dem Abschlussbauwerk auch weitere 5 Stellen im Sudesystem betrachtet. In Abbildung 3.2. ist die Lage dieser Stellen dargestellt. Es handelt sich dabei jeweils um Außenpegel an Poldern.

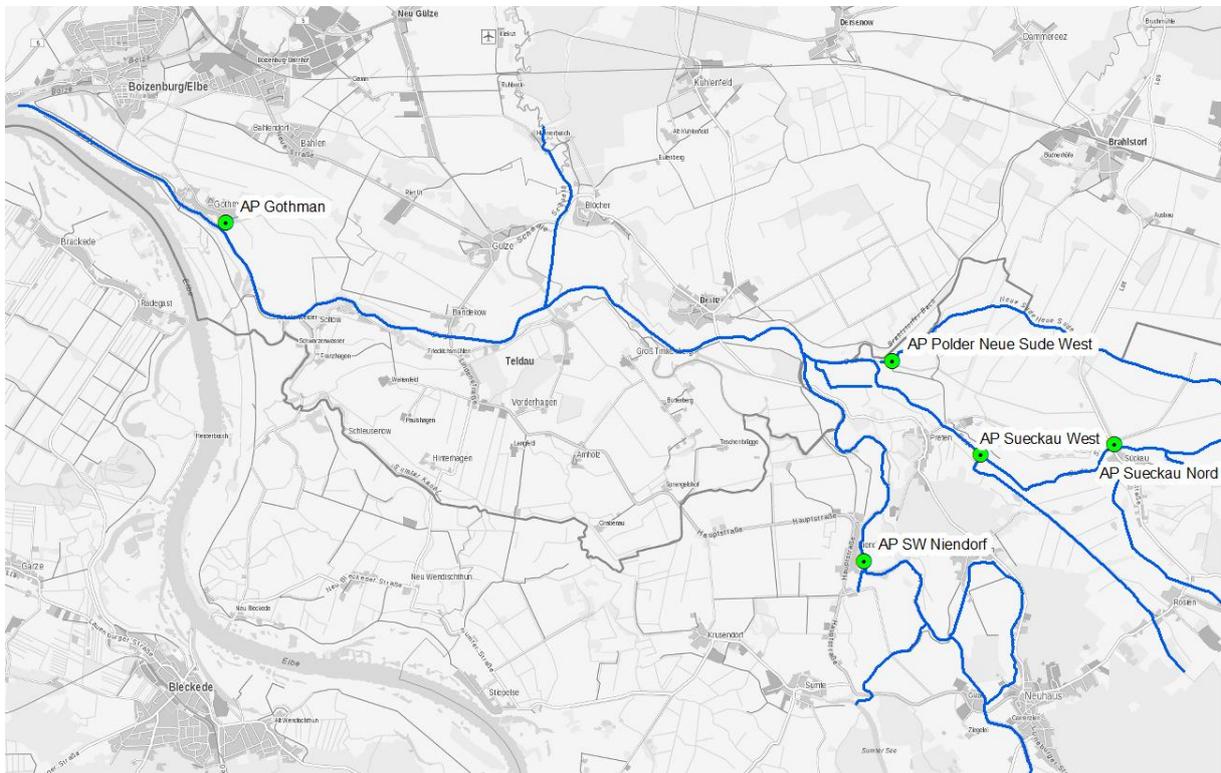


Abbildung 3.2: Pegelstellen zur Auswertung der Wasserstände

3.3 Hundertjähriges Hochwasserereignis mit Schließung des Sperrwerks (HQ₁₀₀ in der Elbe)

Mit den modellbasierten hydraulischen Berechnungen soll hier das Abflussgeschehen der Sude bei einem hundertjährlichen Hochwasserereignis mit Schließung des Sperrwerks ermittelt werden. Dieser Lastfall führt zu den maximalen Wasserständen im Unterlauf der Sude bei einem hundertjährlichen Hochwasserereignis.

Im Folgenden werden zuerst die hydraulischen Verhältnisse im Istzustand und anschließend die Verhältnisse im Planzustand dargestellt.

3.3.1 Hydraulische Verhältnisse im Istzustand

Im Rahmen der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten und des Hochwasserrisikomanagementplans für den NLWKN wurden mit dem Hydraulikmodell Berechnungen durchgeführt und Wasserstände und Abflüsse an den einzelnen Bauwerken (Abschlussbauwerk, Polder, ...) ausgewertet. Abbildung 3.3 zeigt die Wasserstandsentwicklung und die Abflüsse am Sperrwerk im Istzustand für den Lastfall LF2.

Das vorhandene Sudesperwerk hat statische Beschränkungen bezüglich der Wasserspiegellagedifferenz zwischen binnen und außen (maximal 90 cm bei einem Wasserstand von 11,3 mNN in der Elbe). Würde das Sperrwerk geschlossen sobald Wasser aus der Elbe in die Sude fließt, so würde sich eine höhere Wasserstands-differenz zwischen binnen und außen einstellen. Deshalb fließt bei der hydraulischen Berechnung des Lastfalls LF2 im Istzustand zuerst noch eine Zeit lang das ansteigende Hochwasser der Elbe in die Sude, bevor das Sperrwerk geschlossen wird. Das Abschlussbauwerk wird in der Modellrechnung des Istzustandes bei einem Wasserstand am Sudeabschlussbauwerk von 10,80 mNHN geschlossen. Es fließt dabei vor der Schließung bereits Elbewasser in die Sudeniederung ein. Es stellt sich am Abschlussbauwerk binnenseitig ein maximaler Wasserstand von 10,74 mNHN ein. Über einen Zeitraum von 89 Stunden ist der Wasserstand nahezu konstant (10,70 bis 10,74 mNHN).

