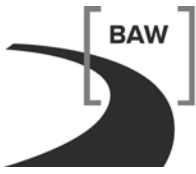


Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

**Aktualisierung der
Stromregelungskonzeption
für die Grenzoder
Kurzfassung zum Gutachten, Mai 2014**

3.02.10132.4





**Aktualisierung der
Stromregelungskonzeption
für die Grenzoder
Kurzfassung zum Gutachten, Mai 2014**

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde

Auftrag vom: 13.04.2011, Az.: 4-231.2 Od SRK 0/23

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. **3.02.10132.4**

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Binnenbereich
Referat: W2
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Bernd Hentschel
Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Hüsener

Fachbegleitung der Arbeiten am Projekt seitens der Projektgruppe:

Deutsche Seite

(WSA Eberswalde) Dipl.-Ing. Regina Jeske (Leiterin der Projektgr.), Dipl.-Ing. Astrid Ewe,
Dipl.-Ing. Cornelia Lauschke

(GDWS, Ast-Ost) Dipl.-Ing. Zbigniew Szymon

Polnische Seite

(RZGW w Szczecinie) mgr inż. Agnieszka Dynia, mgr inż. Łukasz Kolanda,
mgr inż. Bogdan Zakrzewski, mgr Adam Łazarów

(ZUT Szczecin) dr inż. habil. Władysław Buchholz, dr inż. Zbigniew Mroziński

Koordinierende Begleitung der Arbeiten am Projekt seitens der Lenkungsgruppe:

Deutsche Seite

(WSA Eberswalde) Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Heymann (Leiter der Lenkungsgruppe)

(WSD GDWS, Ast Ost) Dipl.-Ing. Tjark Hildebrandt

Polnische Seite

(KZGW) mgr inż. Witold Sumiśławski

(RZGW w Szczecinie) dr inż. Andrzej Kreft

Karlsruhe, 30.05.2014

Die Kurzfassung zum Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

Zusammenfassung

Grundlage für dieses Projekt sind die am 29.10./24.11.2008 zwischen den deutschen und polnischen Wasserstraßenverwaltungen abgestimmten „Thesen für eine spätere rechtliche Regelung zur gemeinsamen Verbesserung der Situation an den Wasserstraßen im deutsch-polnischen Grenzgebiet (Hochwasserschutz Abfluss- und Schifffahrtsverhältnisse)“. Unter Punkt 1.1 ist festgelegt, dass eine Stromregelungskonzeption für die Grenzoder zu erstellen ist und die BAW beauftragt wird, diese zu erarbeiten.

Die Ausgangslage ist im Projektauftrag wie folgt beschrieben: „Die Oder bildet zwischen km 542,4 (bei Ratzdorf) und km 704,1 (Abzweig der Westoder) die deutsch-polnische Grenze. Sie ist in diesem Abschnitt eine durch Stromregelungsbauwerke (Buhnen, Deck- und Parallelwerke) in mehreren Jahrhunderten durch Durchstiche und Flussbegradigungen geregelte Flusstrecke. Der Unterhaltungszustand der Stromregelungsbauwerke ist auf deutscher und polnischer Seite unzureichend. Dies hat in den letzten Jahrzehnten zu verstärkten Anlandungstendenzen und ständig verschlechterten Fahrrinntiefen geführt, was auch Auswirkungen auf das Hochwasserabflussprofil hat. Eine Beibehaltung dieses Zustandes kann insbesondere aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht hingenommen werden, da die gemeinsamen polnisch-deutschen Eisaufbruchaktionen sowie die Eisabfuhr und damit der Hochwasserschutz an der Oder erheblich gefährdet bzw. beeinträchtigt werden. Zugleich ist die Binnenschifffahrt behindert.“

Projektziele sind:

- Erarbeitung einer deutsch-polnischen Stromregelungskonzeption für die Unterhaltung der Strombauwerke der Grenzoder auf der Grundlage der von der Bundesanstalt für Wasserbau vorgelegten Grobanalyse für die Grenzoder.
- Dabei orientieren sich die anzustrebenden Wassertiefen an den Erfordernissen des Eisbrechereinsatzes und sind möglichst zuverlässig zu gewährleisten. Unter Berücksichtigung der natürlichen hydrologischen Verhältnisse soll eine Wassertiefe von 1,80 m mit einer mittleren jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von mindestens 80 % des Jahres oberhalb (Abschnitt 1) und mindestens 90 % des Jahres unterhalb der Warthemündung (Abschnitt 2) angestrebt werden.

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) wurde am 13.04.2011 vom WSA Eberswalde mit der Erarbeitung der neuen Stromregelungskonzeption beauftragt. Der Inhalt des Auftrages orientiert sich dabei direkt an den im Thesenpapier aufgeführten Zielen.

Die Auswertungen von Naturdaten und vorhergehende Untersuchungen der BAW zeigen, dass das im Projektauftrag definierte Regelungsziel in der Grenzoder heute nahezu durchgängig nicht erreicht wird und dass die erforderlichen Wassertiefen für den Eisaufbruch nicht

gegeben sind. Für die Erarbeitung der Aktualisierung der Regelungskonzeption verwendet die BAW ein numerisches Feststofftransportmodell der gesamten Grenzoder (Länge ca. 150 km, Simulationszeitraum 40 Jahre) für die großräumige und langfristige Ermittlung der mittleren Sohl- und Wasserspiegelveränderungen. Ein lokales physikalisches Geschiebemodell (Oder bei Hohenwutzen, Länge 7,8 km) wird zur Untersuchung der Auswirkungen von Regelungsvarianten auf den lokalen Feststofftransport (z.B. auf die Bildung und Bewegung von Dünen) sowie zur Untersuchung der nautischen Gegebenheiten verwendet. Mit dem kalibrierten numerischen Modell wurde für die gesamte Grenzoder mit dem EMW₂₀₁₀ ein neuer Bezugswasserstand berechnet.

Bei der Wahl der Untersuchungsvarianten stand das Regelungsziel einer durchgehenden mittleren Tiefe von 1,80 m jeweils im Vordergrund. Die Variation der Bauwerksparameter bezog sich auf die Reduzierung des Bauaufwandes und die Reduzierung möglicher negativer Auswirkungen, insbesondere auf die Wasserstände. Die jeweiligen Varianten wurden in der beauftragenden Projektgruppe diskutiert und abgestimmt. Die Variationen zwischen den Varianten beziehen sich primär auf den Abstand der Streichlinien und die jeweiligen Bauwerkssollhöhen.

Es konnten mehrere Varianten entwickelt werden, bei denen durchgehend eine Tiefe von 1,80 m mit den jeweiligen Überschreitungswahrscheinlichkeiten erreicht wird. Die Variante SRK-V5 wird zur Umsetzung von der BAW empfohlen.

Die Vergrößerung der mittleren Tiefen in ausgedehnten Abschnitten der Grenzoder erfordert, dass erhebliche Mengen an Sohlmaterial umgelagert werden. Große Teile davon werden innerhalb der untersuchten 40 Jahre durch den natürlichen Geschiebetransport bewegt. Die Berechnungen zeigten, dass der natürliche Geschiebetransport aber wahrscheinlich nicht ausreichen wird, um die Maßnahmen ohne eine Anhebung der Wasserstände umzusetzen. Daher wurde in mehreren Szenarien zielführend untersucht, inwieweit begleitende Baggerungen und Materialentnahmen unerwünschte Auswirkungen auf die Wasserstände verhindern können. Da die Prognosen zur Umlagerung des Sohlmaterials mit Unsicherheiten behaftet sind, werden in jedem Fall begleitende Naturbeobachtungen der Sohl- und Wasserstandsentwicklungen empfohlen.

Im Rahmen von Sensitivitätsuntersuchungen wurde berechnet, wie sich Unsicherheiten in den künftigen Abflussereignissen auf die Aussagen zur Zielerreichung auswirken können. Es wurden dazu Szenarien mit einer deutlich erhöhten und einer deutlich verminderten Abflusspende aus dem Einzugsgebiet untersucht. Die errechneten Werte für den Geschiebetransport und die Höhen von Sohle und Wasserständen reagierten auf diese Variationen erwartungsgemäß sensitiv. Es zeigte sich jedoch, dass das Regelungsziel in jedem Fall erreicht wird, allerdings auf einem jeweils anderen absoluten Höhenniveau. Aus den Sensitivitätsuntersuchungen ergab sich auch, dass Variationen der Bauzeiträume von 13, 20 oder 25 Jahren für die Umsetzung des vorgeschlagenen Regelungskonzeptes der Grenzoder sich nicht wesentlich auf die erreichbaren Wassertiefen nach 40 Jahren auswirken.

Für die Umsetzung des Regelungskonzeptes in den im Thesenpapier aufgeführten Schwachstellenbereichen der Oder sind auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Untersuchung Empfehlungen erarbeitet worden.

Begleitende Erfolgskontrollen werden in jedem Fall empfohlen, um die Zielerreichung zu überprüfen, negative Auswirkungen auf die Wasserspiegel zu erkennen und um ggf. den Einsatz begleitender Baggerungen planen zu können.

Für die Zeit bis zur Umsetzung der Maßnahmen in längeren Gewässerabschnitten werden allgemeine Empfehlungen zur laufenden Unterhaltung der Grenzoder gegeben, welche auf der Grundlage der Untersuchungen abgeleitet werden konnten.

Das im Auftrag definierte Ziel einer mittleren Tiefe von 1,80 m bezieht sich auf einen relativ geringen Abfluss, welcher für den Eisauflauf relevant ist. Die Umsetzung der untersuchten Varianten würde auch bei $Q(EMW_{2010})$ die mittleren Wassertiefen deutlich auf 2,70 m im Abschnitt 1 und auf 3,00 m im Abschnitt 2 erhöhen, wodurch sich die nautischen Verhältnisse für die gewerbliche Schifffahrt ebenfalls deutlich verbessern würden.

Die hier vorliegende Kurzfassung enthält die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen (Gutachten von Mai 2014) sowie eine Beschreibung des Ausführungsvorschlages der BAW (Variante SRK-V5).

