Gewässerrandstreifenprojekt "Untere Havelniederung zwischen Pritzerbe und Gnevsdorf"

Unterlage zur Genehmigungsplanung

Morphodynamische Modellierung der SH Rathenow im Rahmen der Nachweisführung zum Maßnahmenkomplex 12

im Auftrag des Naturschutzbundes Deutschland e. V.

Verfasser:
Dipl.-Ing. Jan Feldmann
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Milbradt

Redaktionelle Bearbeitung:
Dipl.-Ing. agr. Marianne Uden

© smile consult GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Die Unterlagen dürfen nur nach Zustimmung der smile consult GmbH kopiert, vervielfältigt oder in andere Sprachen übersetzt werden.

Hannover, den 23.05.2019



apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Milbradt

smile consult GmbH
Schiffgraben 11
30159 Hannover

Tel.: 0511 / 54 36 17 - 40
Fax: 0511 / 54 36 17 - 66

info@smileconsult.de
www.smileconsult.de

Inhaltsverzeichnis

1. VERANLASSUNG 7

2. VORGEHENSWEISE 8
2.1. Abgestimmte Maßnahmen nach der Optimierung 9
2.2. Geomorphologische Charakterisierung der Maßnahmenbereiche 10

3. PROGNOSE DER MASSNAHMENBEDINGTEN MORPHODYNAMISCHEN BETROFFENHEITEN 12
3.1. Analyse der langfristigen morphodynamischen Entwicklung 12
3.2. Schubspannungen 13
3.3. Sedimenttransport 14
3.4. Tiefenänderung 16
3.5. Nachweis der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt 19

4. HAVELHOCHWASSER 1984 25
4.1. Schubspannungen 25
4.2. Sedimenttransport 27
4.3. Tiefenänderung 28
4.4. Nachweis der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt 30

5. ZUSAMMENFASSUNG 32

6. LITERATURVERZEICHNIS 33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Maßnahmen im MK 12 10

Abbildung 2: DGM IST 2016 mit geplanten Maßnahmen des MK 12 11

Abbildung 3: Differenzen der Vermessungen 2016-2006 im MK 12 11

Abbildung 4: Schubspannung im PLZ mit geplanten Maßnahmen des MK 12, Q=87,4 m³/s 13

Abbildung 5: Differenzen der Schubspannungen PLZ-IST im MK 12, Q=87,4 m³/s 14

Abbildung 6: Mittlerer Sedimenttransport PLZ, Q = 87,4 m³/s 15

Abbildung 7: Änderung des mittleren Sedimenttransportes PLZ-IST, Q = 87,4 m³/s 15

Abbildung 8: Prognostizierte Tiefenänderung MEI-IST, Q = 87,4 m³/s 17

Abbildung 9: Prognostizierte Tiefenänderung MEV-PLZ, Q = 87,4 m³/s 17

Abbildung 10: Maßnahmenbedingte Änderung des Gewässerbettes, Q = 87,4 m³/s 18

Abbildung 11: Querschnittsintegrierte Tiefenänderung in 10 Jahren, UHW-km 84 – 87,5 19

Abbildung 12: Aus: Grundlagenskizze Gewässerbett / Fahrrinnenband Abschnitt Rathenow – Havelberg 2013 – I *[Protokoll WSD-WSA-NABU vom 19.05.2009]* 20

Abbildung 13: Wassertiefe unter dem Fahrrinnenkasten, PLZ + maßnahmenbed. Sohländerung, Q = 87,4 m³/s 21

Abbildung 14: Lage der Schnitte alle 50 m (rote Linien) im MK 12 23

Abbildung 15: Schnitt bei UHW-km 84,2 24

Abbildung 16: Schnitt bei UHW-km 85,3 24

Abbildung 17: Instationäres Ereignis „Havelhochwasser 1984“ (01.01. – 31.01.1984) 25

Abbildung 18: Schubspannung im PLZ mit geplanten Maßnahmen des MK 12, Hochwasserereignis 1984 26

Abbildung 19: Differenzen der Schubspannungen PLZ-IST im MK 12, Hochwasserereignis 1984 26

Abbildung 20: Mittlerer Sedimenttransport im PLZ, Hochwasserereignis 1984 27

Abbildung 21: Änderung des mittleren Sedimenttransportes PLZ-IST, Hochwasserereignis 1984 28

Abbildung 22: Prognostizierte Tiefenänderung MEV-PLZ, Hochwasserereignis 1984 29

Abbildung 23: Maßnahmenbedingte Änderung des Gewässerbettes infolge des Hochwasserereignisses 1984 . . 29

Abbildung 24: Querschnittsintegrierte Tiefenänderung MK 12, Hochwasserereignis 1984 30

Abbildung 25: Wassertiefe unter dem Fahrrinnenkasten, PLZ + maßnahmenbedingte Sohländerung, Hochwasserereignis 1984 31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maßnahmen des MK 12 9

Tabelle 2: Progn. volumetrische Veränderungen über 10 Jahre innerhalb des Fahrrinnenbandes 2014, MK 12 … 20

Abkürzungen

BinSchStrO	Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung
BWu	Unterer Betriebswasserstand
DGM	Digitales Geländemodell
IST	Ist-Zustand
MEI	Zustand nach Einstellung eines morphodynamischen Gleichgewichts auf der Basis des IST
MEV	Zustand nach Einstellung eines morphodynamischen Gleichgewichts auf der Basis des PLZ
MK	Maßnahmenkomplex
NABU	Naturschutzbund Deutschland e. V.
NHN	Normalhöhennull
OP	Oberpegel
PEP-UH	Pflege und Entwicklungsplan Gewässerrandstreifenprojekt „Untere Havelniederung zwischen Pritzerbe und Gnevsdorf”
PLZ	Plan-Zustand, Zustand nach Abschluss der Baumaßnahme
SH	Stauhaltung
UHW	Untere Havel-Wasserstraße
UP	Unterpegel
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSD	Wasser- und Schifffahrtsdirektion
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung

1. Veranlassung

Die smile consult GmbH wurde im Januar 2016 vom Naturschutzbund Deutschland e. V. - vertreten durch das NABU-Institut für Fluss- und Auenökologie - beauftragt, für die SH Rathenow hydro- und morphodynamische Simulationsmodelle aufzubauen und zu plausibilisieren. Der Modellaufbau der SH Rathenow und die Plausibilisierung des morphodynamischen Simulationsmodells sind in einem gesonderten Bericht dargestellt und liegen als Anlage bei.

Mit dem plausibilisierten morphodynamischen Simulationsmodell werden in Anlehnung an die wasserbauliche Systemanalyse durch Vergleiche von IST und PLZ mit prognostizierten Zuständen auf der Basis von Langzeit-morphodynamischen Simulationen MEI und MEV maßnahmenbedingte Veränderungen der Gewässerbettentwicklung abgeschätzt. Insbesondere soll hier die Betroffenheit der Leichtigkeit und Sicherheit der Schifffahrt beurteilt werden.

Der MK 12 liegt im Land Brandenburg in der SH Rathenow bei Premnitz zwischen UHW-km 87,5 – 90,8.

Die Maßnahmen des MK 12 werden kumulativ mit den anderen in der SH Rathenow liegenden MK 8, 9, 10 und 11 sowie der flankierenden Maßnahme Grubenlanke betrachtet.

2. Vorgehensweise

Nach erfolgreicher Festlegung der Maßnahmen infolge der Optimierung werden mit dem plausibilisierten morphodynamischen Modell der SH Rathenow sowohl morphodynamische Langzeitsimulationen als auch morphodynamische Untersuchungen eines kurzfristigen Hochwasserereignisses durchgeführt.

Typische Kenngrößen, die eine Beurteilung maßnahmenbedingter Veränderungen in der Gewässerbettentwicklung charakterisieren, sind u. a. Bodenschubspannungen und Transportraten sowie resultierende Erosion und Sedimentation. Die Schaffung einer natürlichen Gewässerbettdynamik (Morphodynamik) gehört zu den wesentlichen Zielen des Gewässerrandstreifenprojektes zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der Unteren Havelwasserstraße. Im Rahmen der Nachweisführung werden nun mögliche Betroffenheiten bzgl. der Leichtigkeit und Sicherheit der Schifffahrt beurteilt. Hierzu werden das Fahrrinnenband 2014, die geforderte Fahrrinnentiefe und der untere BWu herangezogen. Der BWu liegt am OP Rathenow bei 26,79 m über NHN und am UP Bahnitz bei 26,98 m über NHN. Die geforderte Fahrrinnentiefe für beladene Motorgüterschiffe liegt bei 2,2 m unter BWu.

Eine Langzeit-morphodynamische Simulation auf der Basis des IST und PLZ prognostizieren die sich einstellenden morphodynamischen Gleichgewichtsgewässersohlen des

- MEI: morphologischer Endzustand IST und
- MEV: morphologischer Endzustand PLZ

und dienen gleichzeitig als Basis zur Prognose der langfristigen hydrodynamischen Betroffenheiten.

Die Gewässerbettentwicklung wird im Wesentlichen durch die hydrodynamischen Randbedingungen bestimmt. Die größte Unsicherheit bei der Festlegung der hydrodynamischen Randbedingungen für morphodynamische Prognosen liegt in der Unkenntnis der zukünftigen meteorologischen und hydrologischen Entwicklung. Die Gewässerbettentwicklung als integrales Ergebnis des Sedimenttransportes im Wasserkörper legt nahe, unter dem Aspekt einer Prognosefähigkeit der Modellergebnisse, auch eine integrale Abstraktion der hydrodynamischen Randbedingungen hin zu einem hydrodynamischen Szenario zu nutzen. Im Rahmen des Modellaufbaus und der Plausibilisierung wurde die morphodynamische Wirkung verschiedener hydrodynamischer Randbedingungen untersucht. Es hat sich gezeigt, dass sich unter dem Modellziel einer Prognose langfristiger Veränderungen das 10-jährige hydrodynamische Mittel des Zeitraumes 2005 – 2015 als geeignete hydrodynamische Randbedingung erweist. Der Zeitraum der Langzeitsimulation beträgt 10 Jahre.