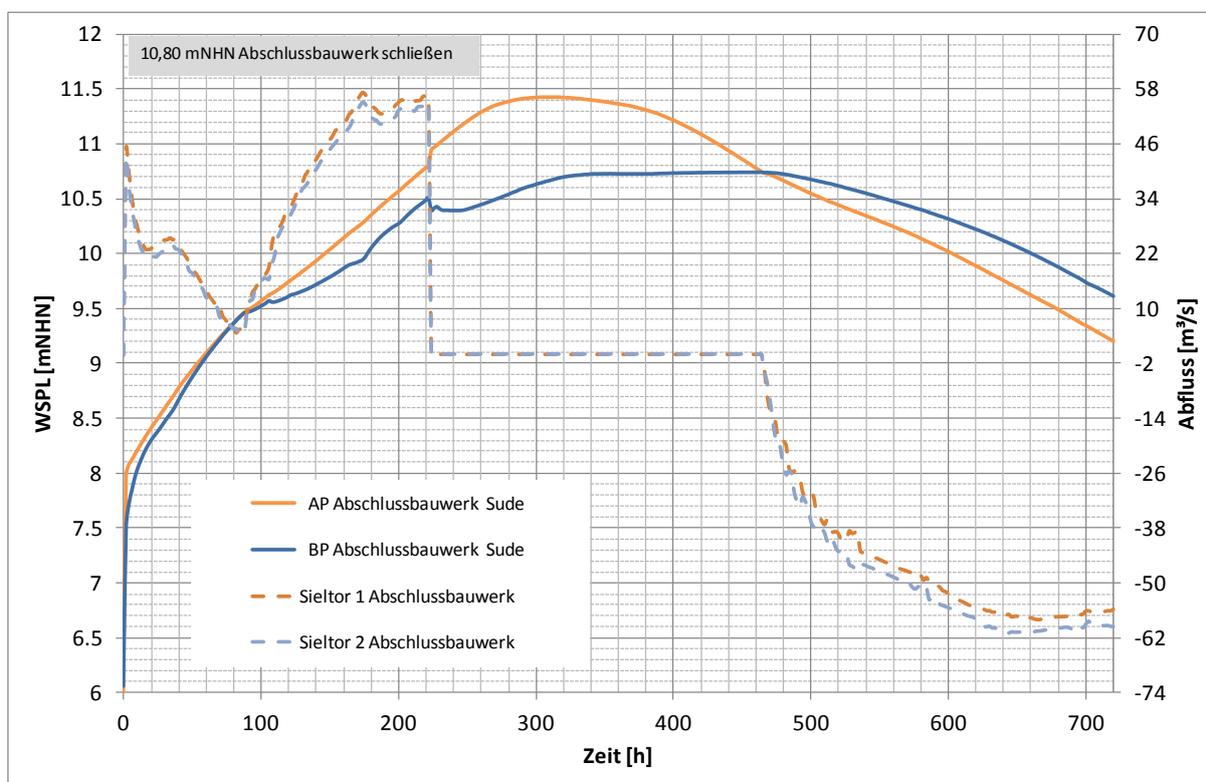


Abbildung 3.3: Wasserstands- und Abflussganglinien am Abschlussbauwerk der Sude im Istzustand bei LF2

In Tabelle 3.2 sind die Zeitpunkte und Wasserstände des Schließens, des maximalen Wasserstandes und des Öffnens des Sperrwerkes aufgeführt. Das Sperrwerk ist im Istzustand für 242 Stunden, das sind 10 Tage und 2 Stunden, geschlossen.

Tabelle 3.2: Charakteristische Wasserstände und Zeitpunkte Istzustand

Zeitschritt [h]	Zeitschritt [h]. (verschoben passend zu LF2a)	Wasserstand binnen [mNHN]	Erläuterung
224	417	10,39	Schließen des Sperrwerkes
426 - 470	619 - 663	10,74	Maximaler Wasserstand
466	659	10,74	Öffnen des Sperrwerkes

3.3.2 Hydraulische Verhältnisse im Planzustand

Für den Planzustand wurde das Rechenmodell auf den Planzustand angepasst und das Sudesperrwerk am neuen Standort im Modell eingebaut. Der Elbedeich Boizenburg wurde im Modell etwas unterhalb des neuen Sperrwerkstandorts bis auf 7,00 mNHN geschlitzt, damit das Wasser der Elbe unmittelbar an das Sudesperrwerk strömen kann. In der aktuellen Planung ist nur noch eine Schlitzung auf 9,00 mNHN vorgesehen. Die niedrigere Schlitzung führt bei der ansteigenden Welle dazu, dass die Wasserstände am neuen Sperrwerk etwas höher als bei der aktuellen Planung ausfallen. Das Sperrwerk wird daher ca. 2 Stunden eher geschlossen, als bei einer Schlitzung auf 9,00 mNHN. Die Auswirkungen dieser etwas früheren Schließung sind jedoch gering und die er-

mittelten Ergebnisse liegen auf der sicheren Seite. Die Öffnung des Sperrwerks erfolgt bei einem Wasserstand von 10,36 mNHN. Die Höhe der Schlitzung (7,00 mNHN oder 9,00 mNHN) ist hierfür nicht relevant.

Die Steuerung der Polder wurde gegenüber dem Istzustand nicht verändert. Die Steuerung des Sperrwerks wurde so angepasst, dass es geschlossen wird, sobald Wasser von der Elbe in die Sude strömen würde. Deshalb musste für die hydraulische Berechnung der Zeitraum der Berechnung nach vorne verlängert werden (LF2a, siehe Kapitel 3.1).

In Abbildung 3.4 sind die Wasserstandsentwicklung und die Abflüsse am neuen Sperrwerk im Planzustand (LF2a) aufgetragen. Ergänzend hierzu ist noch der Wasserstand dargestellt, der sich am alten Sperrwerk im Istzustand bei Lastfall LF2 einstellt.