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Projektorganisation und Randbedingungen	1
1.1	Projektorganisation	1
1.2	Randbedingungen	2
1.3	Bemessungswasserstand EMW_{2010}	4
2	Variantenuntersuchungen	5
2.1	Übersicht über die Varianten	5
2.2	Modelluntersuchungen	6
2.3	Ist-Zustand der Variante V0	8
2.4	Ausführungsvorschlag Variante SRK-V5 (1D-FTM)	9
2.5	EMW_{2010} und HW	12
3	Zusammenfassende Ergebnisdarstellung	15
4	Allgemeine Empfehlungen für die aktuelle Unterhaltung	17
5	Zusammenfassung und Empfehlungen	20

Bildverzeichnis		Seite
Bild 1-1:	Skizze zur Berechnung der mittleren Tiefe	3
Bild 1-2:	Übersichtsplan der Grenzoder und Luftbild der Oder mit Buhnen und Deckwerk an der Neißemündung bei Ratzdorf (Od-km 542,3 - 545)	4
Bild 2-1:	Grafische Darstellung der geometrischen Basisparameter, oben Streichlinienabstände, unten Bauwerkssollhöhe bezogen auf EMW_{2010}	6
Bild 2-2:	Modellnetz, Grenzoder mit Teilstrecken der polnischen Oder, Neiße und Warthe	7
Bild 2-3:	Physikalisches Modell der Oder bei Hohenwutzen in einer Versuchshalle der BAW	8
Bild 2-4:	Mittlere Tiefen bei $Q_{PÜ80/90}$, Variante V0, nach $T = 0$ und 40 Jahren	9
Bild 2-5:	Vergleich der mittleren Tiefen bei $Q_{PÜ80/90}$ der Varianten V0 und SRK-V5 über den gesamten Untersuchungsbereich	10
Bild 2-6:	Grafik der geometrischen Basisparameter, oben Streichlinienabstände, unten Bauwerkssollhöhe bezogen auf EMW_{2010} für Variante SRK-V5	11
Bild 2-7:	Vergleich der mittleren Tiefen bei EMW_{2010} der Varianten V0 und SRK-V5	12
Bild 2-8:	Wasserspiegeländerungen bei $Q(HW)$ bei den Varianten SRK-V1, SRK-V2, SRK-V2b, SRK-V3, SRK-V4 und SRK-V5 gegenüber SKR-V0 nach 40 Jahren ($Q_{HW} = 1300 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. $2050 \text{ m}^3/\text{s}$)	13

Bild 2-9: Mittlere Anhebung der Wasserspiegel durch die Varianten SRK-V1 und V5 im Abschnitt 1	14
Bild 2-10: Mittlere Anhebung der Wasserspiegel durch die Varianten SRK-V1 und V5 im Abschnitt 2	14
Bild 4-1: Streichlinienabstände bei unterschiedlichen Bauwerken	18

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1-1: Überschreitungswahrscheinlichkeit ($P(\ddot{u})$), Bezugsabflüsse, Bezugspegel	2
Tabelle 1-2: Berechnung bzw. Festlegung des Abflusses für das EMW_{2010} auf der Grundlage der Jahresreihe 1981/2010	5
Tabelle 2-1: Geometrische Basisparameter der Varianten	5
Tabelle 3-1: Bewertung der Varianten im 1D-FTM	16
Tabelle 4-1: Solltiefen bei EMW_{2010} und Abminderung der Streichlinienabstände bei abweichenden Böschungsneigungen	18

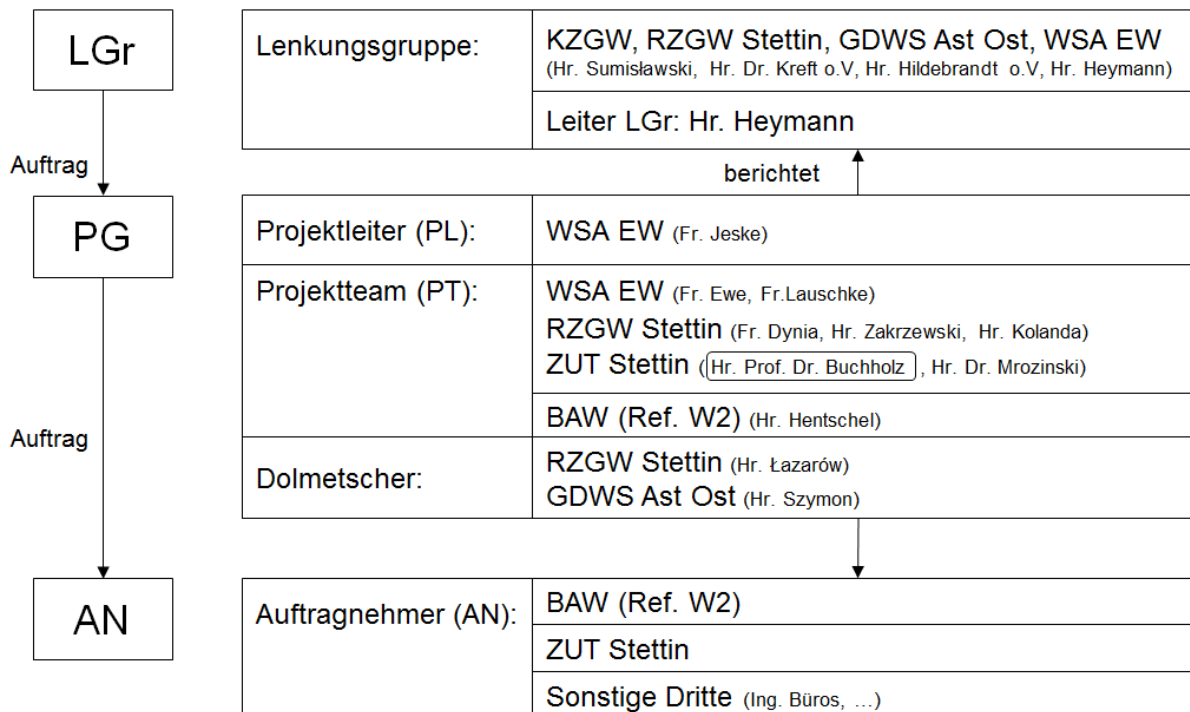
1 Projektorganisation und Randbedingungen

1.1 Projektorganisation

Grundlage für dieses Projekt sind die am 29.10./24.11.2008 zwischen den deutschen und polnischen Wasserstraßenverwaltungen abgestimmten „Thesen für eine spätere rechtliche Regelung zur gemeinsamen Verbesserung der Situation an den Wasserstraßen im deutsch-polnischen Grenzgebiet (Hochwasserschutz Abfluss- und Schifffahrtsverhältnisse)“. Unter Punkt 1.1 ist festgelegt, dass eine Stromregelungskonzeption für die Grenzoder zu erstellen ist und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) beauftragt wird, diese zu erarbeiten. Die konstituierende Sitzung zur Einrichtung der Projektorganisation fand am 08.12.2009 in Eberswalde statt. Unter Berücksichtigung von aufgetretenen personellen Änderungen sieht die Projektorganisation wie folgt aus:

Projektorganisation (Stand: 03.06.2014)

Projektorganisation



KZGW: Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (Warschau)
 RZGW Stettin: Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie (Stettin)
 ZUT Stettin: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny (Szczecin)

GDWS: Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (Bonn)
 GDWS Ast Ost: Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt - Außenstelle Ost –
 (Magdeburg)
 WSA EW: Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde (Eberswalde)
 BAW: Bundesanstalt für Wasserbau (Karlsruhe)

1.2 Randbedingungen

Im Rahmen der Projektgruppenarbeit wurden hierfür die in Tabelle 1-1 zusammengefassten Werte und Randbedingungen auf der Grundlage von hydrologischen Daten an polnischen und deutschen Pegeln an der Grenzoder festgelegt.

Abschnitt	P(ü) für eine Tiefe von 1,80 m	Deutsche Bezugspegel; Abfluss Jahresreihe 1981/2010	Polnische Bezugspegel, Abfluss Jahresreihe 1981/2010	Gewählter Bezugsabfluss
A1 Od-km 542,4 bis 617,5	80 %	Eisenhüttenstadt Od-km 554,1 156 m³/s	Slubice Od-km 584,1 164 m³/s	160 m³/s
A2 Od-km 617,6 bis 694,0	90 %	Hohensaaten-Finow Od-km 664,9 244 m³/s	Gozdowice Od-km 645,3 253 m³/s	250 m³/s

Unterschiede in den Abflüssen an den Pegeln in den jeweiligen Strecken resultieren aus den unterschiedlichen jeweils erhobenen Daten.

Tabelle 1-1: Überschreitungswahrscheinlichkeit (P(ü)), Bezugsabflüsse, Bezugspegel

Die in der Projektgruppe abgestimmten Grundlagen für das zu erarbeitende Regelungskonzept lauten:

- Das neue Regelungskonzept soll sich an den vorhandenen Strombauwerken (Buhnen, Parallelwerken, Deckwerken) orientieren.
- Der mögliche Maßnahmenbereich ist auf das vorhandene Mittelwasserbett beschränkt.
- Die Bauwerkssollhöhen sollen sich an aktuellen hydrologischen Zuständen orientieren.

Darüber hinaus wurden folgende Nebenziele innerhalb der Projektgruppe definiert:

- Die Hochwasserneutralität soll gewährleistet werden, d.h. der Scheitel des Bemessungshochwassers für die Deiche darf durch die geplanten Maßnahmen nicht signifikant erhöht werden.

- Der Eisaufbruch soll über die direkten Verbesserungen durch das künftige Regelungskonzept (stetigere und tiefere Fahrrinne) vereinfacht und die Gefahr der Bildung von Eisstau und Eisversetzungen vermindert werden.
- Die Sohle der Oder soll sich auf einem langfristig stabilen Horizont einspielen (Vermeidung bzw. Reduzierung lang anhaltender und großräumiger Sohleintiefungen oder Sohlaufhöhungen).
- Das Regelungssystem unterhalb von Od-km 683 bleibt unverändert bestehen (Deckwerksstrecke).

Wesentlich für die Betrachtung des hier festgelegten Tiefenzieles ist eine eindeutige und nachvollziehbare Definition der Tiefe. In der Projektgruppe wurde einvernehmlich festgelegt, dass die Tiefen nach der Methode des Ersatz-Trapezprofils aus den aktuellen und den prognostizierten Abflussflächen berechnet werden. Die Berechnungsmethode ist in Bild 1-1 skizziert. Mit dieser Methode können sowohl Naturdaten hinsichtlich der Beurteilung des vorhandenen Zustandes als auch prognostizierte Berechnungsgeometrien in gleicher Weise analysiert und gegenüber gestellt werden. Die Arbeit mit der mittleren Wassertiefe ist erforderlich, da es aufgrund der sehr komplexen und hoch dynamischen Verhältnisse an der Sohle der Oder nicht möglich ist, auf der Grundlage theoretischer Betrachtungen eine für die Schifffahrt nutzbare Tiefe in einer Fahrrinne auszuweisen.