Für die Beurteilung kurzfristiger Betroffenheiten nach einem Hochwasserereignis wurden morphodynamische Simulationen mit den hydrodynamischen Randbedingungen des Havelhochwassers im Januar 1984 durchgeführt und analysiert.

Alle morphodynamischen Prognosesimulationen starten mit der Sohlgeometrie des Jahres 2016 als Startbedingung.

2.1. Abgestimmte Maßnahmen nach der Optimierung

Der Aufbau des PLZ erfolgt über den Einbau der im Zuge der Optimierung entwickelten Maßnahmen in das Modell des IST.

In der Tabelle 1 sind die Maßnahmen des MK 12 zusammengestellt und in der Abbildung 1 dargestellt.

Bei der Deckwerksentsiegelung wird die Oberfläche des PLZ um 20 cm gegenüber dem IST erhöht (70 cm Übersandung-50 cm Deckwerkssteine).

Bei der Deckwerksübersandung wird die Oberfläche des PLZ um 50 cm gegenüber dem IST erhöht (50 cm Übersandung).

Morphologisch eher untergeordnet sind dabei die Maßnahmen zur Auwaldentwicklung. Die zurückzubauenden Deckwerke sind so entworfen, dass diese bzgl. der Strömungsverhältnisse in der Havel morphologisch stabil sind. Der Nachweis der globalen und lokalen Standsicherheit wird extra geführt und in separaten Dokumenten dargestellt. Die lokalen Veränderungen der Fließquerschnitte infolge der Anschlüsse von Altarmen, Flutrinnen und des Rückbaus von Uferverwallungen werden zu Reaktionen des Gewässerbodens der Havel führen.

Maßnahme	Einzelmaßnahme	UHW-km		Uferseite	Abtragskote	Mittlere OK Deckwerk	Mittlerer Deckwerksfuß	Mittlere OK Verwallung
		von	bis	-	m ü NHN	m ü NHN	m ü NHN	m ü NHN
Deckwerksentfernung	D_Ra_14_01	90,61	90,65	rechts	-	27,80	27,00	-
	D_Ra_14_06	89,07	89,75	rechts	-	28,10	25,80	-
	D_Ra_14_07b	88,53	88,66	links	-	27,95	25,00	-
	D_Ra_14_09	88,30	88,44	links	-	27,70	24,50	-
	D_Ra_14_11	87,60	87,93	rechts	-	28,05	27,00	-
Deckwerksübersandung	Sd_Ra_20	90,39	90,61	rechts	-	-	-	-
	Sd_Ra_22	89,42	89,55	links	-	-	-	-
Verwallungsrückbau Flutrinnen	Fl_Ra_14_01	89,38	89,60	rechts	27,10	-	-	27,90
	Fl_Ra_14_02a	88,82	88,84	links	27,10	-	-	28,00
	Fl_Ra_14_02c	88,95	88,98	links	27,10	-	-	27,80
	Fl_Ra_14_02b	88,84	88,95	links	27,70	-	-	28,00
Altarmanschluss	Ra_AaN_14_01	90,08	90,10	links	26,20	-	-	-
	Ra_AaN_14_04	87,82	87,9	links	25,00	-	-	-
Betteinengung	Ra_AaN_14_04_E	87,9	88,06	links	-	27,7	-	-
Auftragsfläche	Ra_AaN_14_04_1	87,91	88,07	links	-	28,1	-	-

Tabelle 1: Maßnahmen des MK 12



Abbildung 1: Lage der Maßnahmen im MK 12

2.2. Geomorphologische Charakterisierung der Maßnahmenbereiche

In den Abbildungen 2 und 3 sind die Topographie des IST 2016 und die Gewässerbettänderungen zwischen 2006 – 2016 jeweils mit den geplanten Maßnahmen dargestellt. In diesem Bereich und Zeitraum zeigt die Havel im geringen Umfang ausgeglichene Sedimentations- und Erosionsmuster. Auffallend ist der Sedimentationsbereich bei UHW-km 87,9.

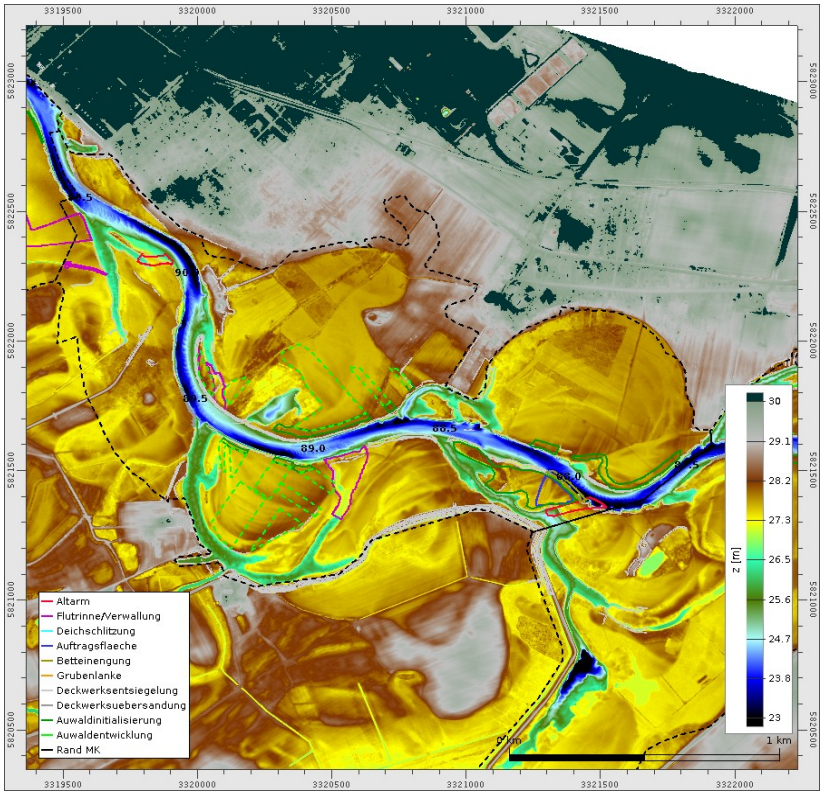


Abbildung 2: DGM IST 2016 mit geplanten Maßnahmen des MK 12

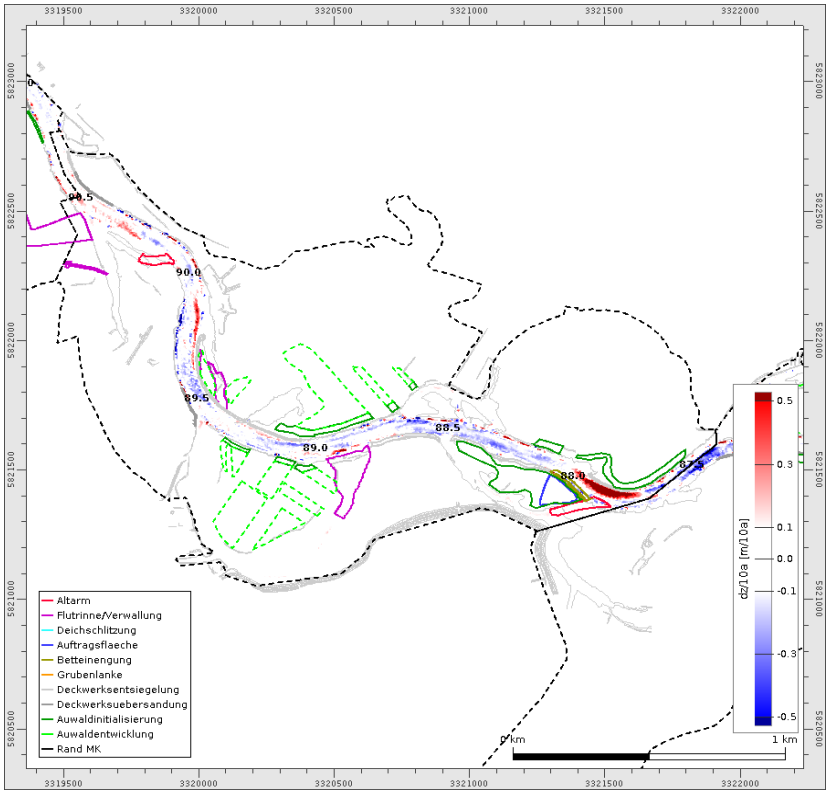


Abbildung 3: Differenzen der Vermessungen 2016-2006 im MK 12

3. Prognose der maßnahmenbedingten morphodynamischen Betroffenheiten

Durch Veränderungen in den Einschränkungen nach der BinSchStrO im Jahr 2006 - als eine wesentliche Voraussetzung für die Renaturierung der Unteren Havelwasserstraße - wurde durch die WSV ein einschiffiges Fahrrinnenband mit geringerer Tiefe festgelegt. Hierdurch entstand im Havelgewässer Puffer für mögliche Auswirkungen der Renaturierung.

Die WSV ist auch weiterhin zuständig für die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt an der UHW. Dieser Aufgabe kommt sie durch die kontinuierliche Unterhaltung eines entsprechenden einschiffigen Fahrrinnenbandes in Form von Betonnung und Baggerung nach. Für die Belange der WSV ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, eine mögliche maßnahmenbedingte Betroffenheit (Beeinträchtigung) des Fahrrinnenbandes zu dokumentieren.

Wie schon die datenbasierten Analysen der Veränderungen der Gewässersohle im Bericht zum Aufbau und zur Plausibilisierung des morphodynamischen Modells der SH Rathenow aufgezeigt haben, sind die Änderungen der Gewässerbettsohle in der SH Rathenow gering und variieren entsprechend den hydrologischen Gegebenheiten. Neben der größten Unsicherheit, der Prognose der zukünftigen hydrologischen Entwicklung, resultieren weitere Unschärfen aus Modellannahmen und Parametrisierungen. Die im Rahmen der Nachweisführung konsequent umgesetzte wasserbauliche Systemanalyse versucht hierbei, sowohl daten- als auch modellinhärente Unsicherheiten durch Differenzbetrachtungen zu minimieren.

Die WSV hat die Forderung aufgestellt, Betroffenheiten sowohl über einen langen Zeitraum als auch für ein kurzes Hochwasserereignis darzustellen.