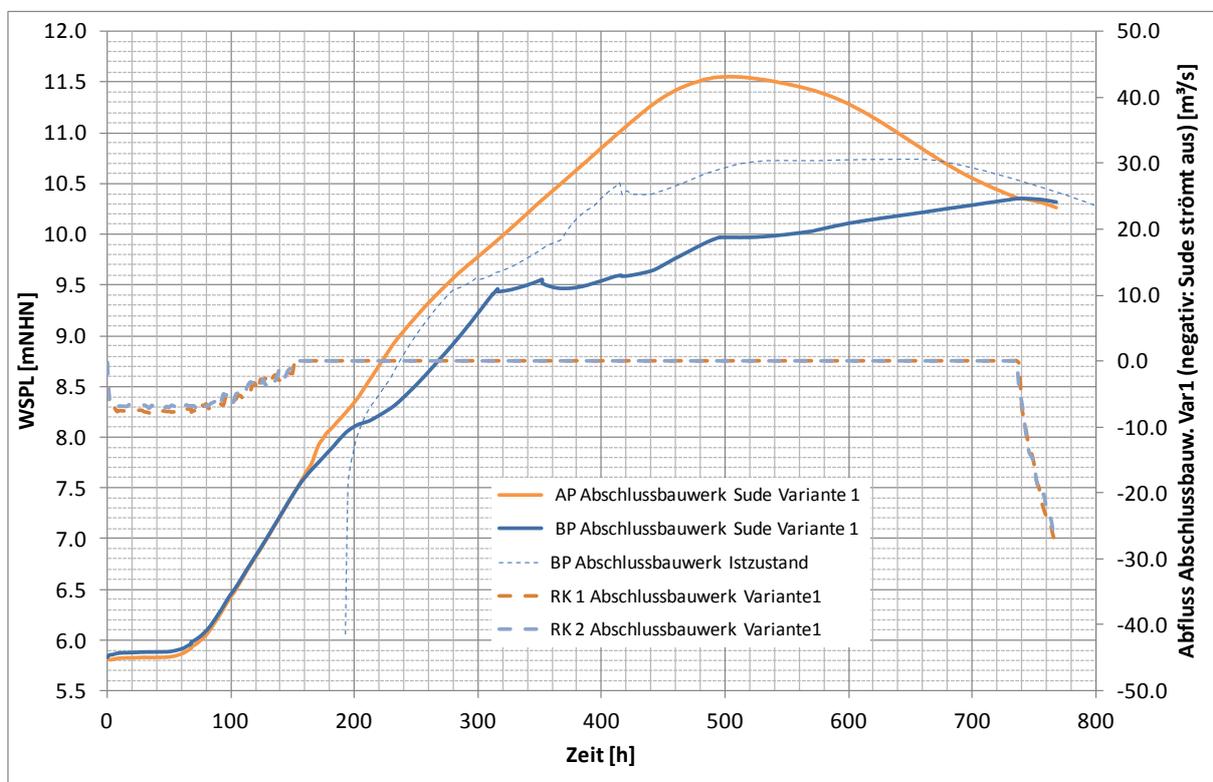


Abbildung 3.4: Wasserstands- und Abflussganglinien am Sperrwerk, Variante 1

In Tabelle 3.3 sind die Zeitpunkte und Wasserstände des Schließens, des maximalen Wasserstandes und des Öffnens des Sperrwerks aufgeführt. Das Sperrwerk ist bei diesem Lastfall für 586 Stunden, das sind 24 Tage und 10 Stunden, geschlossen.

Tabelle 3.3: Charakteristische Wasserstände und Zeitpunkte Variante 1

Zeitschritt [h]	Wasserstand binnen [mNHN]	Erläuterung
152	7,47	Schließen des Sperrwerkes
736 - 748	10,36	Maximaler Wasserstand
738	10,36	Öffnen des Sperrwerkes

In Abbildung 3.5 ist die Wasserstandsentwicklung an 5 weiteren Pegeln (jeweils Außenpegel an verschiedenen Poldern) dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich im Hochwasserfall im gesamten Sudegebiet der gleiche maximale Wasserstand einstellt. Zum Vergleich ist auch die Wasserstandsentwicklung an den Pegeln jeweils im Istzustand dargestellt (gestrichelte Linien).

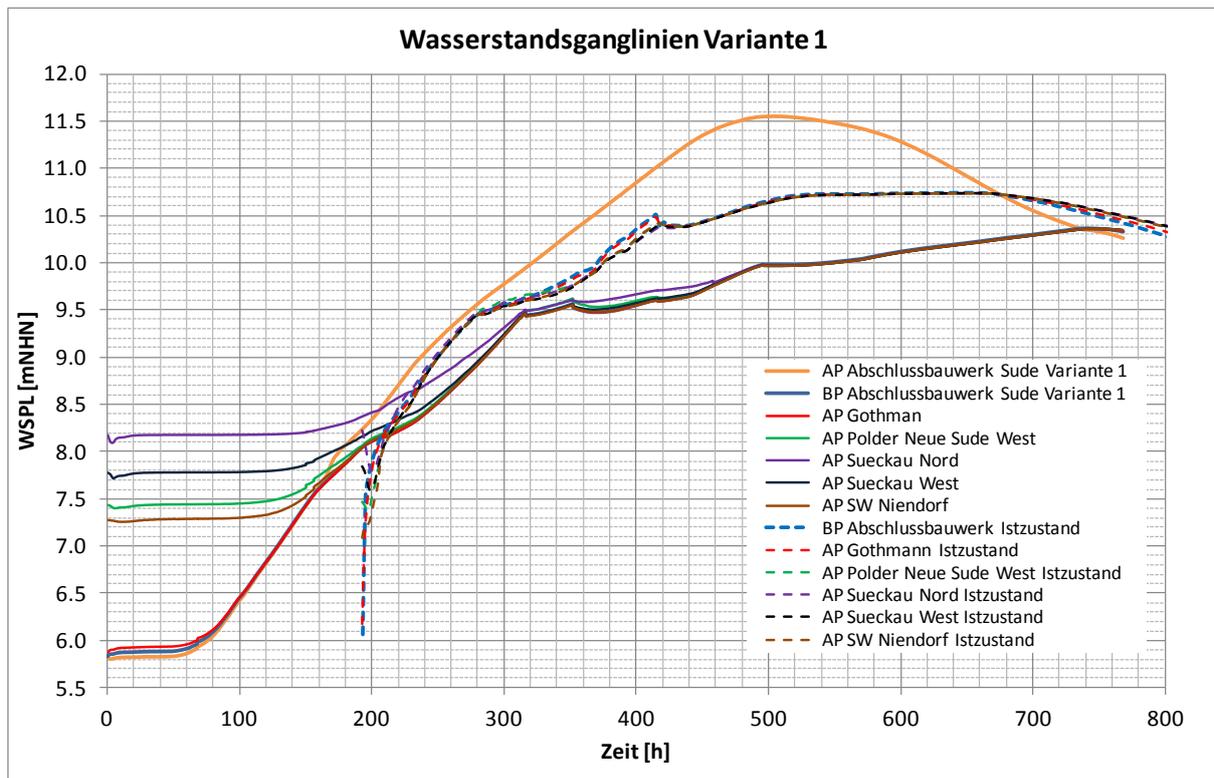


Abbildung 3.5: Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet, Planzustand

Im Vergleich zum Istzustand mit dem alten Sudeabschlussbauwerk ergeben sich bei dem neuen Sperrwerk deutlich niedrigere Wasserstände im Sudesystem. Im ansteigenden Bereich liegen die Wasserstände zeitweise rund 80 cm niedriger. Die maximalen Wasserstände liegen bei dem neuen Sperrwerk mit 10,36 mNHN um 38 cm unter den maximalen Wasserständen von 10,74 mNHN im Istzustand mit dem alten Sudeabschlussbauwerk. Außerdem ist die Dauer der maximalen Belastung im Planzustand deutlich geringer.

3.4 Hundertjähriges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ₁₀₀ in der Sude)

Bei den bisherigen Modelluntersuchungen für den NLWKN wurden für das 100-jährliche Ereignis zwei Lastfälle betrachtet. Zum einen ein hundertjähriges Ereignis in der Sude in Kombination mit einem HQ₁ - HQ₂ in der Elbe (LF1, hierbei wird das Sudesperwerk nicht geschlossen) und zum anderen ein HQ₂₀ in der Sude in Kombination mit einem Hochwasser in der Elbe von 4.545 m³/s am Pegel Wittenberge (LF2 mit Schließung des Sperrwerks).