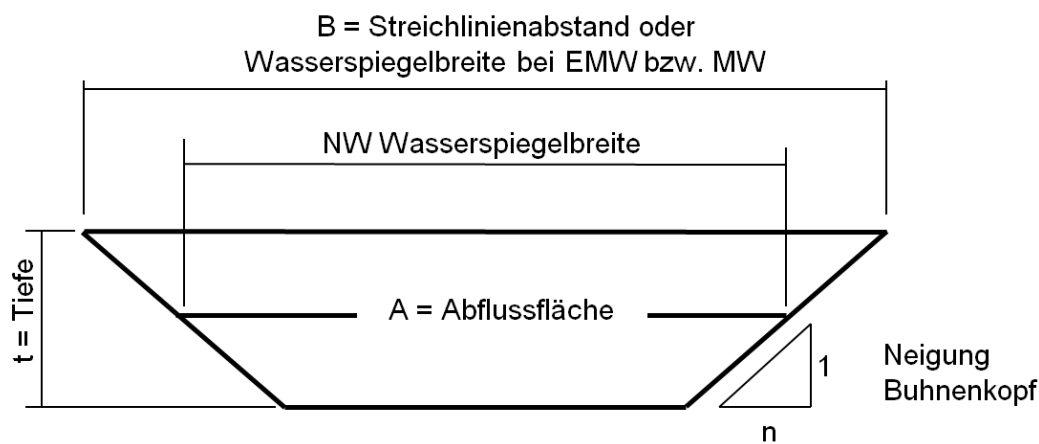


Bild 1-1: Skizze zur Berechnung der mittleren Tiefe

$$A = (B - n * t) * t \quad \rightarrow \quad t = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4 * n * A}}{2 * n}$$

$$n = \text{mittlere Neigung } n = (n_{Li} + n_{Re})/2$$



Bild 1-2: Übersichtsplan der Grenzoder und Luftbild der Oder mit Bühnen und Deckwerk an der Neißemündung bei Ratzdorf (Od-km 542,3 - 545)

1.3 Bemessungswasserstand EMW_{2010}

Für die Bauwerkssollhöhe ist für längere Gewässerabschnitte ein einheitlicher Bezug zu wählen, welcher sich am mittleren Gefälle des Flusses orientiert. Hier wird dafür ein Wasserstand bei einem mittleren Abfluss auf der Grundlage der Jahresreihe 1981/2010 festgelegt (EMW_{2010}). Die Bauwerksoberkanten (Bühnenkopf und Parallelwerkskrone) werden für die weitere Planung mit einem direkten Bezug zu dieser Höhe angeordnet.

	Abschnitt 1 oberhalb der Warthe	Abschnitt 2 Unterhalb der Warthe
MQ	Pegel Eisenhüttenstadt Od-km 554,1 287 m ³ /s	Pegel Hohensaaten-Finow Od-km 664,9

		500 m³/s
	Pegel Slubice:	Pegel Gozdowice
Festgelegt: Q für EMW ₂₀₁₀	300 m³/s	500 m³/s

Tabelle 1-2: Berechnung bzw. Festlegung des Abflusses für das EMW₂₀₁₀ auf der Grundlage der Jahresreihe 1981/2010

2 Variantenuntersuchungen

2.1 Übersicht über die Varianten

Die untersuchten Varianten unterscheiden sich geometrisch in den Parametern Bauwerkssollhöhe und Streichlinienabstand im Abschnitt 2 (unterhalb der Warthe-Mündung) (s. Tabelle 2-1 und Bild 2-1). Für den Abschnitt 1 (Neiße- bis Warthe-Mündung) gelten bei allen untersuchten Varianten jeweils die gleichen Regelungsparameter. Im Abschnitt 1 wurde neben der Veränderung der o.g. Parameter auch untersucht, inwieweit die dort derzeit vorhandenen lokalen Einschnürungen künftig entfallen können oder entfallen sollen.

Variante	Streichlinienabstände		Bauwerkssollhöhe	
	A1	A2	A1	A2
V0	Variable Streichlinienabstände und Bauwerkssollhöhen infolge des uneinheitlichen Regelungssystems.			
SRK-V1	126 m	172 m	EMW ₂₀₁₀	EMW ₂₀₁₀
SRK-V2		172 m		617,6 – 625,0: EMW ₂₀₁₀
SRK-V2b		617,6 – 650,0: 172 m 650,1 – 681,6: 186 m		625,1 – 681,6: EMW ₂₀₁₀ - 0,5m
SRK-V3		617,6 – 655,0: 166 m 655,1 – 681,6: 172 m		617,6 – 625,0: EMW ₂₀₁₀ – 0,0 bis 0,6m 625,1 – 681,6: EMW ₂₀₁₀ – 0,6m
SRK-V4		617,6 – 650,0: 172 m 650,1 – 681,6: 186 m		617,6 – 625,0: EMW ₂₀₁₀ – 0,0 bis 0,5m 625,1 – 681,6: EMW ₂₀₁₀ – 0,5m
SRK-V5		617,6 – 662,0: 172 m 662,1 – 681,6: 186 m		617,6 – 625,0: EMW ₂₀₁₀ – 0,0 bis 0,5m 625,1 – 681,6: EMW ₂₀₁₀ – 0,5m

Tabelle 2-1: Geometrische Basisparameter der Varianten

Im Abschnitt 2 liegt zwischen den Bereichen für die Höhen- und Breitendefinitionen jeweils ein Übergangsbereich von 100 m. Die lokalen Werte für diese Übergangsstrecken sind linear zu interpolieren. Dadurch wird erreicht, dass zum Beispiel beim Bau einer Buhne zwischen den Bereichen eine interpolierte Höhe und Länge verwendet wird und beim Bau eines Parallelwerkes hier die Höhe gleichmäßig angepasst wird und es keinen Sprung in der Höhe oder in der Linienführung gibt.

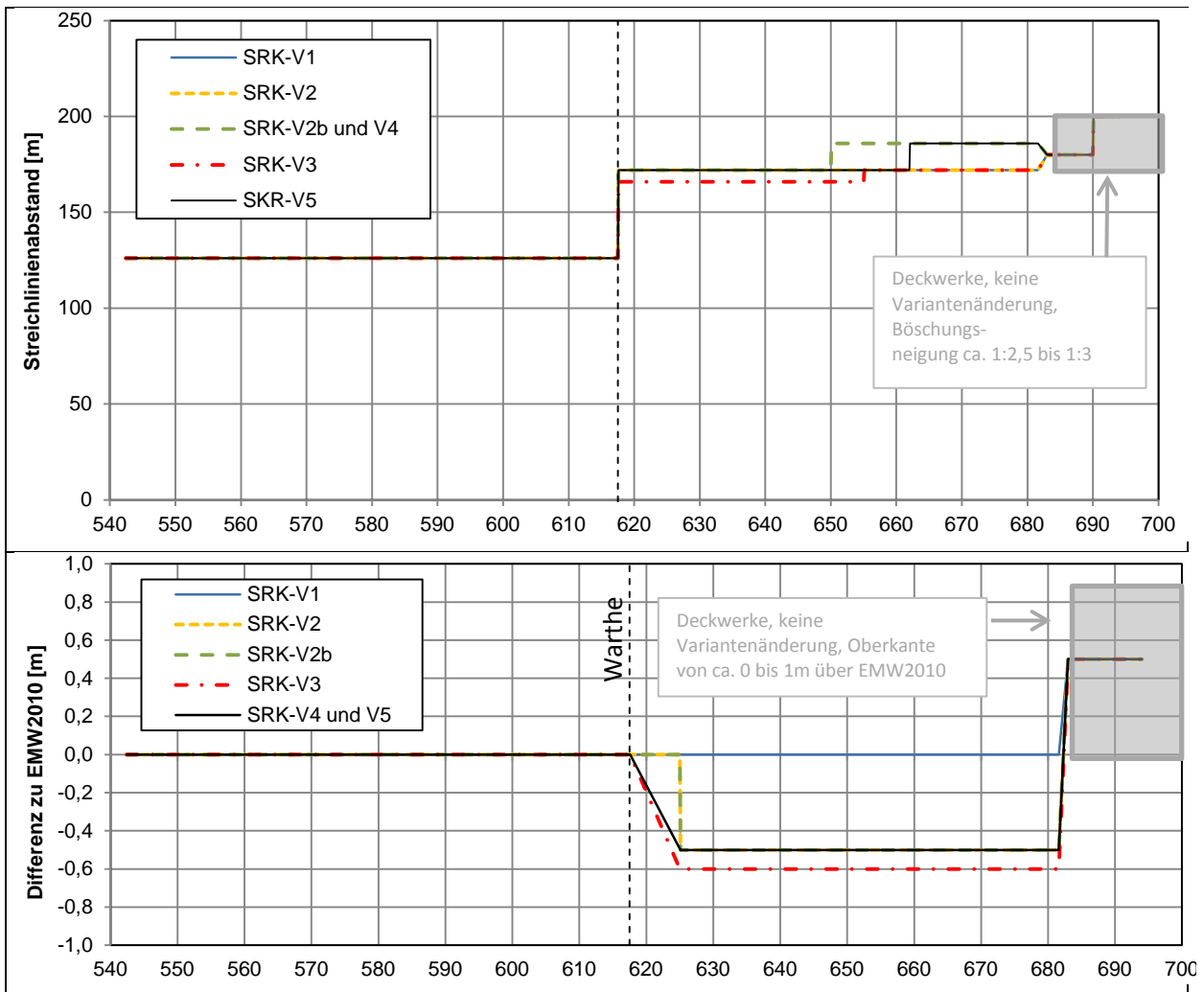


Bild 2-1: Grafische Darstellung der geometrischen Basisparameter, oben Streichlinienabstände, unten Bauwerkssollhöhe bezogen auf EMW₂₀₁₀

Der Bereich Od-km 681,7 bis 683,0 stellt einen Übergangsbereich von der Bühnenregulierung auf Deckwerksregulierung dar. Auf dem linken Ufer befinden sich ausschließlich Deckwerke, auf dem rechten Ufer Bühnen. Dieser Übergang wurde in den Varianten so gestaltet, dass eine allmähliche Anpassung der Streichlinienabstände und der Bauwerkshöhe erfolgt.

2.2 Modelluntersuchungen

Bei der Erarbeitung des Regelungskonzeptes wurden hier zwei sehr unterschiedliche und sich ergänzende Methoden verwendet. Zum einen ein eindimensionales numerisches Feststofftransportmodell (1D-FTM) und zum anderen ein physikalisches Geschiebetransportmodell (PM) eines Abschnittes der Oder bei Hohenwutzen. Diese beiden Methoden zeichnen sich dadurch aus, dass sie jeweils das relevante Abflussspektrum und die gesamte Geometrie inklusive der Vorländer berücksichtigen.