3.1. Analyse der langfristigen morphodynamischen Entwicklung

Zur Abschätzung möglicher langfristiger maßnahmenbedingter Betroffenheiten werden morphodynamische Langzeitsimulationen durchgeführt. Die Simulationen werden mit dem 10-jährigen hydrodynamischen Mittel des Zeitraumes 2005 – 2015 ($Q = 87{,}5\ m^3/s$, $h_{OP\ Rathenow} = 27{,}09$ m ü NHN) gesteuert. Als Startbedingung wird die Sohlgeometrie des Jahres 2016 bzw. die Sohlgeometrie mit den eingeprägten Maßnahmengeometrien verwendet und dann 10 Jahre in die Zukunft gerechnet. Im Ergebnis dieser Simulationen entstehen die prognostizierten sogenannten Gewässerbettgeometrien MEI und MEV.

Die maßnahmenbedingte Betroffenheit in Form von Veränderungen in der Unterhaltung des Fahrrinnenbandes zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt lässt sich u. a. durch die Analyse prognostizierter Baggermengen darstellen, welche durch das Verschneiden des Fahrrinnenkastens mit der prognostizierten Gewässergeometrie bestimmt werden kann.

Die Gewässerbettentwicklung ist das integrale Ergebnis der Hydrodynamik und der hierdurch induzierten Transportprozesse. Bei der Analyse und der Darstellung der Modellergebnisse werden daher folgende Größen herangezogen:

- Schubspannungen
- Transportraten
- Erosions- und Sedimentationsraten
- Virtuelles Baggern bzgl. der Fahrrinne

3.2. Schubspannungen

Neben der Analyse der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten stellen die durch das numerische Modell prognostizierten Schubspannungen einen wesentlichen Indikator für zu erwartende Anpassungen der Gewässersohle dar.

Im Bericht „Hydrodynamische Modellierung der SH Rathenow im Rahmen der Nachweisführung zum Maßnahmenkomplex 12“ wurden bereits die auftretenden Schubspannungen bei den statistischen stationären Ereignissen und dem instationären Ereignis „Havelhochwasser 1984“ (01.01. – 31.01.1984) dargestellt. Diese Analysen haben gezeigt, dass sich die größten Veränderungen in den Schubspannungen im Bereich der Altarmanschlüsse und Flutrinnen ergeben.

In den Abbildungen 4 und 5 sind die Schubspannung im PLZ und die Differenz PLZ-IST für das berechnete 10-jährige Mittel mit Q = 87,4 m³/s dargestellt. In der Havel sind die Änderungen der Schubspannung lediglich in den Maßnahmenbereichen zu erkennen, vor allem im Bereich des Altarmanschlusses Ra AaN 14 04.

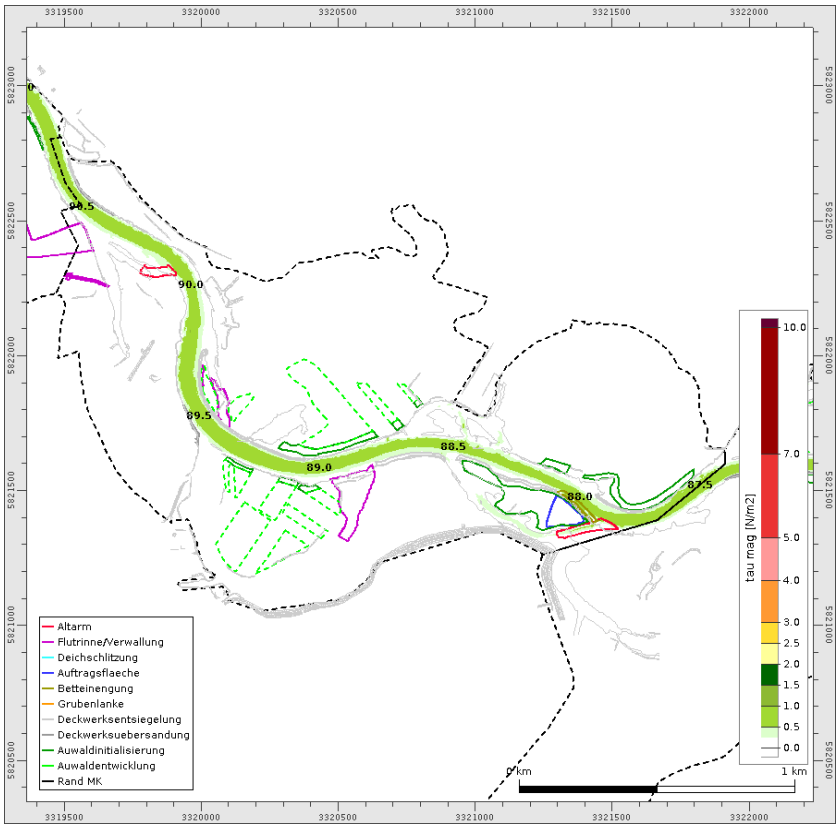


Abbildung 4: Schubspannung im PLZ mit geplanten Maßnahmen des MK 12, Q=87,4 m³/s

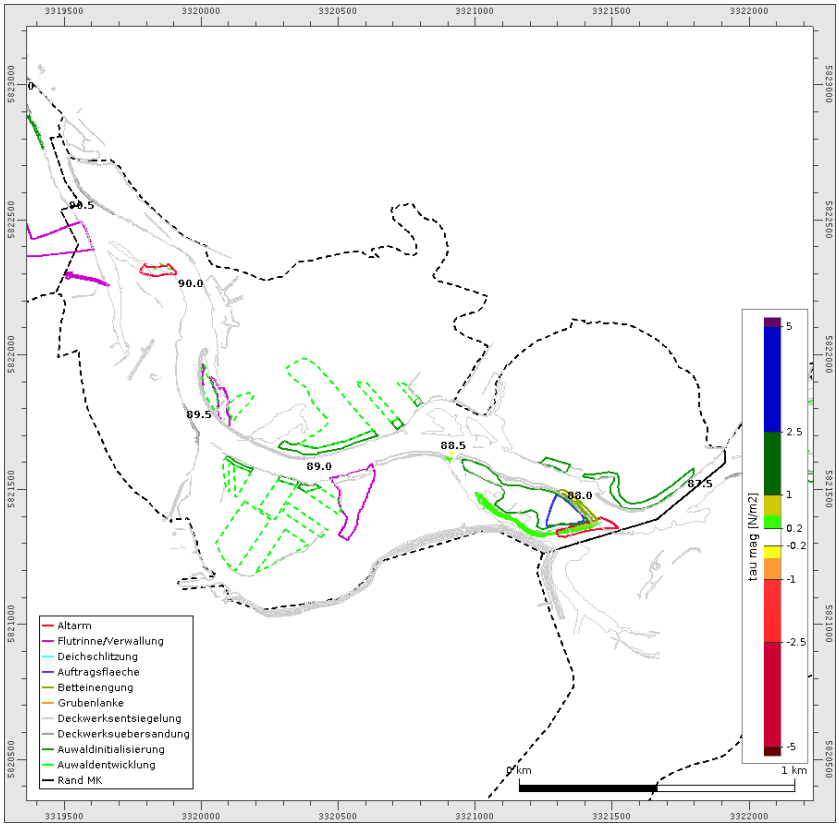


Abbildung 5: Differenzen der Schubspannungen PLZ-IST im MK 12, Q=87,4 m³/s

3.3. Sedimenttransport

Der Transport von Sedimenten hängt neben der Schubspannung vom zur Verfügung stehenden Sediment und der Strömungsgeschwindigkeit ab. In den Abbildungen 6 und 7 ist der mittlere Sedimenttransport für PLZ und die Differenz aus PLZ-IST dargestellt. Bei der Betrachtung der beiden Bilder zeigt sich, dass es im Bereich der Maßnahmen im PLZ zu einer leichten Abnahme des Sedimenttransportes kommt. Dieses wird durch die Altarmanschlüsse und die Flutrinnen induziert.