Der LF2 bzw. LF2a mit Schließung des Sperrwerks wurde in Kapitel 3.3 untersucht. Für den LF1 mit geöffnetem Sperrwerk wurden ebenfalls hydraulische Berechnungen für den neuen Standort mit einer Öffnungsbreite von 2 x 7 m durchgeführt.

Basis für die Untersuchung ist das zweidimensionale Hydraulikmodell, das von ProAqua im Rahmen der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten und des Hochwasserrisikomanagementplans für den NLWKN erstellt wurde. Hiermit wurde das instationäre Abflussgeschehen in der Sude mit den gesteuerten Poldern abgebildet.

Im ursprünglichen Modell wurde das Sperrwerk durch eindimensionale Hydraulikelemente abgebildet, da nur so die Steuerung des Bauwerks während der hydraulischen Berechnung durchgeführt werden konnte. Da bei dieser hydraulischen Untersuchung das Sperrwerk die ganze Zeit geöffnet ist, wurde es zweidimensional im Modell berücksichtigt.

In Tabelle 3.4 sind die maximalen Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und der maximale Abfluss im Bereich des Bauwerks aufgeführt. Die jeweiligen Maxima wurden aus den Ergebnissen der hydraulischen Berechnung ermittelt. Die Berechnung wurde als instationäre Berechnung durchgeführt, d.h. Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und Abflüsse verändern sich über die Zeit. Die jeweiligen Maxima müssen dabei nicht alle zum gleichen Zeitpunkt auftreten. Die größten Fließgeschwindigkeiten treten z.B. in der ablaufenden Welle auf, wenn der Abfluss bereits wieder abnimmt. Die Fließgeschwindigkeit ist dabei die maximale tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit im Bauwerk. Sie tritt am unteren Rand des Bauwerks auf, da hier die Fließtiefe am geringsten ist.

Tabelle 3.4: Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Bauwerks bei einem HQ₁₀₀ in der Sude

Öffnungsbreite	WSP unterhalb	WSP oberhalb	Aufstau	Fließgeschwindigkeit im Bauwerk	Abfluss
2 x 7 m	9,01 mNHN	9,08 mNHN	7 cm	~ 1,4 m/s	78,3 m ³ /s

Der sich bei diesem Lastfall am neuen Sperrwerk einstellende Wasserstand ist deutlich geringer als der Wasserstand von 10,36 mNHN bei dem hundertjährlichen Ereignis im LF2 mit Schließung des neuen Sperrwerks.

In Abbildung 3.6 ist die Wasserstandsentwicklung im Plan- und Istzustand bei einem hundertjährlichen Ereignis an den ausgewählten Stellen im Sudegebiet dargestellt. Der maximale Wasserstand liegt im Planzustand etwas über dem maximalen Wasserstand im Istzustand. Beim Außenpeil Gothmann liegt der maximale Wasserstand im Planzustand 5 cm über dem maximalen Wasserstand im Istzustand. Mit größerem Abstand zum Sperrwerk nimmt die Erhöhung deutlich ab und beträgt am Außenpeil Sückau Nord nur noch 1 cm.

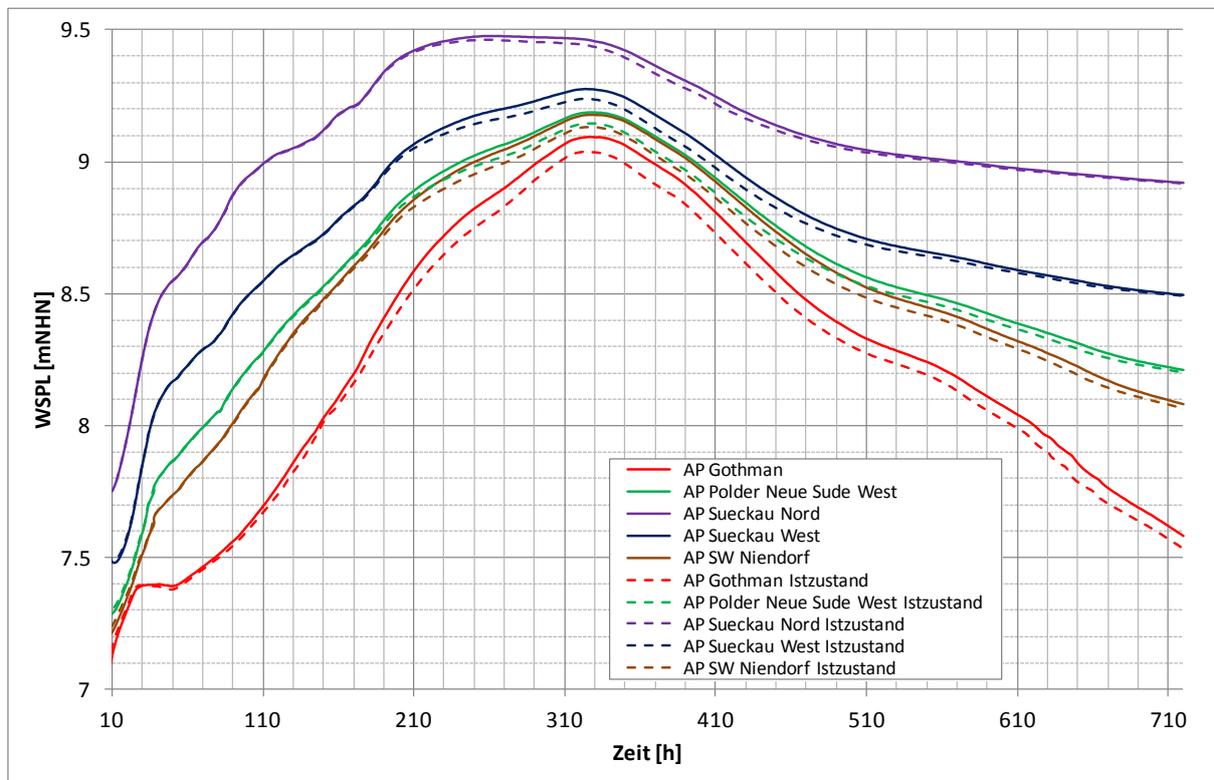


Abbildung 3.6: Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ₁₀₀ in der Sude (LF1, durchgezogene Linien: Planzustand mit 2 x 7 m, gestrichelte Linien: Istzustand)

3.5 Hundertjähriges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (Bauzustand, HQ₁₀₀ in der Sude)

Während der Bauphase soll die Sude links am Bauwerk in einem Trapezprofil vorbeigeführt werden. Im geplanten Umleitungsgerinne liegt die Sohle auf 3,50 mNHN mit einer Breite von mindestens 5,20 m. Die Böschungen sind mit einer Steigung von 1:2 ausgebildet. Dieser Zustand (Bauzustand) wurde in das Hydraulikmodell eingebaut und damit ein hundertjähriges Ereignis in der Sude berechnet. Die Wasserstandsentwicklung an den ausgewählten Stellen im Sudegebiet ist in Abbildung 3.7 dargestellt. Die Wasserstände im Bauzustand liegen etwas über den Wasserständen im Istzustand, jedoch sind sie immer niedriger als die Wasserstände im Planzustand.