Numerisches eindimensionales Feststofftransportmodell (1D-FTM)

Dieses Modell stellt das Kernstück der Untersuchungen dar und erstreckt sich über die gesamte Grenzoder inklusive der angrenzenden Gewässerabschnitte der Oder, der Warthe und der Lausitzer Neiße. Mit dem Modell werden die Wasserstände über das gesamte Abflussspektrum, der Geschiebetransport und die sich daraus ergebenden Sohl- und Wasserspiegeländerungen über einen Simulationszeitraum von mehreren Jahrzehnten berechnet.

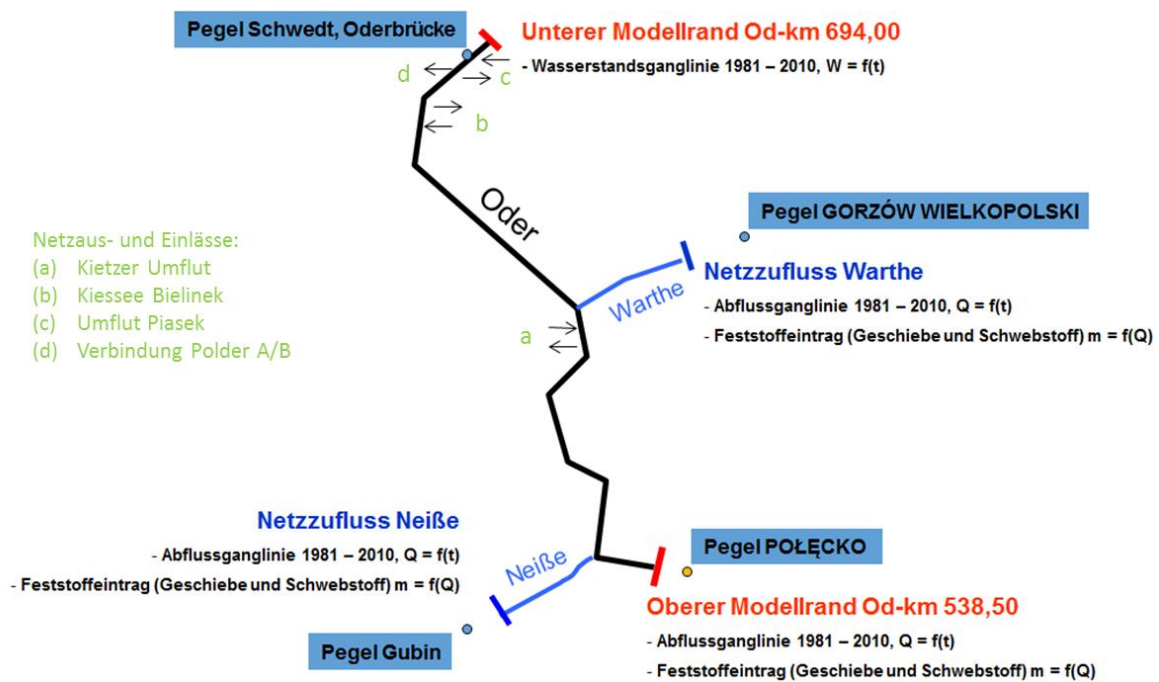


Bild 2-2: Modellnetz, Grenzoder mit Teilstrecken der polnischen Oder, Neiße und Warthe

Physikalisches Modell (PM) der Oder bei Hohenwutzen.

Dieses Modell (s. Bild 2-3) wird zur Untersuchung der lokalen Strömungsverhältnisse und der Auswirkungen von Regelungsvarianten auf den Geschiebetransport und die Fahrrinnenverhältnisse (nautische Untersuchungen) eingesetzt.



Bild 2-3: Physikalisches Modell der Oder bei Hohenwutzen in einer Versuchshalle der BAW

2.3 Ist-Zustand der Variante V0

Im heutigen Zustand weichen die Tiefen zum Teil erheblich von den hier definierten Solltiefen von 1,80 m ab. Bild 2-4 zeigt die mit dem numerischen Modell berechneten mittleren Tiefen für die Grenzoder im heutigen Zustand und nach einer 40jährigen Simulationsdauer. Es wird deutlich, dass unter- als auch oberhalb der Warthemünung die Solltiefe an sehr vielen Stellen nicht erreicht wird. Das deckt sich mit den Analysen des WSA Eberswalde, dass die Oder nicht nur einige lokal begrenzte Schwachstellen aufweist.

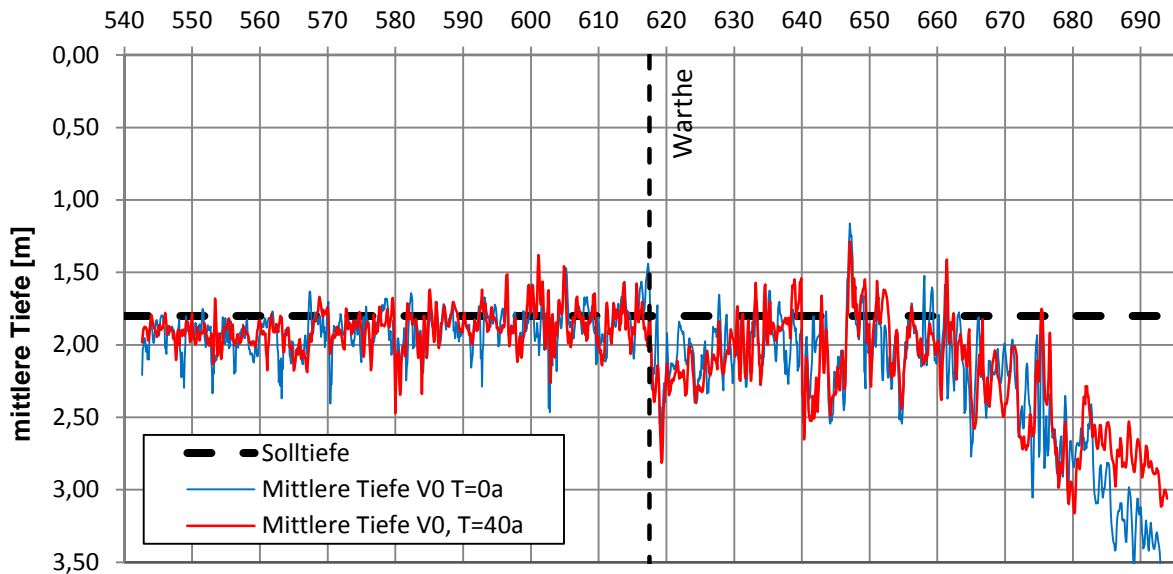


Bild 2-4 Mittlere Tiefen bei $Q_{P\ddot{U}80/90}$, Variante V0, nach T= 0 und 40 Jahren

2.4 Ausführungsvorschlag Variante SRK-V5 (1D-FTM)

Im Gutachten zur Aktualisierung der Stromregelungskonzeption für die Grenzoder sind alle untersuchten Varianten beschrieben. In dieser Kurzfassung des Berichtes wird ausschließlich der Ausführungsvorschlag der Variante SRK-V5 beschrieben und bewertet.

Im Abschnitt 1 (oberhalb der Warthemündung) liegt die aktuelle Sollhöhe der Buhnen etwa auf der Höhe des neu berechneten EMW_{2010} . In diesem Abschnitt stellen insbesondere Schäden an den Bauwerken (z.B. in Form zu steiler Buhnenköpfe) und lokale Einschnürungen die Ursache für das unzureichende Regelungssystem dar. Mit einer Anpassung der Buhnen (Höhe der Köpfe auf EMW_{2010} , Kopfneigung 1:10) und einem Streichlinienabstand von 126 m werden hier die Zielvorgaben erreicht.

Unterhalb der Warthemündung im Abschnitt 2 ist das bestehende Regelungssystem sehr uneinheitlich. Bei der Variante SRK-V5 wurde versucht, im Rahmen der Variantenoptimierung das neue Regelungssystem möglichst weitgehend an die bestehende Bausubstanz anzupassen, um bei gleichzeitiger Erreichung des Regelungszieles den baulichen Aufwand und die Auswirkungen auf den Hochwasserabfluss zu minimieren. Die Höhe der Bauwerke konnte dabei über weite Strecken auf $EMW_{2010}-0,5$ m abgesenkt werden. Von der Warthemündung bis Od-km 662,0 beträgt der Streichlinienabstand 172 m, unterhalb davon 186 m.

Die nautischen Untersuchungen im physikalischen Modell zeigten, dass in den gestreckten Abschnitten der Oder des Abschnittes 2 eine etwas größere numerisch berechnete mittlere Tiefe erforderlich ist, um eine ausreichend tiefe und stabile Fahrrinne zu gewährleisten. Aufgrund des hohen und sehr dynamischen Geschiebetransportes in Form von Dünen kommt es in den gestreckten Abschnitten andernfalls durch eine unzureichende Regelung des Gewässers zu lokalen Untiefen und für die Schifffahrt und den Eisaufruch nicht nutzbaren „Sprüngen“ im Verlauf der Bereiche mit einer Tiefe von mindestens 1,80 m. In dem Oder-Bereich von Od-km 650 bis 662,0 liegen die errechneten Tiefen nur knapp über 1,80 m. Hier befinden sich auch die ausgewiesenen Schwachstellen der Oder bei Gozdowice – Rudnica (Od-km 645,5 bis 654), Rudnica – Osinow Dolny (Od-km 654 bis 663), Hohenwutzen (Od-km 656 bis 659).

In Bild 2-5 sind die mittleren Tiefen der Variante V0 und V5 dargestellt.