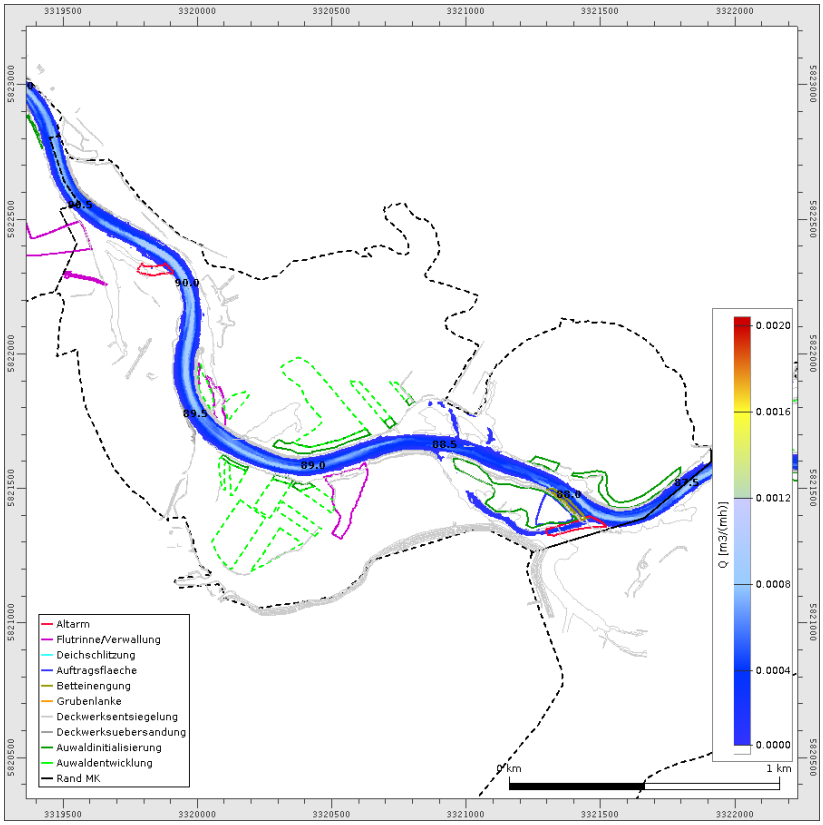


Abbildung 6: Mittlerer Sedimenttransport PLZ, Q = 87,4 m³/s

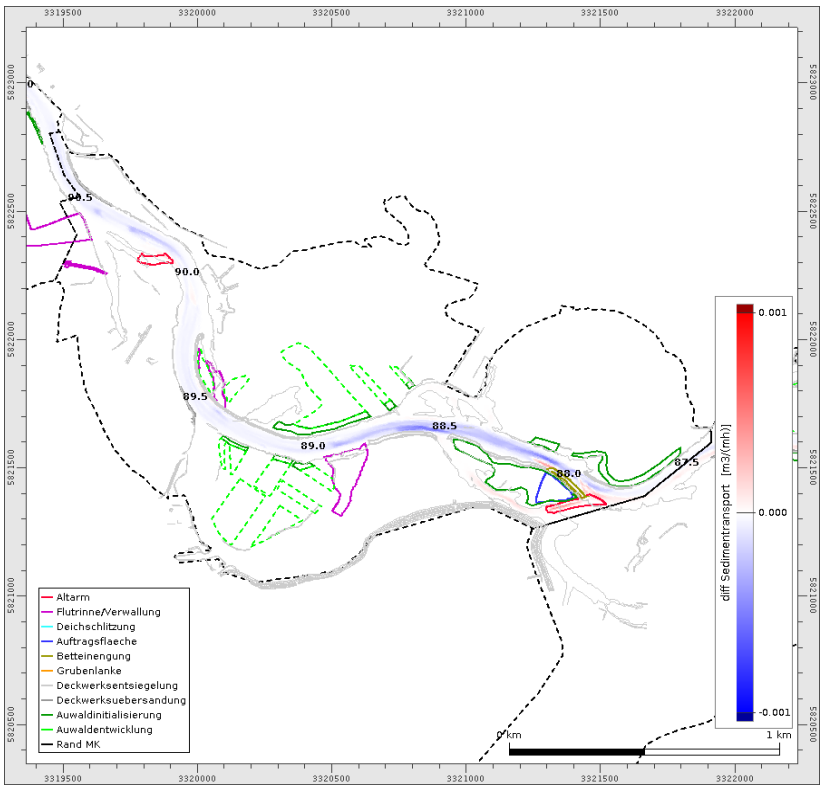


Abbildung 7: Änderung des mittleren Sedimenttransportes PLZ-IST, Q = 87,4 m³/s

3.4. Tiefenänderung

Ausgehend vom IST und PLZ wurden infolge des 10-jährigen Mittels mit Q = 87,4 m³/s die sich nach 10 Jahren ergebenden Tiefen MEI und MEV berechnet.

Die Tiefenänderung nach 10 Jahren ist für MEI-IST und MEV-PLZ in den Abbildungen 8 und 9 mit dem Fahrrinnenkasten sowie allen Maßnahmen des MK 12 abgebildet.

Die durch die morphodynamische Langzeitsimulation prognostizierte maßnahmenbedingte Veränderung der Gewässerbettentwicklung ist in der Abbildung 10 als Differenz der Differenzen zwischen den Modellzuständen MEI und MEV ((MEV-PLZ)-(MEI-IST)) dargestellt.

Die Bedeutung der Farben in der Abbildung 10 kann im Wesentlichen wie folgt interpretiert werden:

- Rot bedeutet:
  - wenn es im IST zu einer Erosion kommt, so ist diese Erosion im PLZ geringer
  - wenn es im IST zu Sedimentationserscheinungen kommt, so verstärken sich diese im PLZ
- Blau bedeutet:
  - wenn es im IST zu einer Erosion kommt, so ist diese Erosion im PLZ stärker
  - wenn es im IST zu Sedimentationserscheinungen kommt, so verringern sich diese im PLZ

Gut erkennbar sind in den Abbildungen 8 und 9 die Sedimentationsbereiche in den Innenkurven bei UHW-km 87,8, UHW-km 89,6 und UHW-km 90,2. Bei UHW-km 87,9 zeigen auch die Vermessungsdaten eindeutig eine Sedimentation, die die Fahrrinne beeinträchtigt. Die anderen Sedimentationsbereiche liegen außerhalb des durch die Peilung erfassten Bereiches.

Die Wirkung des Altarmanschlusses Ra AaN 14 04 zeigen die Abbildungen 9 und 10. Aufgrund des hohen Durchflusses durch den Altarm von ca. 10 % des Havelabflusses bei MQ verringert sich die Strömungsgeschwindigkeit in der Haupthavel und es kommt zu einer erhöhten Sedimentation bei UHW-km 87,9. Nach dem Zusammenfluss von Altarm und Haupthavel stellt sich eine erhöhte Erosion in der Haupthavel ein, die nach 500 m abklingt. Außerhalb des Maßnahmenbereiches von Ra AaN 14 04 ergibt sich in der Havel praktisch keine maßnahmenbedingte Änderung der Gewässersohle. Der Altarm Ra AaN 14 01 und die beiden Flutrinnen haben aufgrund des geringen Durchflusses von unter 2 % des Havelabflusses keine sichtbare maßnahmenbedingte Auswirkung auf die Gewässersohle.