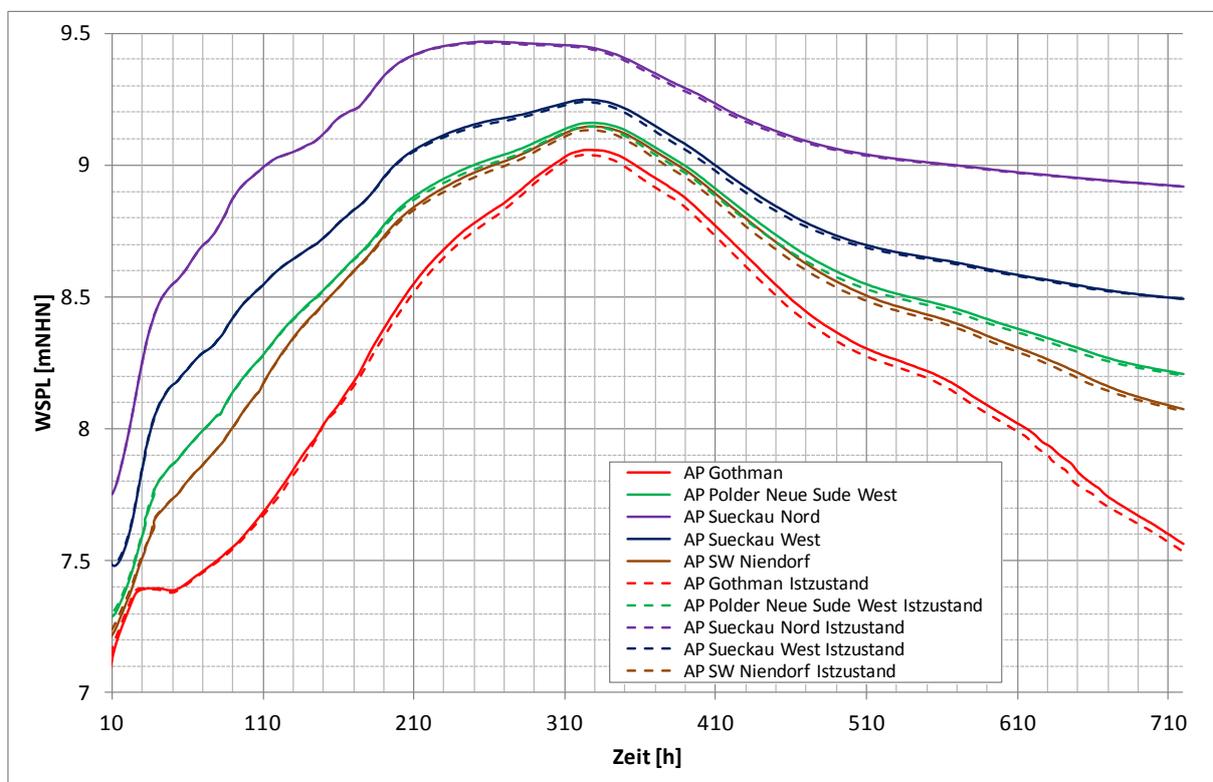


Abbildung 3.7: Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ₁₀₀ in der Sude (LF1, durchgezogene Linien: Planzustand während der Bauphase, gestrichelte Linien: Istzustand)

In Tabelle 3.5 sind die in der hydraulischen Modellierung ermittelten Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und der maximale Abfluss im Bereich des Bauwerks aufgeführt. Die Fließgeschwindigkeit ist die maximale tiefenge-mittelte Fließgeschwindigkeit im Umleitungsgerinne.

Tabelle 3.5: Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Umleitungsgerinnes (Bau-phase) bei einem HQ₁₀₀ in der Sude

Öffnungsbreite	WSP unterhalb	WSP oberhalb	Aufstau	Fließgeschwindigkeit im Umleitungsgerinne	Abfluss
Trapezprofil	9,01 mNHN	9,05 mNHN	4 cm	~ 1,0 m/s	78,3 m³/s

3.6 Häufiges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ₂₀ in der Sude)

Neben einem hundertjährigen Ereignis wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber noch ein zwanzigjähriges Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk untersucht, das damit einen geringeren Abfluss in der Sude aufweist und häufiger als das hundertjährige Ereignis auftritt. Dieses Ereignis kombiniert ein zwanzigjähriges Ereignis in der Sude mit einem HQ₁ - HQ₂ in der Elbe und entspricht damit dem Lastfall a (HQ_{häufig}) der bisherigen Modelluntersuchungen für den NLWKN.

Die Wasserstandsentwicklung für den Ist- und Planzustand an den ausgewählten Stellen im Sudegebiet ist in Abbildung 3.8 dargestellt.