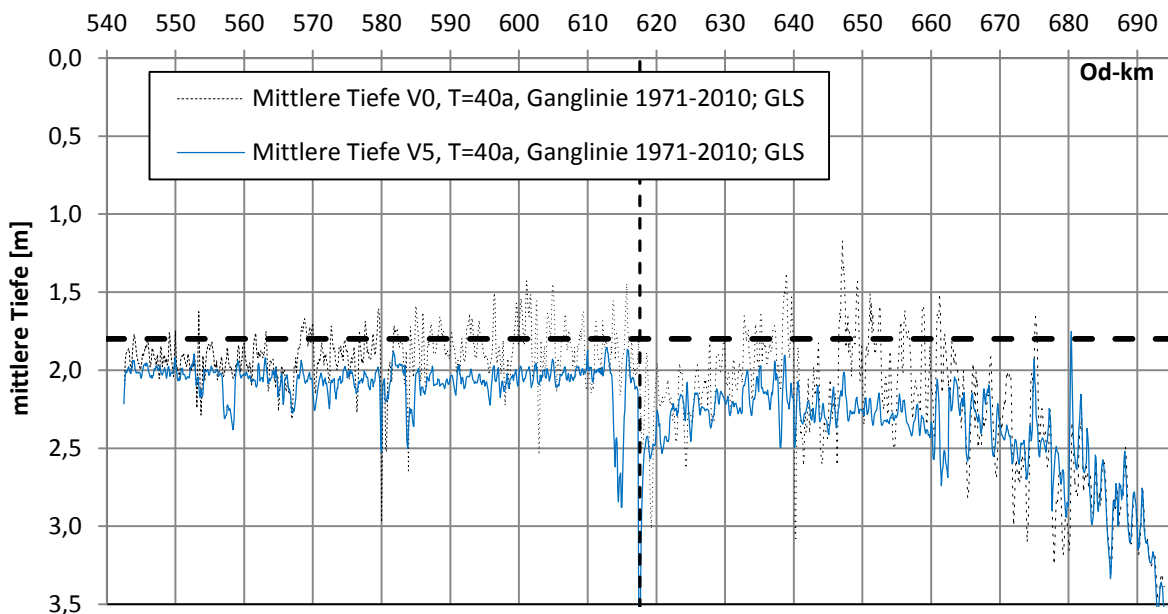


Bild 2-5: Vergleich der mittleren Tiefen bei $Q_{P\ddot{U}80/90}$ der Varianten V0 und SRK-V5 über den gesamten Untersuchungsbereich

Bei der Variante SRK-V5 wird in der gesamten Grenzoder das Regelungsziel von 1,80 m erreicht, und auch in den hydraulisch und nautisch sehr schwierigen geraden Abschnitten (z.B. Od-km 655 bis 660) für eine deutliche Stabilisierung der Fahrrinne gesorgt. Daher kann diese Variante zur Umsetzung empfohlen werden.

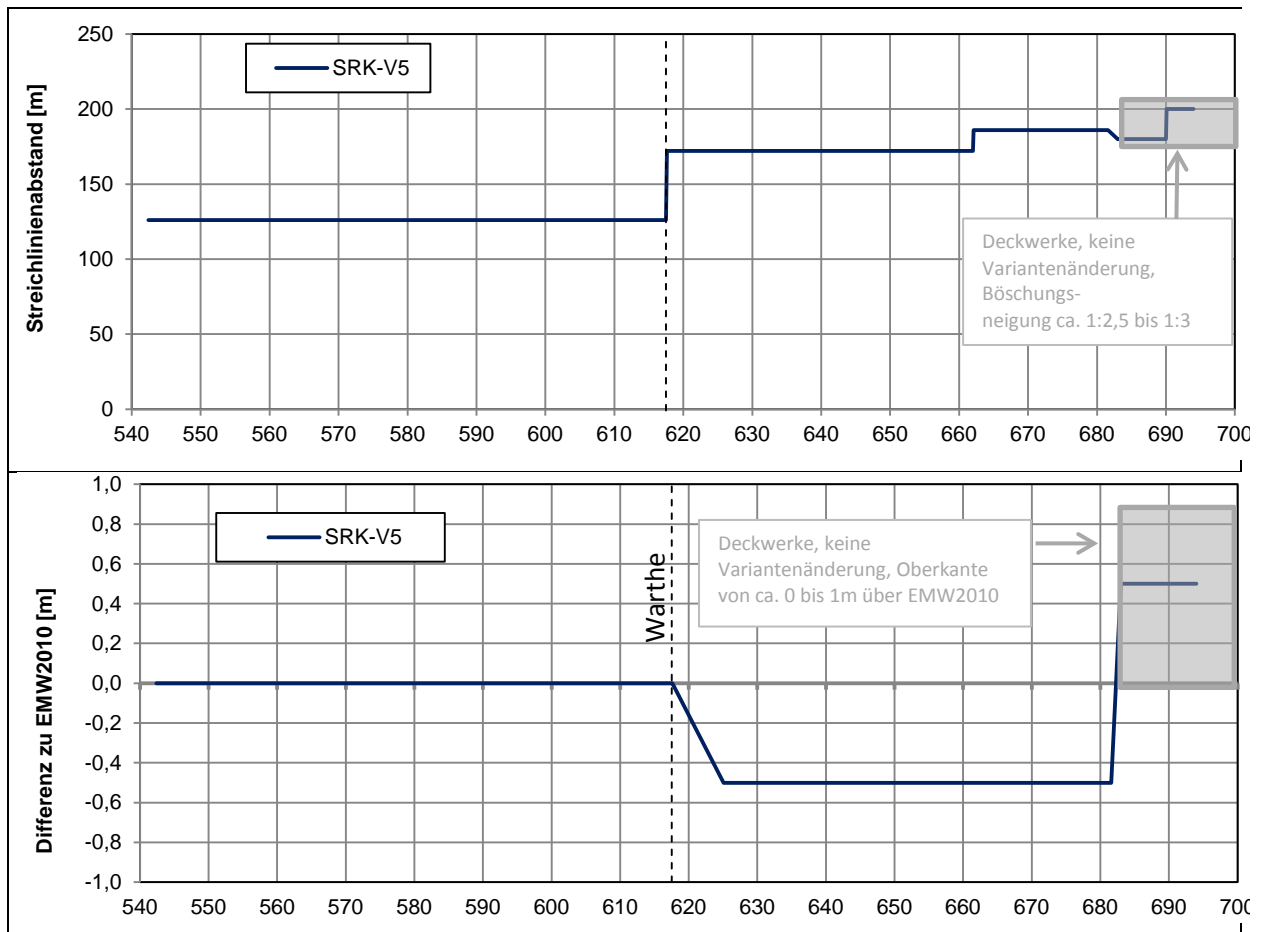


Bild 2-6: Grafik der geometrischen Basisparameter, oben Streichlinienabstände, unten Bauwerkssollhöhe bezogen auf EMW₂₀₁₀ für Variante SRK-V5

Für die Umsetzung wird folgende Bauweise empfohlen:

Buhnen, Parallelwerke oder Deckwerke und gemischte Regelung.

In Bereichen mit einem übergroßen Buhnenabstand (Abstand > 2 x Buhnenlänge) ist zu prüfen, ob lokal durch den Bau von Zwischenbuhnen die Tiefenverhältnisse verbessert werden können.

Je nach Bauart abweichende Streichlinienabstände, s. Tabelle 4-1.

Vor- und Nachteile für Buhnen und Parallelwerke sind im Gutachten gegenübergestellt.

Umsetzungsreihenfolge:

Es wird empfohlen, die beiden Abschnitt 1 und 2 jeweils von unten beginnend an das aktualisierte Regelungskonzept anzupassen. Die Umsetzung in den einzelnen lokalen Maßnahmestrecken sollte in jedem Fall an beiden Ufern der Grenzoder abgestimmt und in enger zeitlicher Nähe erfolgen.

Zur Absenkung der Hochwasserspiegellagen sind folgende Maßnahmen möglich:

- Begleitende Baggerungen mit einer Entnahme des Materials aus dem Strom.
- Parallelwerke mit Hinterströmung.
- Deckwerke bei Sicherstellung der Vegetationsfreihaltung.
- Abflussverbessernde Maßnahmen im Vorland.

2.5 EMW₂₀₁₀ und HW

Die Tiefen bei MW bzw. EMW₂₀₁₀ sind weder im Auftrag noch im Thesenpapier als Zieltiefe formuliert. Sie werden jedoch hier ausgewiesen, um die Tiefen bei einer für die gewerbliche Schifffahrt relevanten Wasserspiegellage bei Mittelwasser auszuweisen (s. Bild 2-7). In der Variante V0 sind die Tiefen an vielen Stellen ungenügend, bei der Variante SRK-V5 werden durchgehend 2,7 m in Abschnitt 1 und 3,0 m in Abschnitt 2 erreicht.