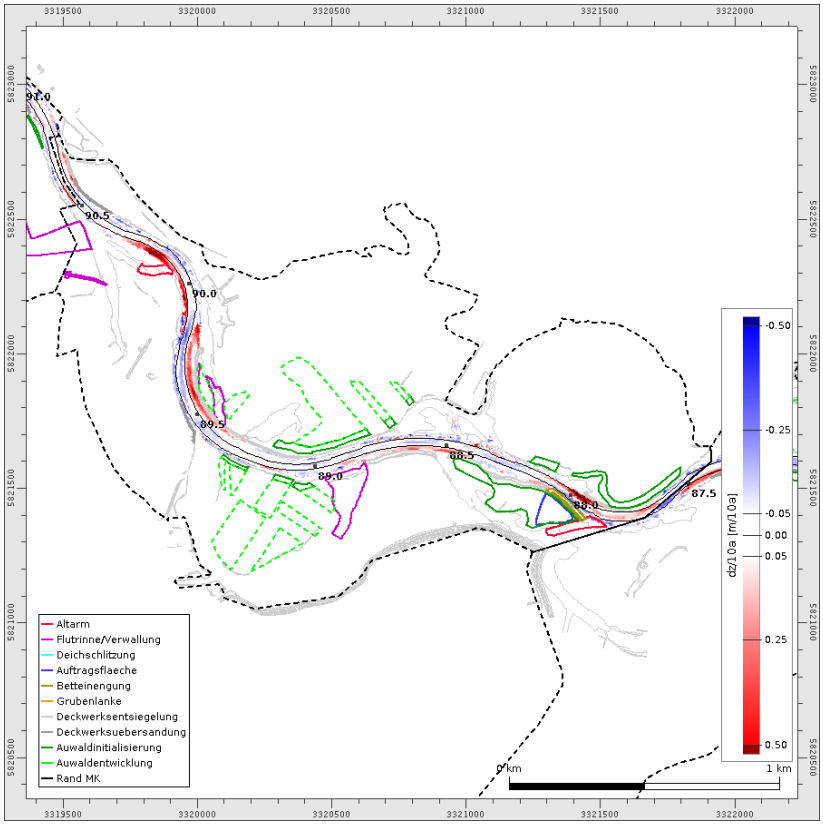


Abbildung 8: Prognostizierte Tiefenänderung MEI-IST, Q = 87,4 m³/s

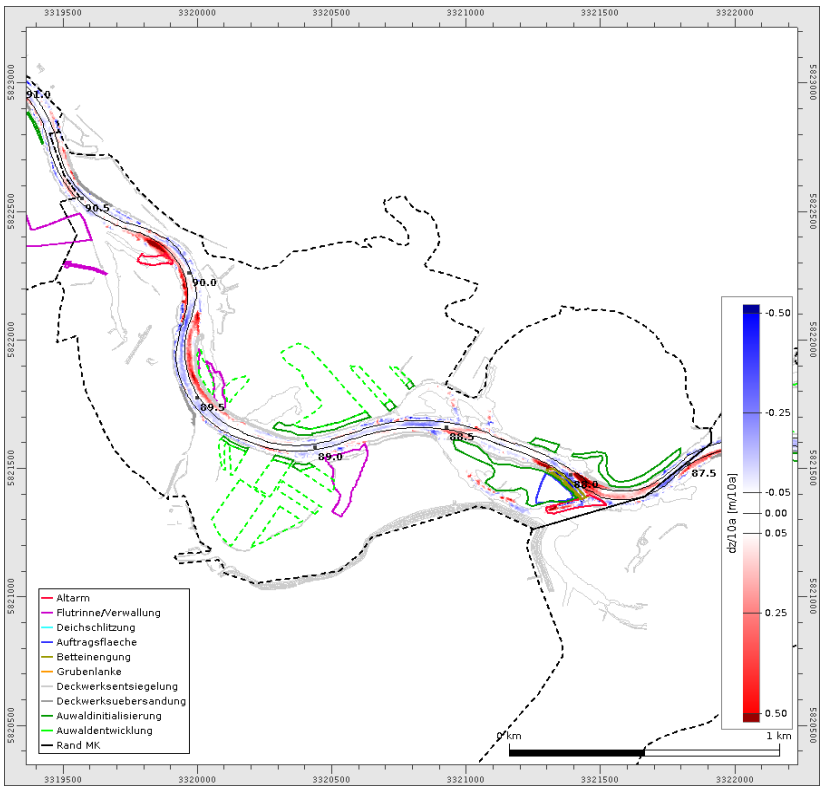


Abbildung 9: Prognostizierte Tiefenänderung MEV-PLZ, Q = 87,4 m³/s

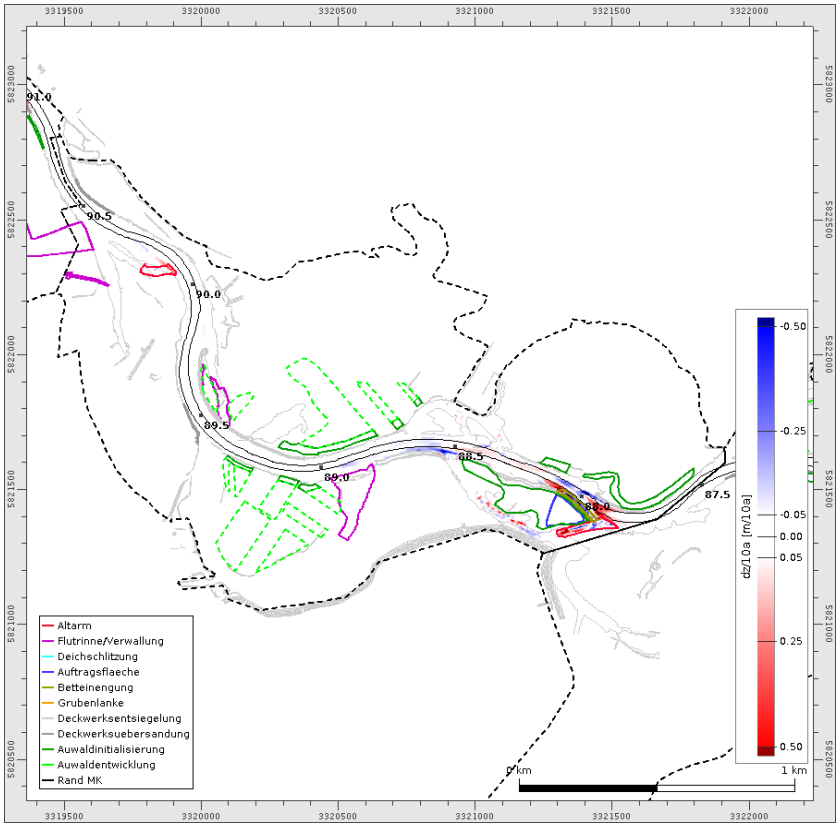


Abbildung 10: Maßnahmenbedingte Änderung des Gewässerbettes, Q = 87,4 m³/s

Die sich jeweils ergebende querschnittsintegrierte Tiefenänderung entlang der Kilometrierung ist in der Abbildung 11 dargestellt. Die blaue Kurve entspricht der prognostizierten Änderung des Gewässerbettes ohne Maßnahmen MEI-IST, die grüne Kurve der Änderung mit Maßnahmen MEV-PLZ und die rote Kurve der maßnahmenbedingten Änderung des Gewässerbettes ((MEV-PLZ)-(MEI-IST)).

Die maßnahmenbedingte Änderung liegt bei UHW-km 87,7 bei null, da in diesem Bereich bei MEI-IST und MEV-PLZ die Sedimentation gleich groß ist. Bei UHW-km 87,9 zeigt sich eine positive maßnahmenbedingte Änderung, da die Sedimentation bei MEV-PLZ größer ist als bei MEI-IST. Es ergibt sich also eine maßnahmenbedingte Erhöhung des Gewässerbettes. Bei UHW-km 88,25 zeigt sich ebenfalls eine positive maßnahmenbedingte Änderung, obwohl die beiden Kurven MEI-IST und MEV-PLZ eine Sedimentation aufweisen. Allerdings ist die Erosion bei MEV-PLZ geringer.

Deutlich zu sehen ist die maßnahmenbedingte Sedimentation infolge des Altarms Ra AaN 14 04 zwischen UHW-km 87,8 und UHW-km 88,0 von bis zu 0,4 m in 10 Jahren. Außerhalb des Einflussbereichs des Altarms Ra AaN 14 04 nach UHW-km 89 ist praktisch keine maßnahmenbedingte Änderung der Gewässersohle erkennbar.

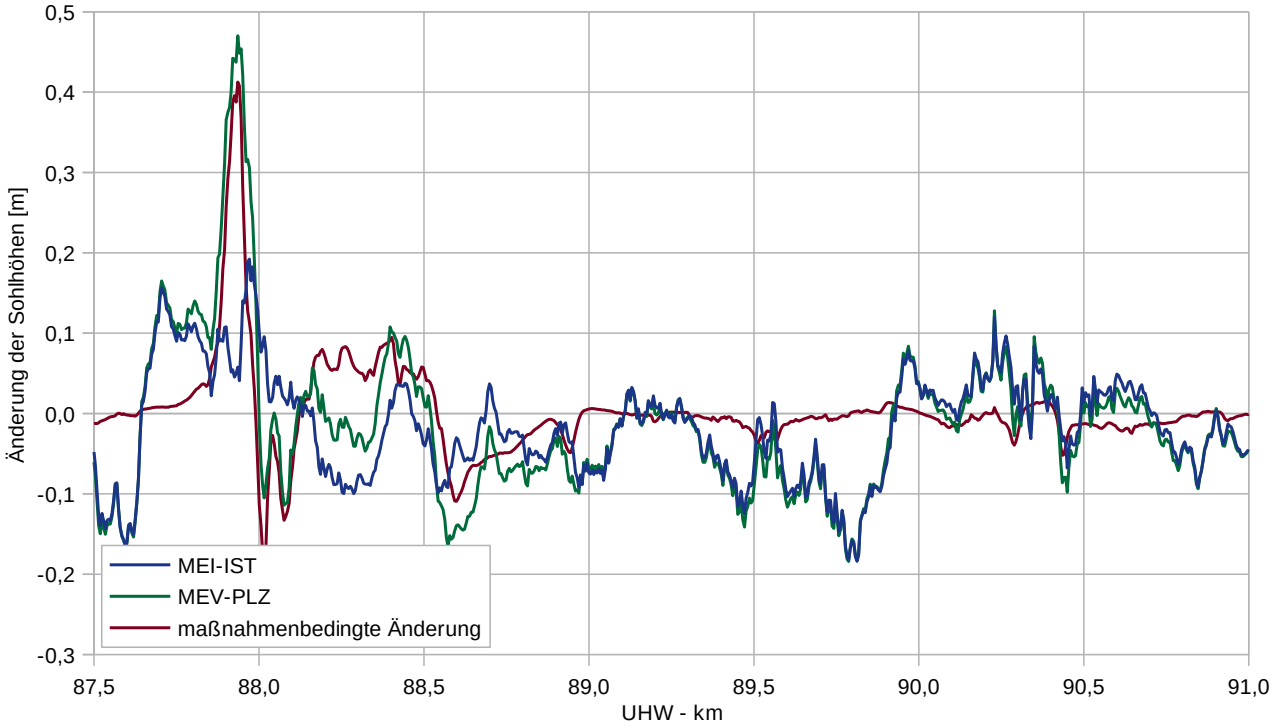


Abbildung 11: Querschnittsintegrierte Tiefenänderung in 10 Jahren, UHW-km 87,5 – 91,0

3.5. Nachweis der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt

Zum Nachweis der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt wird die maßnahmenbedingte Betroffenheit bzgl. des Fahrrinnenbandes 2014 geprüft. Der BWu liegt am UP Bahnitz (UHW-km 82,1) bei 26,98 m über NHN und am OP Rathenow (UHW-km 102,9) bei 26,79 m über NHN. Für beladene Motorgüterschiffe liegt die geforderte Fahrrinnentiefe bei 2,2 m unter BWu. Verwendet werden die Fahrrinnenbänder des Jahres 2014 für Berg- und Talfahrt mit einem beidseitigen Sicherheitsabstand von jeweils 6 m. Der Abstand zum beidseitigen Tonnenstrich von jeweils 5 m gemäß Anlage 8, I Nr. 1 BinSchStrO ist jedoch nicht enthalten, siehe hierzu nachfolgende Skizze aus dem Protokoll WSD-WSA-NABU vom 19.05.2009:

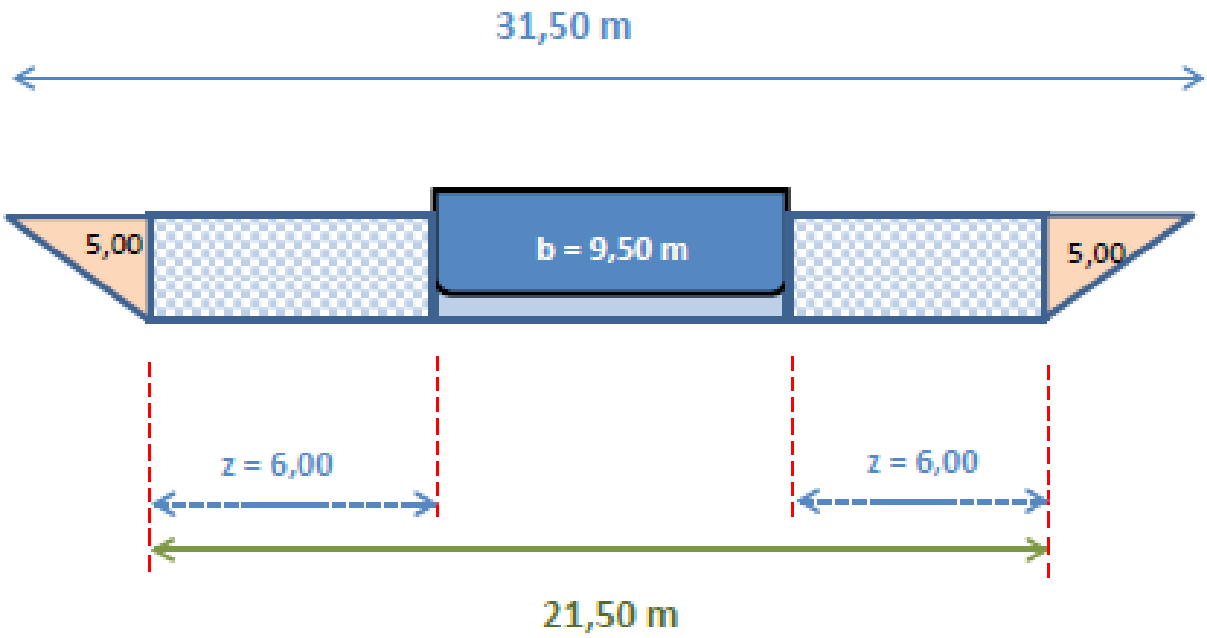


Abbildung 12: Aus: Grundlagenskizze Gewässerbett / Fahrrinnenband Abschnitt Rathenow – Havelberg 2013 – I [Protokoll WSD-WSA-NABU vom 19.05.2009]

Aus der Überlagerung dieser beiden Fahrrinnenbänder resultiert das Fahrrinnenband mit der maximalen Ausdehnung. Aus dem maximalen Fahrrinnenband und der Tiefe BWu minus 2,2 m ergibt sich der Fahrrinnenkasten.