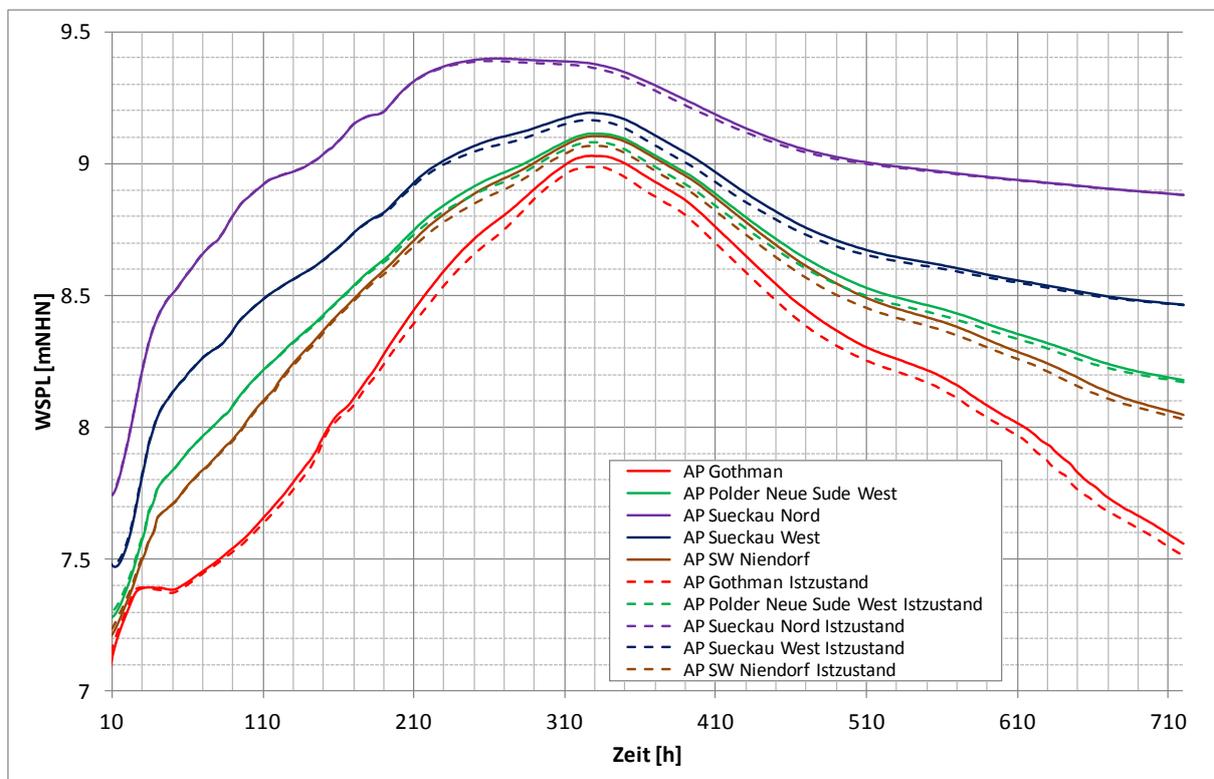


Abbildung 3.8: Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ₂₀ in der Sude (Lfa, durchgezogene Linien: Planzustand, gestrichelte Linien: Istzustand)

Der maximale Wasserstand liegt im Planzustand etwas über dem maximalen Wasserstand im Istzustand. Beim Außenpeil Gothmann liegt der maximale Wasserstand im Planzustand 4 cm über dem maximalen Wasserstand im Istzustand. Mit größerem Abstand zum Sperrwerk nimmt die Erhöhung deutlich ab und beträgt am Außenpeil Sückau Nord nur noch 1 cm.

In Tabelle 3.6 sind die in der hydraulischen Modellierung ermittelten Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und der maximale Abfluss im Bereich des Bauwerks aufgeführt. Die Fließgeschwindigkeit ist die maximale tiefenge-mittelte Fließgeschwindigkeit im Bauwerk.

Tabelle 3.6: Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Umleitungsgerinnes (Bau-
phase) bei einem HQ_{20} in der Sude

Öffnungsbreite	WSP unterhalb	WSP oberhalb	Aufstau	Fließgeschwindigkeit im Bauwerk	Abfluss
2 x 7 m	8,96 mNHN	9,02 mNHN	6 cm	~ 1,2 m/s	64,9 m ³ /s

3.7 Zweijährliches Hochwasserereignis mit geöffnetem Sperrwerk (HQ₂ in der Sude)

Als weiteres Hochwasserereignis wurde ein zweijährliches Ereignis untersucht. Die aus dem hydrologischen Modell ermittelten Zuflüsse ins Sudesystem wurden mit einem HQ₁ - HQ₂ in der Elbe kombiniert. Dieser Lastfall wurde bisher bei den Untersuchungen für den NLWKN noch nicht hydraulisch modelliert, sodass sowohl der Plan- als auch der Istzustand neu berechnet werden mussten. Die Wasserstandsentwicklung für den Ist- und Planzustand an den ausgewählten Stellen im Sudegebiet ist in Abbildung 3.9 dargestellt.

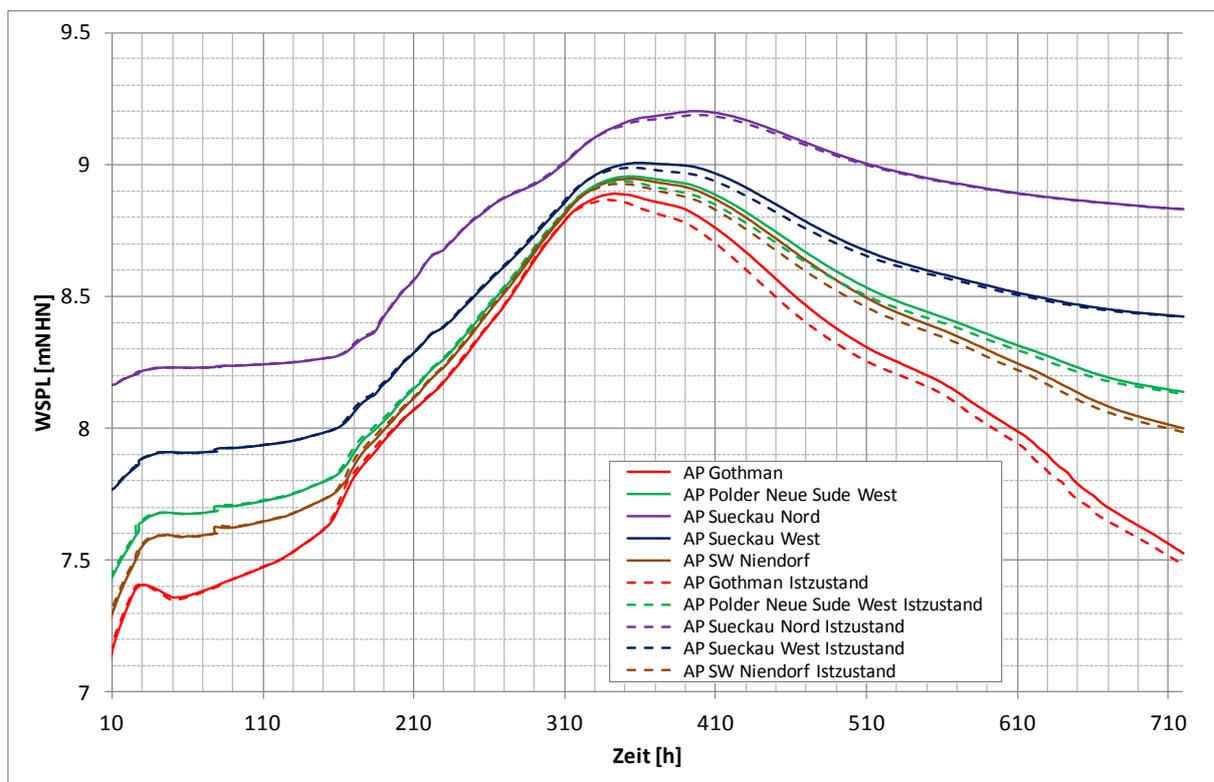


Abbildung 3.9: Wasserstandsentwicklung an verschiedenen Stellen im Sudegebiet bei HQ₂ in der Sude (durchgezogene Linien: Planzustand, gestrichelte Linien: Istzustand)

Der maximale Wasserstand liegt im Planzustand etwas über dem maximalen Wasserstand im Istzustand. Beim Außenpeil Gothmann liegt der maximale Wasserstand im Planzustand 2 cm über dem maximalen Wasserstand im Istzustand. Mit größerem Abstand zum Sperrwerk nimmt die Erhöhung deutlich ab und beträgt am Außenpeil Sückau Nord nur noch 1 cm.