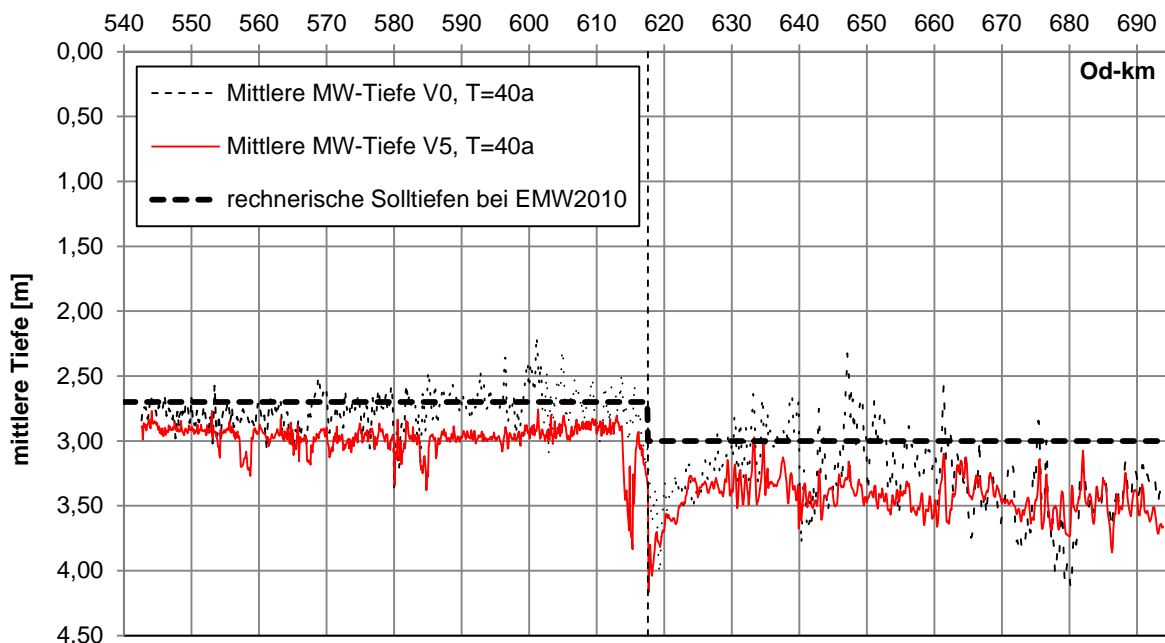


Bild 2-7: Vergleich der mittleren Tiefen bei EMW₂₀₁₀ der Varianten V0 und SRK-V5

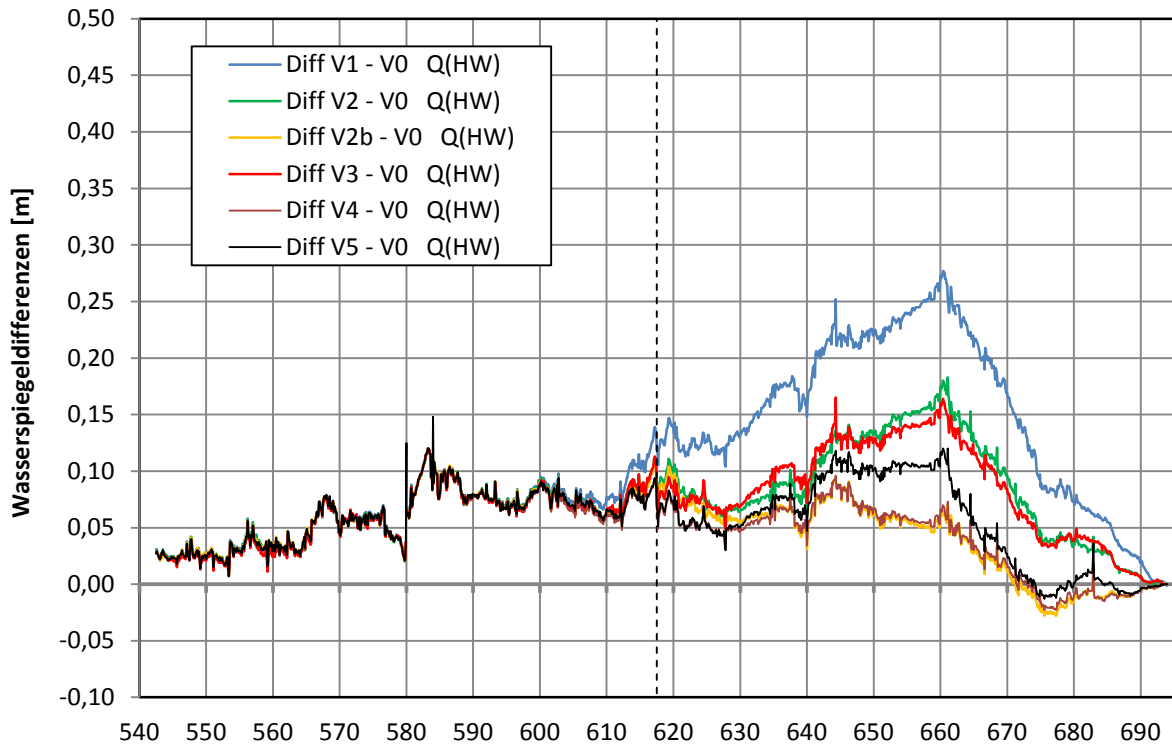


Bild 2-8: Wasserspiegeländerungen bei Q(HW) bei den Varianten SRK-V1, SRK-V2, SRK-V2b, SRK-V3, SRK-V4 und SRK-V5 gegenüber SKR-V0 nach 40 Jahren ($Q_{HW} = 1300 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. $2050 \text{ m}^3/\text{s}$)

Das Bild 2-8 zeigt bei Hochwasserabflüssen (Q im Abschnitt 1 = $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ und im Abschnitt 2 = $2050 \text{ m}^3/\text{s}$) bei den Varianten ohne begleitende Baggerungen die Veränderungen der Wasserstände. Die Variante SRK-V1 hebt insbesondere im Abschnitt 2 die Wasserspiegel am deutlichsten an und wirkt auch über die Warthemündung hinaus in den Abschnitt 1 hinein. Die Varianten SRK-V2b und SRK-V4 heben die Wasserstände am geringsten an. Die lineare Absenkung der Bühnenköpfe von Od-km 617,6 bis 625,0 konnte hier die Wasserstände noch weiter geringfügig gegenüber der Variante SRK-V2b reduzieren. Oberhalb von Od-km 610 weisen die Varianten bezogen auf die Veränderungen der Wasserstände keine Unterschiede auf.

Über das gesamte Abflussspektrum betrachtet sind die mittleren Anhebungen bei NW zunächst gering, steigen bis zum MQ an, erreichen hier in der Höhe der Bauwerkssollhöhe ein Maximum und fallen im Bereich der Hochwasser und ausufernden Wasserstände wieder ab. Dieser Verlauf ist in Bild 2-9 für den Abschnitt 1 und in Bild 2-10 für den Abschnitt 2 als Mittelwert für die Varianten SRK-V1 und SRK-V5 jeweils gegenüber dem Ausgangszustand der Variante V0 nach einer 40jährigen Simulationszeit dargestellt. Für die Auswertung wurden die zur hydraulischen Modellkalibrierung eingesetzten Abflüsse verwendet. Direkte Aussagen zur Hochwasseranhebung von Extremereignissen (z.B. HQ_{100} oder größer) aus dem 1D-FTM sind mit Unsicherheiten behaftet, da diese Ereignisse insbesondere für den Abschnitt 1

weit über das Kalibrierspektrum hinausgehen. Aus den Darstellungen ist aber ersichtlich, dass die mittleren Wasserspiegelanhebungen durch die Variante SRK-V5 bei extremen Ereignissen im Bereich < 5 cm liegen würden. Gut zu erkennen ist für den Abschnitt 2, wie sich die Optimierungsmaßnahmen der Variante SRK-V5 positiv auf die zu erwartenden Wasserstandsveränderungen auswirken. Die dargestellten Berechnungsergebnisse beinhalten keine weiteren hochwassersenkenden Maßnahmen, wie Baggerungen oder Maßnahmen im Vorland.

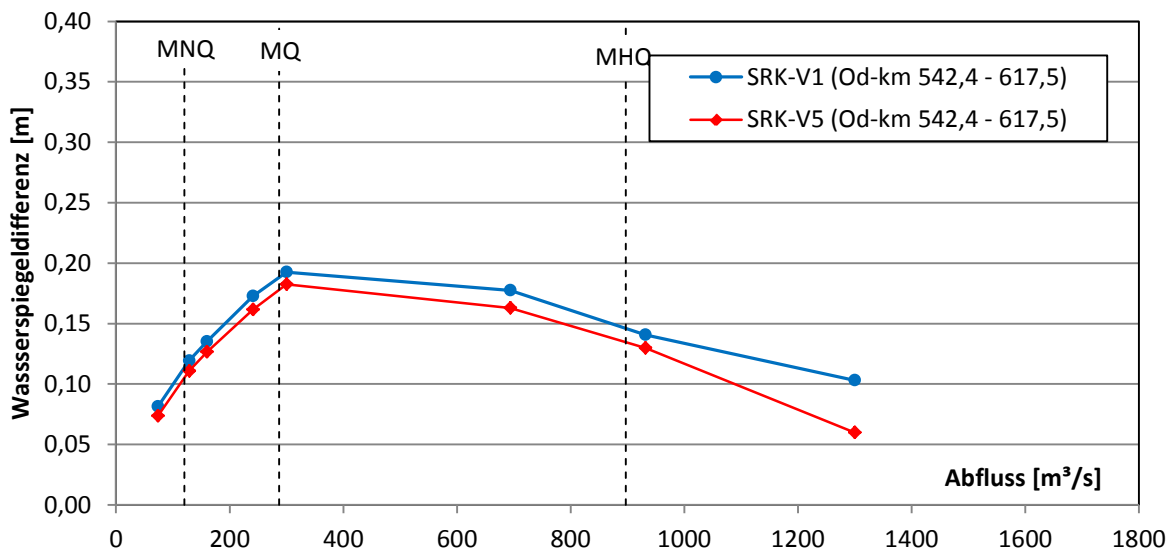


Bild 2-9: Mittlere Anhebung der Wasserspiegel durch die Varianten SRK-V1 und V5 im Abschnitt 1

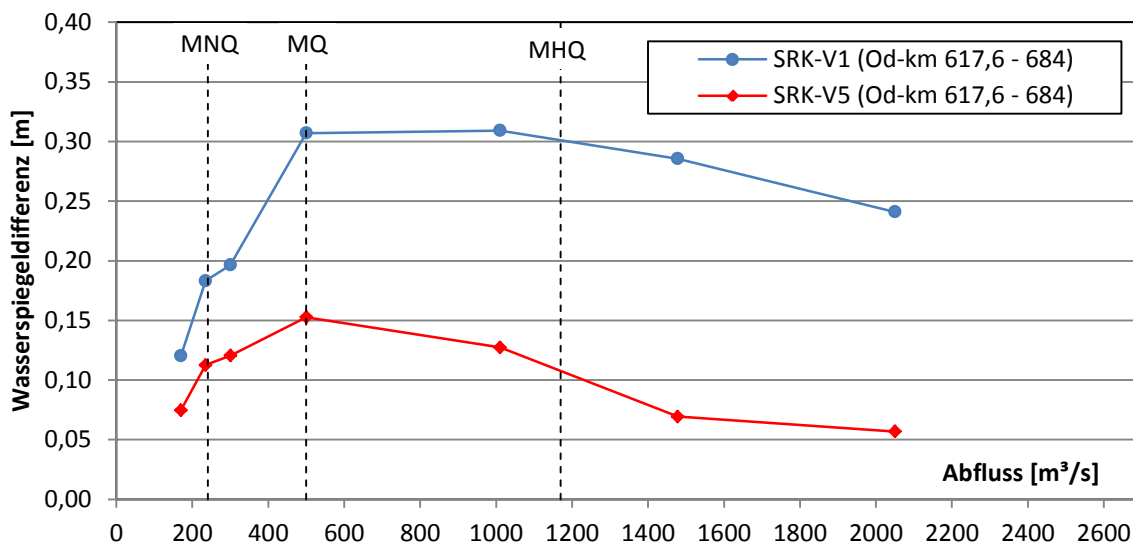
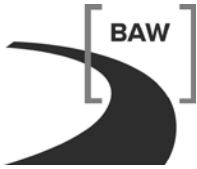


Bild 2-10: Mittlere Anhebung der Wasserspiegel durch die Varianten SRK-V1 und V5 im Abschnitt 2



3 Zusammenfassende Ergebnisdarstellung

Eine bewertende Übersicht aller untersuchten Varianten ist in Tabelle 3-1 dargestellt.