Mittels des Baggermoduls von GISMO kann für den IST sowie die morphologischen Endzustände MEI und MEV ein prognostiziertes Baggervolumen zum Erhalt des Fahrrinnenbandes berechnet werden. Es wird immer nur das in den Fahrrinnenkasten hereinragende Volumen betrachtet. Die sich ergebenden Baggervolumen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Für den IST 2016 ergibt sich innerhalb des Fahrrinnenbandes 2014 ein prognostiziertes Baggervolumen im MK 12 von 930 m³. Innerhalb von 10 Jahren ergibt sich durch die Differenzbetrachtung MEV-MEI eine maßnahmenbedingte Erhöhung des Baggervolumens von ca. 400 m³ infolge der Maßnahmen im MK 12. Die Erhöhung des Baggervolumens tritt nur im Bereich zwischen UHW-km 87,8 und UHW-km 88,0 auf.

	Baggervolumen [m³]
IST	930
MEI	1.641
MEV	2.040
ausbaubedingt (MEV-MEI)	399

Tabelle 2: Progn. volumetrische Veränderungen über 10 Jahre innerhalb des Fahrrinnenbandes 2014, MK 12

In Abbildung 13 ist die Wassertiefe unter dem Fahrrinnenkasten zur Sohlgeometrie PLZ 2016 plus maßnahmenbedingte Sohländerung dargestellt. Die Farbe Blau weist auf eine ausreichende Wassertiefe, Weiß auf eine Wassertiefe von 0 m zum Fahrrinnenkasten und Rot auf eine Beeinträchtigung des Fahrrinnenkastens hin.

Zwischen UHW-km 87,78 und 87,97 ergibt sich eine deutlich sichtbare Beeinträchtigung des Fahrrinnenkastens. Geringfügige Beeinträchtigungen des Fahrrinnenkastens treten zwischen UHW-km 89,38 und 89,48, UHW-km 90,03 und 90,13 sowie bei UHW-km 90,3 auf. Alle diese Beeinträchtigungen des Fahrrinnenkastens sind allerdings auch schon im IST vorhanden.

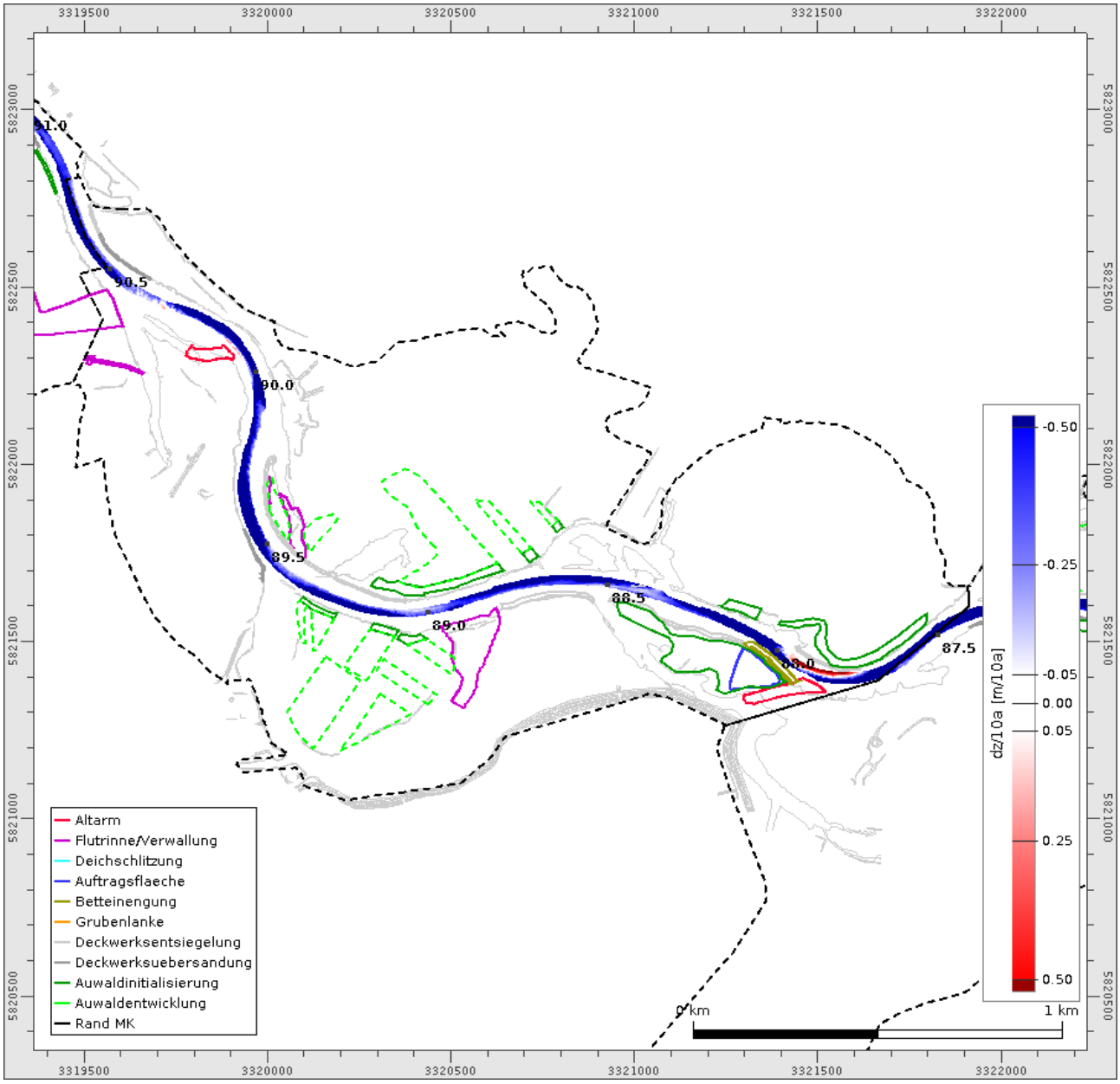


Abbildung 13: Wassertiefe unter dem Fahrrinnenkasten, PLZ + maßnahmenbed. Sohländerung, Q = 87,4 m³/s

Um eine mögliche Betroffenheit des Fahrrinnenkastens durch die maßnahmenbedingte Sohländerung darzustellen, wird im Maßnahmenbereich von UHW-km 87,5 – UHW-km 90,5 alle 50 m ein Schnittprofil erzeugt.

In diesem Schnitt ist Folgendes eingezeichnet:

- Gewässersohle des PLZ
- Gewässersohle des PLZ mit maßnahmenbedingter Änderung des Gewässerbettes. Die maßnahmenbedingte Änderung des Gewässerbettes ergibt sich aus der Differenzbetrachtung ((MEV-PLZ)-(MEI-IST)). Es sollen somit nur Änderungen der Gewässersohle dargestellt werden, die direkt durch die Maßnahmen induziert werden. Daten- wie auch modellinhärente Unsicherheiten sollen durch Differenzbetrachtungen minimiert werden. Diese Art der Darstellung ist konservativ, da auch eine verringerte Erosion als eine maßnahmenbedingte Erhöhung des Gewässerbettes beschrieben wird.
- BWu und BWu minus 2,2 m (Tiefe des Fahrrinnenkastens)
- Lage des Fahrrinnenkastens

Die Lage der Schnittprofile ist in der Abbildung 14 dargestellt. Alle 61 Schnitte sind in den Anlagen beigefügt. Beispielhaft sind die Schnitte bei UHW-km 87,85 und UHW-km 87,9 in den Abbildungen 15 und 16 dargestellt. Im Bereich dieser Schnitte ist der Fahrrinnenkasten betroffen, bei beiden Schnitten allerdings schon im IST. Bei UHW-km 87,9 vergrößert sich die Betroffenheit deutlich durch eine maßnahmenbedingte erhöhte Sedimentation infolge des Altarmanschlusses Ra AaN 14 04.