In Tabelle 3.7 sind die in der hydraulischen Modellierung ermittelten Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und der maximale Abfluss im Bereich des Bauwerks aufgeführt. Die Fließgeschwindigkeit ist die maximale tiefenge-mittelte Fließgeschwindigkeit im Bauwerk.

Tabelle 3.7: Wasserstände, Fließgeschwindigkeit und Abfluss im Bereich des Umleitungsgerinnes (Bau-
phase) bei einem HQ₂ in der Sude

Öffnungsbreite	WSP unterhalb	WSP oberhalb	Aufstau	Fließgeschwindigkeit im Bauwerk	Abfluss
2 x 7 m	8,85 mNHN	8,88 mNHN	3 cm	~ 1,0 m/s	59,0 m ³ /s

3.8 Mittlere Abflussverhältnisse in der Sude

Neben den Wirkungen auf Hochwasserabflüsse sollten auch die Auswirkungen auf mittlere Abflussverhältnisse der Sude untersucht werden. Als weiterer Lastfall für die Untersuchungen wurde daher in der Sude ein mittlerer Abfluss (MQ) betrachtet, der jeweils mit drei verschiedenen Elbewasserständen kombiniert wurde (siehe Tabelle 3.8).

Tabelle 3.8: Untersuchte Elbewasserstände im Bereich der Sudemündung

	WSP Elbe
Wasserstand 1	5,80 mNHN
Wasserstand 2	6,50 mNHN
Wasserstand 3	7,00 mNHN

Die hydraulischen Berechnungen wurden als stationäre Berechnungen mit dem Gesamtmodell durchgeführt. Dabei wurde für das MQ der Sude eine mittlere Spende von $6,4 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ angesetzt. Am neuen Sudesperrwerk ergibt sich damit ein MQ von $15,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen für den Planzustand und den Istzustand sind in Abbildung 3.10 dargestellt. Abbildung 3.11 zeigt die sich durch das neue Sperrwerk ergebenden Erhöhungen des Wasserspiegels.

Die sich durch das neue Sperrwerk bei Mittelwasser ergebenden Erhöhungen sind insgesamt sehr gering (maximal 2 cm). Die absolute Erhöhung ist bei niedrigen Elbewasserständen am größten. Im Planzustand ergeben sich hier direkt oberhalb des Bauwerks Wasserstände, die 2 cm höher liegen als im Istzustand. Die Differenz baut sich nach Oberwasser hin recht schnell ab. Bei den höheren Elbewasserständen ist die Aufhöhung direkt am Bauwerk geringer, jedoch reicht der Effekt weiter nach Oberwasser. Ab vier Kilometer oberhalb des neuen Sperrwerks liegt die Aufhöhung bei allen drei untersuchten Szenarien unter einem Zentimeter.

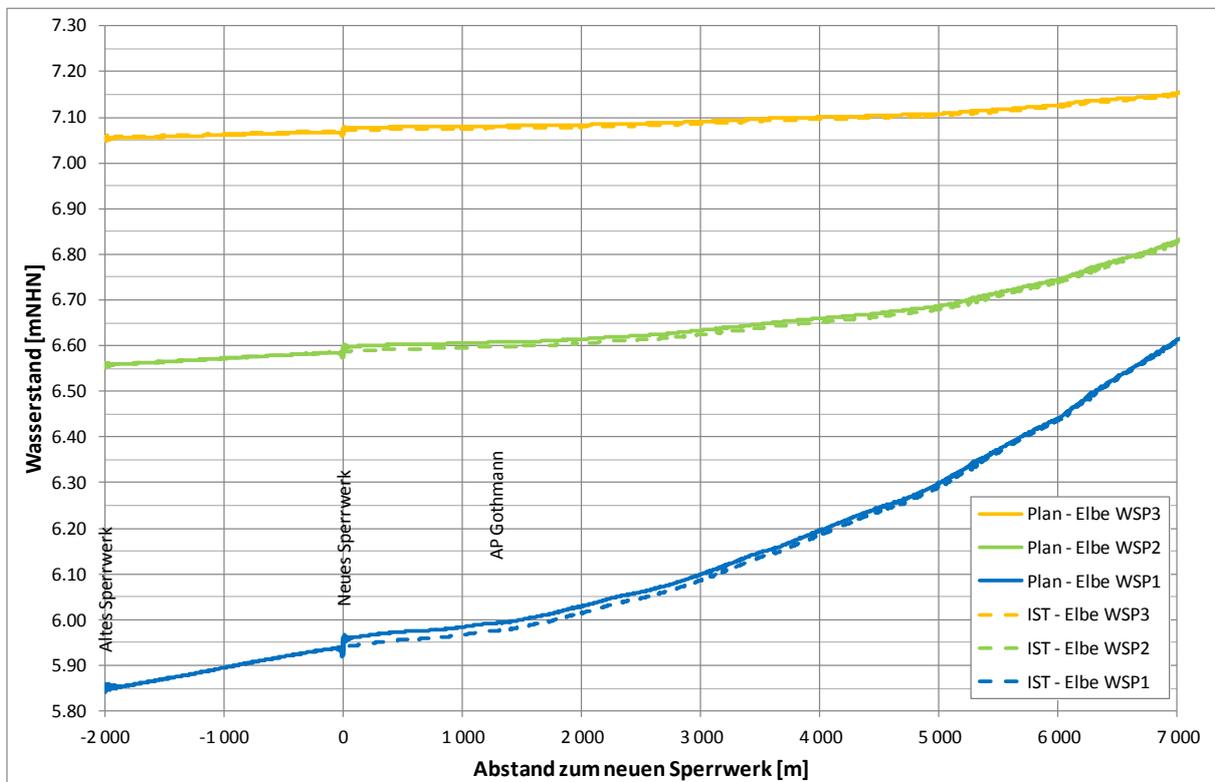


Abbildung 3.10: Wasserspiegellängsschnitt MQ im Unterlauf der Sude bei verschiedenen Elbewasserständen