SRK-Bez. Variante	Tiefenziel	Max. WSP-Anhebung $Q_{EMW2010}$ [cm]		Max. WSP-Anhebung Q_{HW} [cm]		Baggermengen [Mio. m ³]	Baulicher- und baubegleitender Aufwand	Gesamtbewertung
		A1 ¹	A2	A1	A2			
V0	--	0	0	0	0			--
V1	++	30	45	13	28			-
V1_TRT	-	14	30	7	14			--
V1_RT	++	30	40	8	27			-
V1_Bagg_D	++	18	27	8	22	1,9		-
V1_RT_Bagg	++	18	27	8	22	1,8		-
V2	+	25	30	12	18			-
V2_Bagg	+	14	14	8	12	2,0		+
V2_RT_Bagg	+	12	12	8	12	2,0		+
V2b	+	25	22	12	8			++
V2b_RT_Bagg	+	14	5	7	5	2,3		+
V3	+	25	28	12	15			-
V3_Bagg	+	14	13	8	10	2,1		+
V4	+	25	22	12	8			+
V5	++	25	25	12	11			++

Farblegende			
Tiefenziel	WSP-Anhebung	Bau- und Unterhaltungsaufwand	Gesamtbewertung
Ziel nicht erreicht	> +20 cm	hoher Aufwand	sehr schlecht
Ziel erreicht	+10 bis +20 cm	mittlerer Aufwand	schlecht
	< +10 cm	geringer Aufwand	gut
Ziel gut erreicht	Keine Veränderung	keine Baumaßnahmen / Baggerungen	sehr gut

Tabelle 3-1: Bewertung der Varianten im 1D-FTM

¹ Die Maßnahmen der Varianten im Abschnitt 2 haben Auswirkungen auf den Wasserspiegel im Abschnitt 1.

Das physikalische Modell (PM) bildet eine etwa 8 km lange Teilstrecke innerhalb des Abschnitts 2 ab. Es wurden der Ist-Zustand V0 und die Hauptvarianten SRK-V1 und SRK-V3 untersucht. Zu Variante SRK-V1 wurde darüber hinaus eine im Detail modifizierte Variante SRK-V1_opt untersucht, in der die Übergänge von Deckwerks- zu Bühnenstrecken optimiert wurden. Die Ergebnisse hinsichtlich der mittleren Tiefe und der Anhebung der Wasserspiegel bei MW waren im 1D-FTM und PM sehr ähnlich, so dass sich die Ergebnisse der Verfahren gegenseitig absichern. Das PM war darüber hinaus in der Lage, für die Varianten ein hohes Maß an Lagestabilität der Sohlformen und der deutlich verbesserten nautischen Nutzbarkeit der Tiefen nachzuweisen.

Für den Eisbrechereinsatz sind die Tiefen über die gesamte Gewässerbreite wichtig, so dass als primäres Qualitätskriterium für die Varianten die mit dem 1D-FTM berechnete mittlere Tiefe relevant ist. Für die Güterschifffahrt ist darüber hinaus die Stabilität und Tiefe einer möglichen Fahrspur relevant. Dafür wurden mit den im physikalischen Modell vermessenen Sohlgeometrien nautische Analysen durchgeführt:

Die Variante SRK-V1_opt weist hier die höchste Stabilität der Sohle in Verbindung mit einer guten Tiefe für die Schifffahrt.

Bei der nicht im PM untersuchten Variante SRK-V5 wird auf der Grundlage der Ergebnisse der Varianten SRK-V1 und SRK-V3 die Tiefe größer als 1,80 m beim Bemessungsabfluss sein.

4 Allgemeine Empfehlungen für die aktuelle Unterhaltung

Für viele Abschnitte der Grenzoder weicht der heutige, zum Teil nur unzureichend unterhaltene Zustand der Oder deutlich von einem einheitlichen Regelungssystem ab. Eine vollständige Umsetzung einer der hier empfohlenen Varianten würde in der Oder zu wesentlichen Verbesserungen der Tiefenverhältnisse führen und das Regelungsziel einer mittleren Tiefe von 1,80 m mit Überschreitungswahrscheinlichkeiten von 80 bzw. 90 % sicherstellen. Bis zur Umsetzung eines einheitlichen Entwurfs wird empfohlen, bei der Unterhaltung der Oder die hier erarbeiteten Grundsätze zu beachten, da bereits dadurch lokal deutliche Verbesserungen der Tiefenverhältnisse möglich sind.

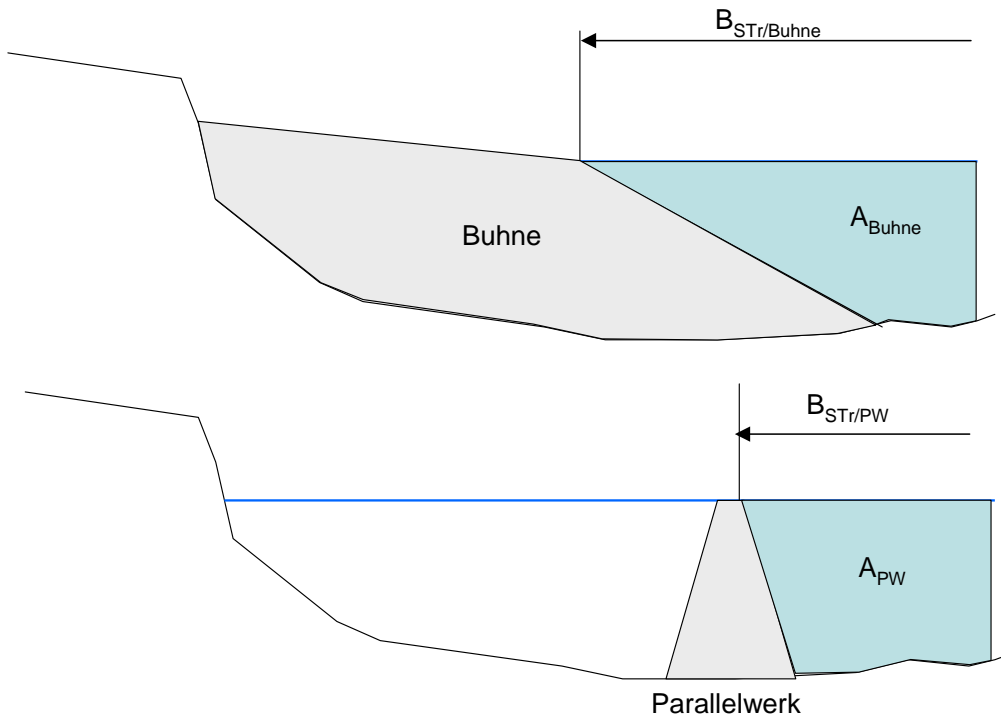


Bild 4-1: Streichlinienabstände bei unterschiedlichen Bauwerken

	Abschnitt 1	Abschnitt 2
Bemessungsabfluss $Q_{P_{Üxx}\%}$	$Q_{P_{Ü80}} = 160 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{P_{Ü90}} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$
Solltiefe bei $Q_{P_{Üxx}\%}$	180 cm	180 cm
Q bei EMW_{2010}	300 m^3/s	500 m^3/s
Höhendifferenz am Bezugspegel zwischen $Q_{P_{Ü}}$ und Q bei EMW_{2010}	41 cm	40 cm
Tiefe bei EMW_{2010}	271 cm (rund 270 cm)	299 cm (rund 300 cm)
Abminderung der Streichlinienabstände bei unterschiedlichen Böschungsneigungen		
Buhnen, Kopfneigung 1:10	Regelabstand	
Parallel-/Deckwerk 1:3,0 (einseitig)	9,5 m	10,5 m
Spundwand, senkrecht, (einseitig)	13 m	15 m

$P_{Üxx}$ in % = Überschreitungswahrscheinlichkeiten von 80 % (Abschnitt 1) und 90 % (Abschnitt 2) bezogen auf den Abfluss

Tabelle 4-1: Solltiefen bei EMW_{2010} und Abminderung der Streichlinienabstände bei abweichenden Böschungsneigungen

Bei einem Wechsel zwischen den Bauwerkstypen ist auf eine gleichmäßige Änderung der Streichlinienabstände zu achten. Einvernehmlich wurde in der Projektgruppe eine Änderung der Streichlinienabstände von etwa 1:13 bis 1:15 festgelegt. Für die Bauwerke in der Grenzoder hat daher eine Anpassung von Buhnen auf steilere Böschungen jeweils über eine

Strecke von 200 m bzw. über ein Zwischenprofil bei einem Profilabstand von 100 m zu erfolgen. Bei einer Reduzierung der Breite ist jeweils lokal darauf zu achten, dass dadurch die Wahrscheinlichkeit einer potentiellen Eisstaubildung nicht erhöht und dass der Eisabtrieb dadurch nicht behindert wird.

Es ist absehbar, dass neue Deckwerke nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen werden, so dass hier die beiden wesentlichen Regelungselemente (Buhnen und Parallelwerke) hinsichtlich ihrer Eignung und Besonderheiten für die Oder näher beschrieben werden.

Die Regelungsbauwerke sind nach folgenden Parametern zu gestalten:

Buhnen:

Kopfneigung	1 : 10
Rückenneigung:	1 : 100
Kronenbreite	1,5 bis 2,0 m
Seitenneigung	1 : 2 (oberstrom); 1 : 3 (unterstrom)
Neigung der Buhnenachse gegen die Flussachse:	72° (inklinant), entsprechend der vorhandenen Bauwerke

Parallelwerke (hinterströmt)

Neigung zum Fluss:	1 : 2,5 bis 1 : 3
Neigung zum Ufer:	1 : 1,5 bis 3,0
Kronenbreite:	1,5 bis 2,0 m
Landanschluss am oberen Ende mit Kerben bis auf eine Höhe unterhalb von MNW um eine Hinterströmung zu gewährleisten.	

Deckwerke:

Neigung zum Fluss:	1 : 2,5 bis 3,0
--------------------	-----------------

Aus aktuell an dem physikalischen Modell der BAW durchgeführten Untersuchungen ist deutlich geworden, dass bei dem anstehenden feinen Sohlmaterial der Oder die Flusssohle sehr sensibel auf die flussseitigen Neigungen der Stromregelungsbauwerke reagiert. Es hat sich gezeigt, dass bei dem anstehenden Material eine Neigung der Buhnenköpfe von 1 : 10 die Bildung von großen Buhnenkopfkolken verhindern und die Stromsohle wesentlich gleichmäßiger machen kann, wodurch die für die Schifffahrt nutzbaren Tiefen merklich zunehmen. Diese Ergebnisse wurden durch aktuelle Naturbeobachtungen des WSA Eberswalde bestätigt. Daher wird empfohlen, bei Unterhaltungsarbeiten an Buhnen deren Köpfe einheitlich mit einer Neigung von 1 : 10 zu versehen.

Um einen gleichmäßigen Eisabtransport ohne Schädigungen der Bauwerke zu gewährleisten, ist bei der Wahl der Lage und Höhe der Buhnenköpfe eine gleichmäßige Linienführung

zu beachten. Bei einer Änderung dieser Parameter ist daher immer eine längere Strecke zu modifizieren.