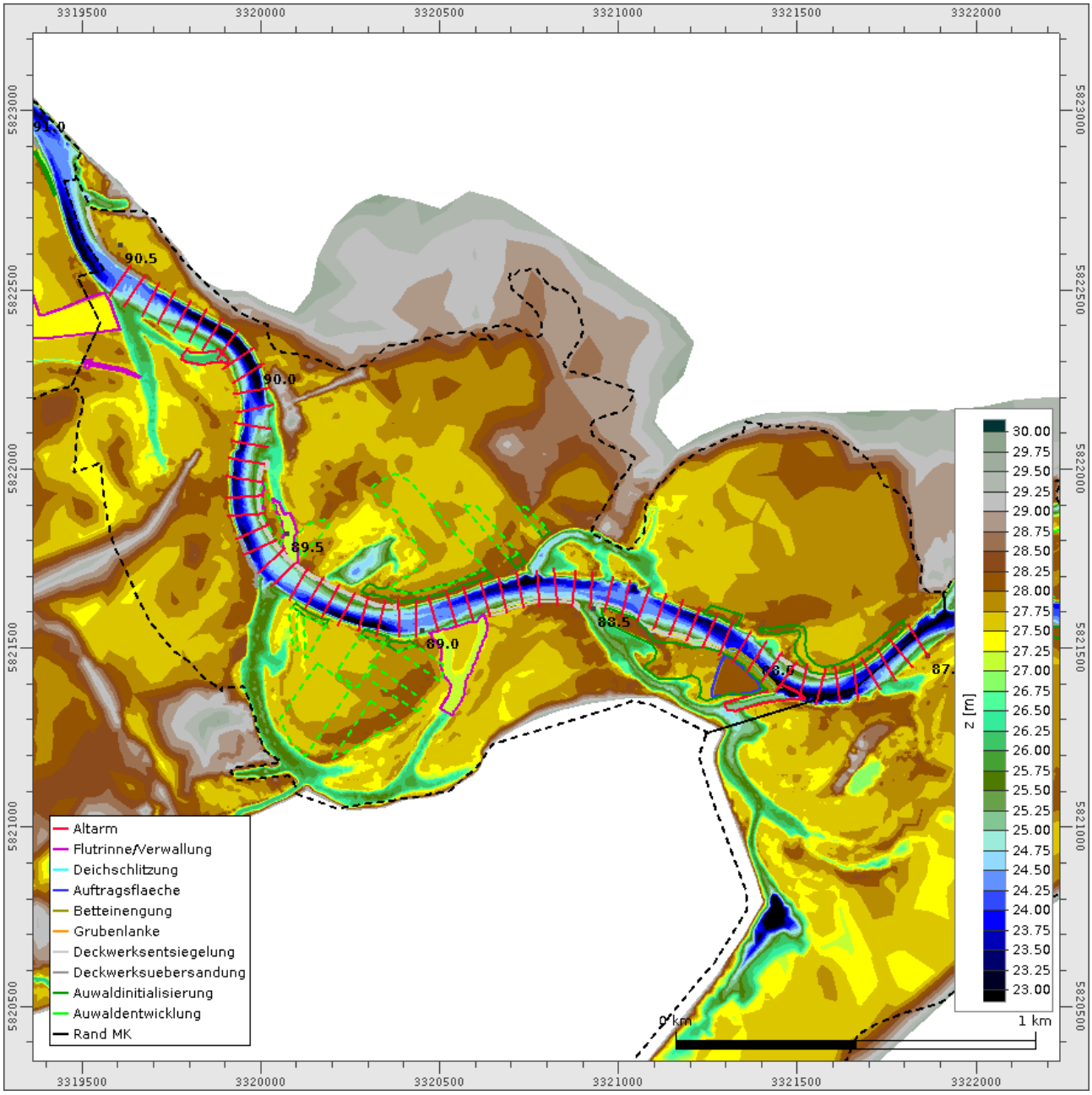


Abbildung 14: Lage der Schnitte alle 50 m (rote Linien) im MK 12

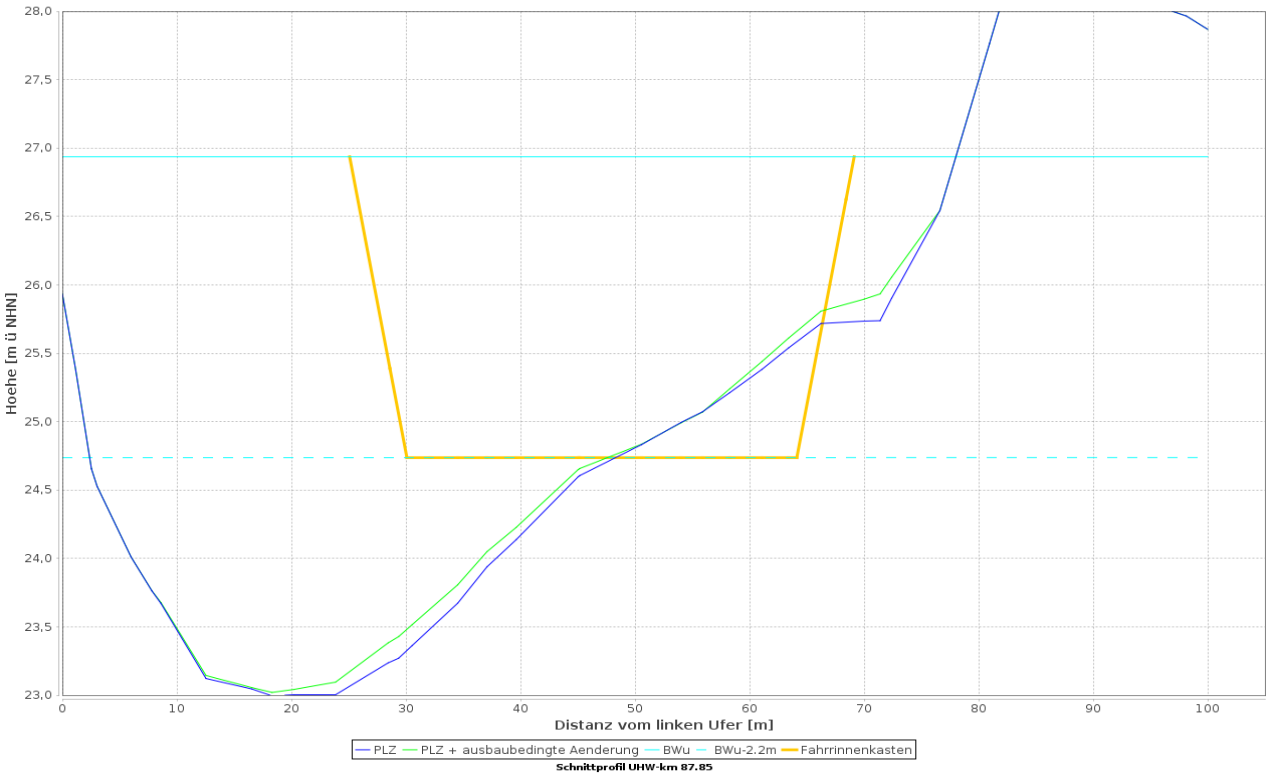


Abbildung 15: Schnitt bei UHW-km 87,85

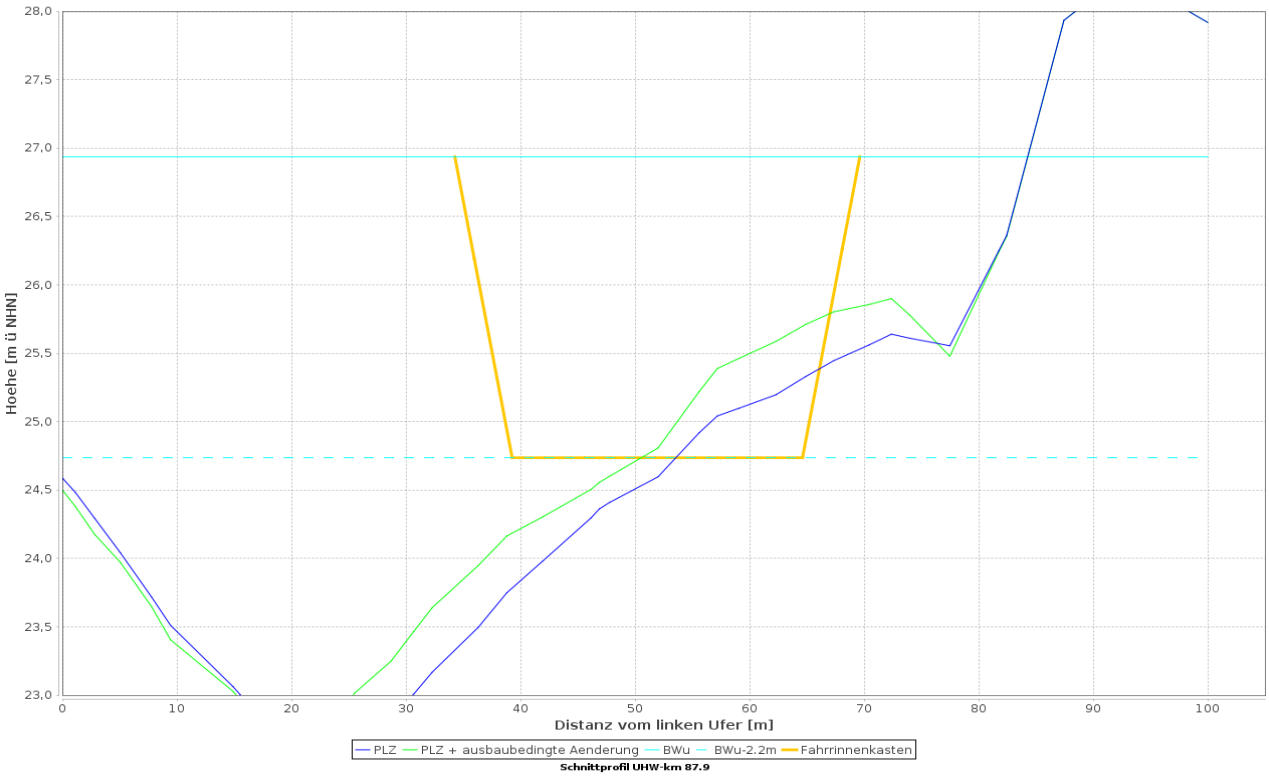


Abbildung 16: Schnitt bei UHW-km 87,9

4. Havelhochwasser 1984

Das Havelhochwasser Januar 1984 kombiniert einen relativ starken Abfluss der Havel (Q_{max} = 138 m³/s am 25.01.1984 am Pegel Albertsheim) mit einem großen Wasserspiegelgefälle zwischen Bahnitz und Rathenow. Aus diesem Grund wurde das Havelhochwasser im Januar 1984 als das kritischste Ereignis für den Nachweis morphodynamischer Veränderungen unter instationären Bedingungen festgelegt. Die Randbedingungen des Havelhochwassers 1984 (01.01. – 31.01. 1984) sind in der Abbildung 17 dargestellt.