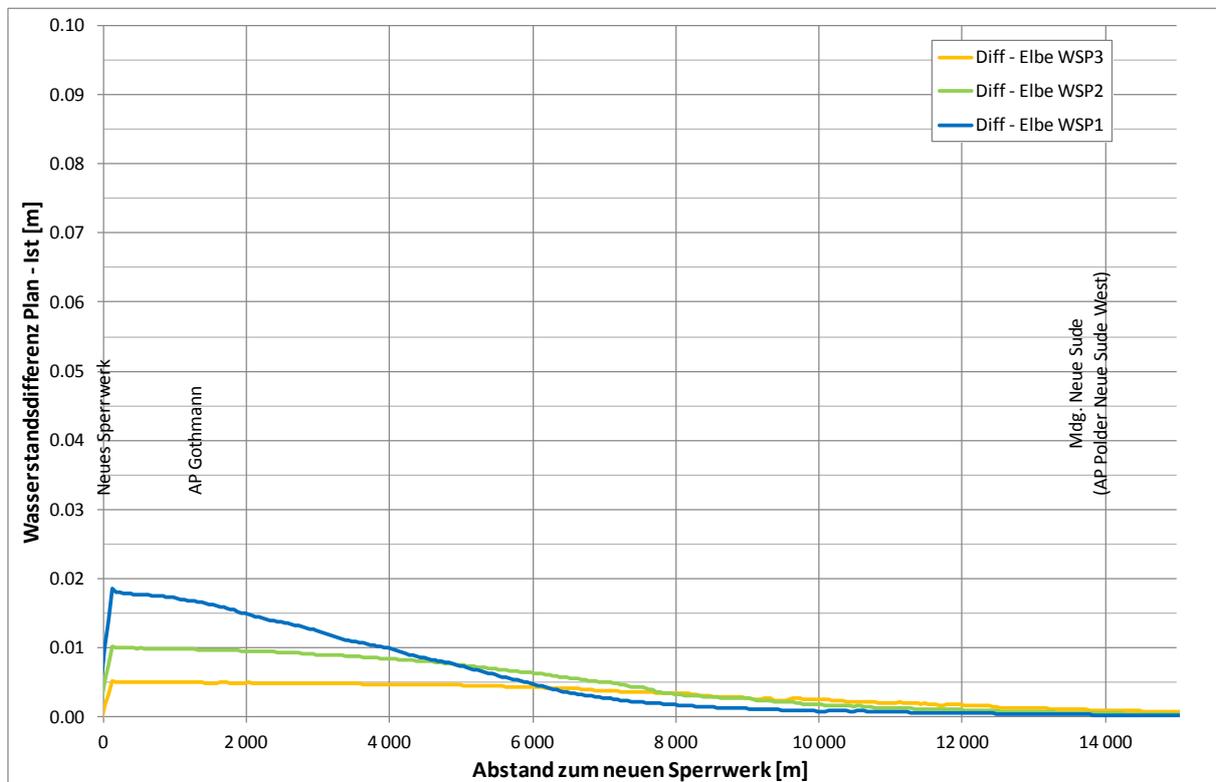


Abbildung 3.11: Wasserstandsdifferenzen bei MQ oberhalb des neuen Sperrwerks bei verschiedenen Elbewasserständen (WSP im Planzustand minus WSP im Istzustand)

4 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes „Hochwasserschutz Boizenburg Rückverlegung Hafendeich“ ist der Neubau des Sudesperwerkes geplant. In dieser Untersuchung wurde die Auswirkung des neuen Sperrwerkstandortes auf die Hochwassersituation und mittlere Abflussverhältnisse im Sudesystem ermittelt.

Bei einem hundertjährigen Ereignis mit Schließung des Sperrwerkes (HQ₁₀₀ in der Elbe, HQ₂₀ in der Sude) kann das neue Bauwerk geschlossen werden, sobald Elbewasser in die Sude einströmen würde. Im Vergleich zum Istzustand mit dem alten Sperrwerk reduzieren sich die maximalen Wasserstände im Sudesystem oberhalb des neuen Sperrwerkes um rund 40 cm. Außerdem ist die Dauer der maximalen Belastung im Planungszustand deutlich geringer als im Istzustand.

Bei einem hundertjährigen Ereignis ohne Schließung des Sperrwerkes (HQ₁₀₀ in der Sude) findet am Bauwerk selbst ein Aufstau von 7 cm statt. Die sich einstellenden Wasserstände liegen bei diesem Ereignis deutlich unter den Wasserständen des hundertjährigen Ereignisses mit Schließung des Sperrwerkes (HQ₂₀ in der Sude). Durch den neuen Standort des Sperrwerkes und die Reduzierung der Durchflussbreite liegt der maximale Wasserstand am Außenpeil Gothmann im Planzustand 5 cm über dem maximalen Wasserstand im Istzustand. Mit größerem Abstand zum Sperrwerk nimmt die Erhöhung deutlich ab und beträgt am Außenpeil Sückau Nord nur noch 1 cm.

In der Bauphase soll die Sude über ein trapezförmiges Umleitungsgerinne am neuen Sperrwerkstandort vorbeigeleitet werden. Für diesen Zustand wurde ein hundertjähriges Ereignis ohne Schließung des Sperrwerkes (HQ₁₀₀ in der Sude) hydraulisch berechnet. Das Umgehungsgerinne weist eine ausreichende Leistungsfähigkeit auf.

Auch bei einem zwanzigjährigen Hochwasser in der Sude ohne Schließung des Sperrwerkes tritt am Bauwerk ein Aufstau auf, der den maximalen Wasserstand am Außenpeil Gothmann im Planzustand um 4 cm gegenüber dem Istzustand erhöht.

Bei einem zweijährlichen Hochwasser in der Sude ohne Schließung des Sperrwerkes beträgt die Erhöhung des maximalen Wasserstandes am Außenpeil Gothmann im Planzustand nur noch 2 cm gegenüber dem Istzustand.

Die mittleren Abflussverhältnisse in der Sude wurden in Kombination mit drei Elbewasserständen untersucht. Der Anstieg des Wasserspiegels am Bauwerk ist gering (maximal 2 cm). Ab vier Kilometer oberhalb des neuen Sperrwerkes liegt die Aufhöhung bei allen drei untersuchten Szenarien unter einem Zentimeter.

Die maximalen Wasserstände im Unterlauf der Sude treten bei einem hundertjährigen Ereignis mit Schließung des Sperrwerkes auf. Durch den Neubau des Sudesperwerkes werden in diesem Lastfall die maximalen Wasserstände in der Sude gegenüber dem Istzustand deutlich reduziert. Bei den übrigen untersuchten Lastfällen ohne Schließung des Sperrwerkes ergeben sich bei der hydraulischen Berechnung relativ geringe Erhöhungen der maximalen Wasserstände im Unterlauf der Sude.