Zur Beseitigung lokaler und temporärer Tiefenbeschränkungen für die Schifffahrt kann die Sohle der Oder im Bereich der Schwachstelle gebaggert werden. Ein großflächiges Verklappen des Baggermaterials auf den Vorländern oder in den Bühnenfeldern wird aber nicht grundsätzlich empfohlen und ist unter ökologischen Aspekten zu bewerten.

5 Zusammenfassung und Empfehlungen

In diesem Bericht zur Aktualisierung der Stromregelungskonzeption der Grenzoder werden Prognosen für Regelungsvarianten dargestellt, deren primäres Ziel es ist, in der Grenzoder bei vorgegebenen Überschreitungswahrscheinlichkeiten von 80 % im Abschnitt 1 oberhalb der Warthemündung und 90 % im Abschnitt 2 unterhalb der Warthemündung eine mittlere Tiefe von 1,80 m zu gewährleisten. Es wurde ein numerisch-eindimensionales Feststofftransportmodell (1D-FTM) für die großräumige und langfristige Betrachtung (ca. 150 km Flusslänge, 40 Jahre Simulationszeit) sowie ein physikalisches Modell (PM) der Oder bei Hohenwutzen mit einer Flusslänge von 7,8 km für die detaillierte, lokale Abbildung von Einzelbauwerken, Strömungen und Sohlformen sowie für fahrdynamische Betrachtungen verwendet. Beide Modelltypen wurden wechselwirkend und im Sinne einer gegenseitigen Validierung eingesetzt. Eine gute Übereinstimmung der prognostizierten mittleren Tiefe und der Wasserspiegeländerung bei den beiden Modellen wurde nachgewiesen.

Langzeitprognosen in einem morphologisch aktiven Fluss wie der Grenzoder sind immer mit relativ großen Unsicherheiten verbunden. Weder sind die Daten für den Ist-Zustand im Detail bekannt, noch können die relevanten Parameter für die Zukunft, wie zum Beispiel die Abflüsse an den Einströmrändern und der Feststoffeintrag genau vorhergesagt werden. An der Oder kommt als Unsicherheit hinzu, dass der Feststoffeintrag aus der Warthe weitgehend unbekannt ist. Auch die in nahezu jedem Jahr auftretende geschlossene Eisdecke wird sich auf den Feststofftransport und damit auf die Sohlentwicklung in einer unbekanntem Art und Weise auswirken. Im Rahmen der Kalibrierung der Modelle wurden die jeweiligen Modellparameter so eingestellt, dass die sich in den Modellen ergebenden Wasserstände, Sohlentwicklungen und Feststofftransportmengen weitgehend denen aus der Natur bekannten Werten entsprechen. Insbesondere hinsichtlich der künftigen Entwicklungen bleiben aber große Unsicherheiten. Diese führen dazu, dass bei dem hier gewählten Prognosezeitraum von 40 Jahren keine genauen Angaben im Zentimeterbereich zu Sohl- und Wasserspiegelentwicklungen gegeben werden können. Die Variation von Eingangsparametern zeigte jedoch, dass das System Grenzoder hinsichtlich der zu erwartenden mittleren Tiefen bei einer konsequenten Umsetzung der Maßnahmen relativ robust auf diese Unsicherheiten reagiert. Die Wirkungen erster lokaler Umsetzungen der Empfehlungen (Wiederherstellung der Bühnenkopf-

vorlagen am deutschen Ufer oberhalb von Eisenhüttenstadt) entsprechen ebenfalls weitgehend den prognostizierten Verbesserungen der mittleren Wassertiefen. Detaillierte Auswertungen liegen dazu allerdings nicht vor.

Mit dem physikalischen Modell konnte nachgewiesen werden, dass ein intaktes, konsequent umgesetztes Regelungssystem mit angepassten Übergängen von unterschiedlichen Regelungsbauwerken (Buhnen, Deckwerk, Parallelwerk) zu lagestabileren Fahrspurverläufen führt. Dadurch wird neben der Zunahme und Vergleichmäßigung der mittleren Tiefen auch die schiffahrtliche Nutzbarkeit deutlich verbessert. Mit der Variante SRK-V1, die den größten baulichen Aufwand aufweist, sind auch die größten Tiefen erreichbar. Allerdings führt diese Variante auch zu den größten Anhebungen der Wasserspiegellagen. Die Anhebung wirkt sich am stärksten bei MW aus, ist aber auch bei HW noch deutlich vorhanden. Die Varianten SRK-V2, SRK-V2b, SRK-V3, SRK-V4 und SRK-V5 weisen bei Einhaltung des Tiefenziels von 1,80 m einen geringeren baulichen Aufwand auf und führen zu geringeren Wasserspiegelanhebungen. Bei der Variante SRK-V4 ist die Anhebung der Wasserspiegel am geringsten.

Die Variante SRK-V5 stellt den besten Kompromiss zwischen baulichem Aufwand und der Sicherheit der Erreichung des Tiefenziels in der gesamten Grenzoder dar. Sie wird daher von den Unterzeichnern zur Umsetzung empfohlen.

Das im Auftrag definierte Tiefenziel von 1,80 m bezieht sich auf eine relativ geringe Unterschreitungsdauer, um ausreichende Tiefen für den Eisaufruch sicher zu stellen. Die Umsetzung einer der untersuchten Varianten würde zudem auch bei $Q(EMW_{2010})$ die mittleren Wassertiefen deutlich auf 2,70 m im Abschnitt 1 und auf 3,00 m im Abschnitt 2 erhöhen, wodurch sich die nautischen Verhältnisse für die gewerbliche Schifffahrt ebenfalls erheblich verbessern würden.

Zur Kompensation der berechneten Wasserspiegelanhebungen wurden begleitende Baggermaßnahmen untersucht. Damit können die Anhebungen deutlich reduziert werden, wobei hierzu große Mengen Sohlmaterial dem Flusssystem zu entnehmen sind. Welche Sedimentmengen in den zum Teil durch die Maßnahmen vergrößerten Buhnenfeldern durch natürliche Umlagerungsprozesse abgelagert werden, ist nicht quantifizierbar. Diese Baggermaßnahmen selbst haben wenig Einfluss auf die zu erreichende mittlere Tiefe. Es werden damit gleichermaßen die mittleren Sohlhöhen und die Wasserspiegellagen abgesenkt. Bei den Varianten SRK-V2, SRK-V4 und SRK-V5 ist damit theoretisch eine weitgehende Hochwasserneutralität erreichbar.

Die Untersuchung der Umsetzungsreihenfolge der einzelnen Teilstrecken ergab nur geringe Effekte auf die mittlere Tiefe zum Ende der Simulationszeit nach 40 Jahren. Die zeitliche Entwicklung der Sohlanpassung zeigt jedoch, dass durch vorgezogene Maßnahmen in den Schwachstellen schnell große Mengen Sohlmaterial mobilisiert und die Tiefen dort verbes-

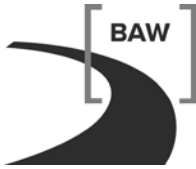
sert werden können. Wenn die unterstrom angrenzenden Bereiche noch nicht nachgeregelt sind, kommt es dort jedoch zu Ablagerungen. Diese Ablagerungen treten in weitaus geringerem Maße auf, wenn die Strecken unterhalb der Schwachstellen vorrangig bearbeitet werden. Eine Umsetzung der Maßnahmen nur in den Schwachstellen (Variante SRK-V1_TRT) ist nicht sinnvoll, da dann Unterstrom angrenzende Bereiche zum Teil erheblich verschlechtert werden und die Solltiefe von 1,80 m nicht durchgängig erreicht werden kann. Wenn nicht die Beseitigung lokaler Schwachstellen mit hoher Priorität erfolgen muss, wird empfohlen, die Abschnitte 1 und 2 jeweils von unterstrom nach oberstrom an das aktualisierte Stromregelungskonzept anzupassen.

Bei den Untersuchungen wurde grundsätzlich von einer Regelung mit Buhnen ausgegangen. Die Ergebnisse im physikalischen Modell zeigen, dass auch Mischformen aus Buhnen, Parallel- und Deckwerken zu gleichmäßigen Sohlformen und Tiefen führen, wenn die unterschiedlichen Böschungsneigungen der Bauwerke durch Reduzierung des Streichlinienabstandes kompensiert werden. Die Werte für die Anpassung finden sich in Tabelle 4-1. Die Anordnung von Parallel- und Deckwerken kann in Bereichen mit hohen Belastungen durch den Eistransport oder die lokalen Strömungsverhältnisse sinnvoll sein. Bei Parallelwerken ist darauf zu achten, dass sie auch langfristig hinterströmt werden können, wenn dadurch der Wasserspiegelanstieg bei hohen Abflüssen kompensiert werden soll. Bei ihrer Planung sind jeweils die lokalen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Um Unsicherheiten in den hydrologischen Eingangsdaten und bei der Bauausführung zu berücksichtigen, wurden Vergleichsrechnungen durchgeführt. Dabei wurden die Abflüsse während des 40jährigen Simulationszeitraums verändert (feuchte und trockene Zeitreihen) und es wurde der Baufortschritt variiert (13 Jahre, 20 Jahre oder 25 Jahre bis zu Fertigstellung). Auch wenn es bei diesen Sensitivitätsrechnungen lokal und zeitlich bedingt zu Unterschieden kam, sind die nach 40 Jahren in der Grenzoder zu erwartenden Tiefen davon nicht betroffen. Das gewählte Regelungskonzept zeigt daher eine nachhaltige und robuste Wirkung auf die Flussmorphologie der Grenzoder.

Für die Umsetzung des Regelungskonzeptes in den im Thesenpapier aufgeführten Schwachstellenbereichen der Oder sind auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Untersuchungen Empfehlungen erarbeitet worden. Diese sind für die jeweiligen Streckenabschnitte in der Anlage 21 des Gutachtens erläutert.

Eine begleitende Erfolgskontrolle wird in jedem Fall empfohlen, um die Zielerreichung zu überprüfen, negative Auswirkungen auf die Wasserspiegel zu erkennen und um ggf. den Einsatz begleitender Baggerungen planen zu können.



Für die Zeit bis zur Umsetzung der Maßnahmen in längeren Gewässerabschnitten finden sich in Kapitel 4 allgemeine Empfehlungen zur laufenden Unterhaltung der Grenzoder, welche auf der Grundlage der Untersuchungen abgeleitet werden konnten.

Karlsruhe, im Mai 2014

Bundesanstalt für Wasserbau

Im Auftrag

Bearbeiter

Dr.-Ing. Nils Huber

Dipl.-Ing. Bernd Hentschel