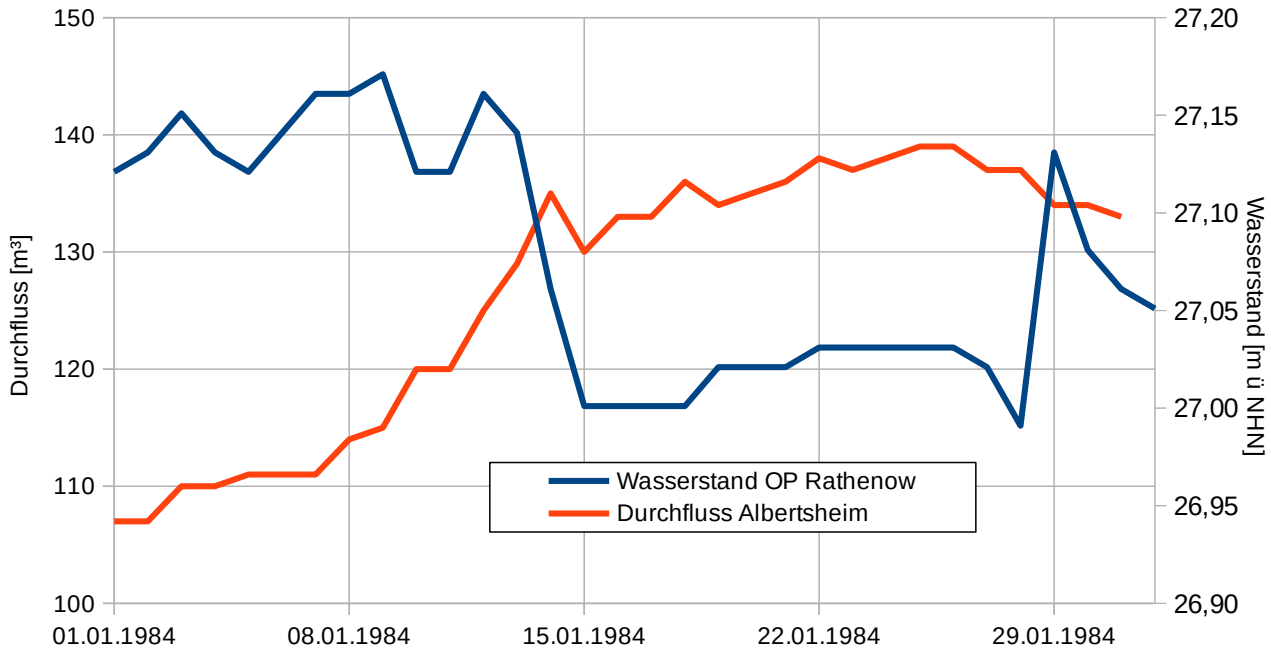


Abbildung 17: Instationäres Ereignis „Havelhochwasser 1984“ (01.01. – 31.01.1984)

4.1. Schubspannungen

Neben der Analyse der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten stellen die durch das numerische Modell prognostizierten Schubspannungen einen wesentlichen Indikator für zu erwartende Anpassungen der Gewässersohle dar. In den Abbildungen 18 und 19 sind die maximalen Schubspannungen im PLZ und die sich ergebenden Differenzen PLZ-IST gezeigt. Bei der Auswertung der Simulationen des Havelhochwassers von 1984 wurden die maximal auftretenden Schubspannungen an jedem Berechnungsknoten über die gesamte Zeitdauer bestimmt. Durch die Aufweitung des Fließquerschnittes kommt es in der Haupthavel im Bereich des Altarmanschlusses Ra AaN 14 04 zu einer detektierbaren Abnahme der Schubspannungen.

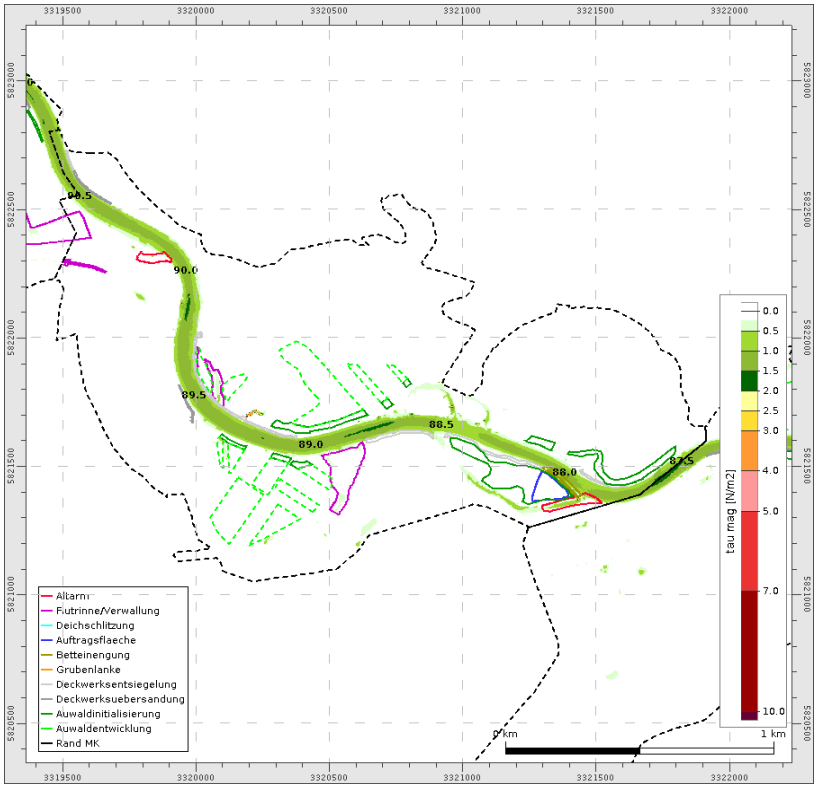


Abbildung 18: Schubspannung im PLZ mit geplanten Maßnahmen des MK 12, Hochwasserereignis 1984

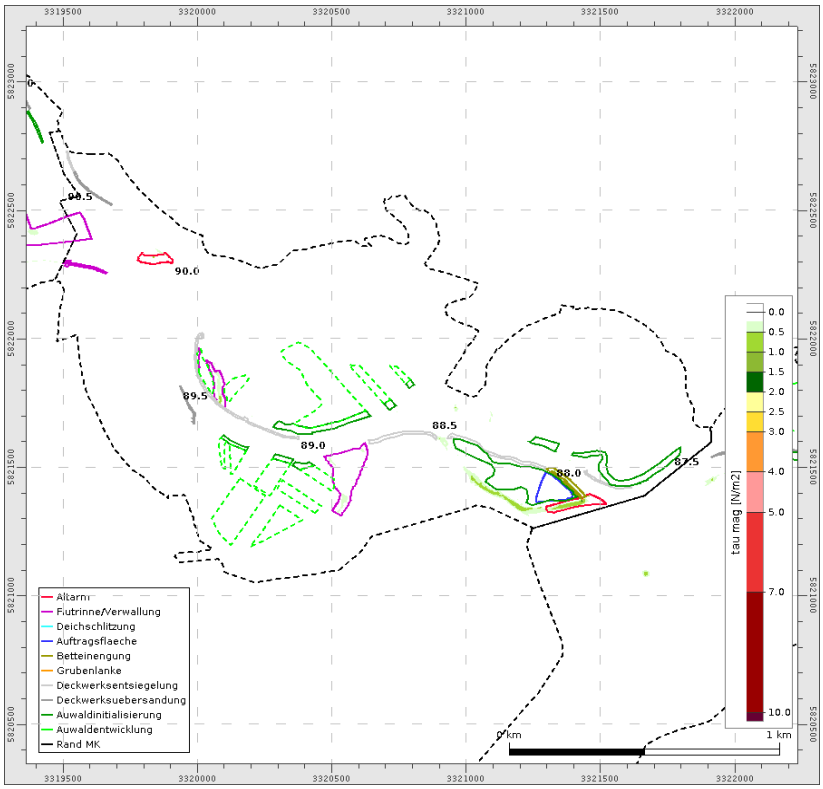


Abbildung 19: Differenzen der Schubspannungen PLZ-IST im MK 12, Hochwasserereignis 1984

4.2. Sedimenttransport

Der Transport von Sedimenten hängt neben der Schubspannung vom zur Verfügung stehenden Sediment und der Strömungsgeschwindigkeit ab. Die Abbildungen 20 und 21 zeigen die Sedimenttransportraten für den PLZ sowie die Differenz von PLZ-IST für das Ereignis „Havelhochwasser 1984“. Die Aufweitung des Fließquerschnittes durch den Altarmanschluss Ra AaN 14 04 führt zu einer Abnahme des Sedimenttransportes zwischen UHW-km 87,9 und UHW-km 90,0.

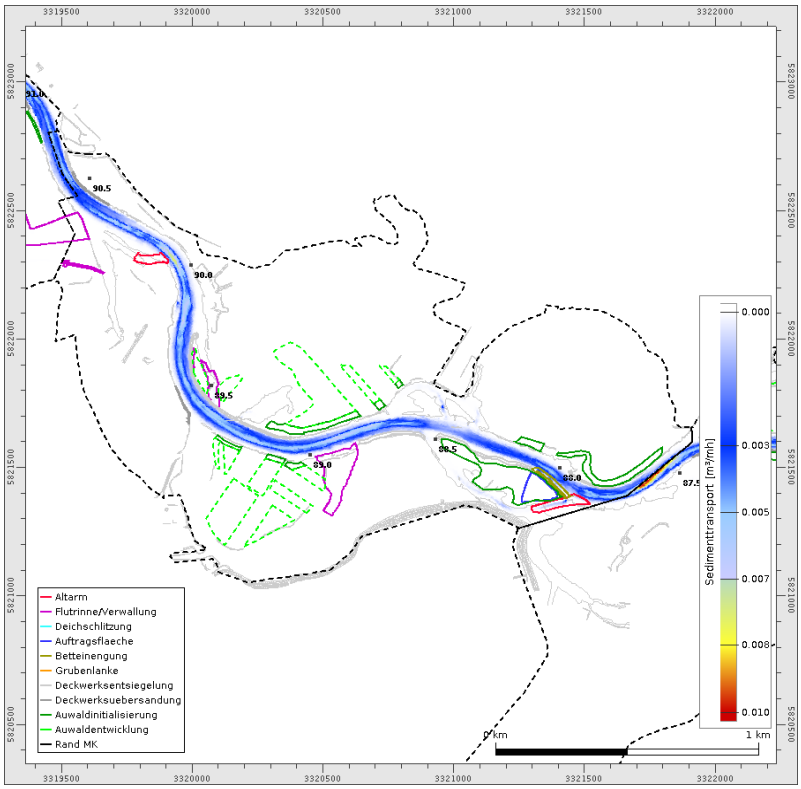


Abbildung 20: Mittlerer Sedimenttransport im PLZ, Hochwasserereignis 1984

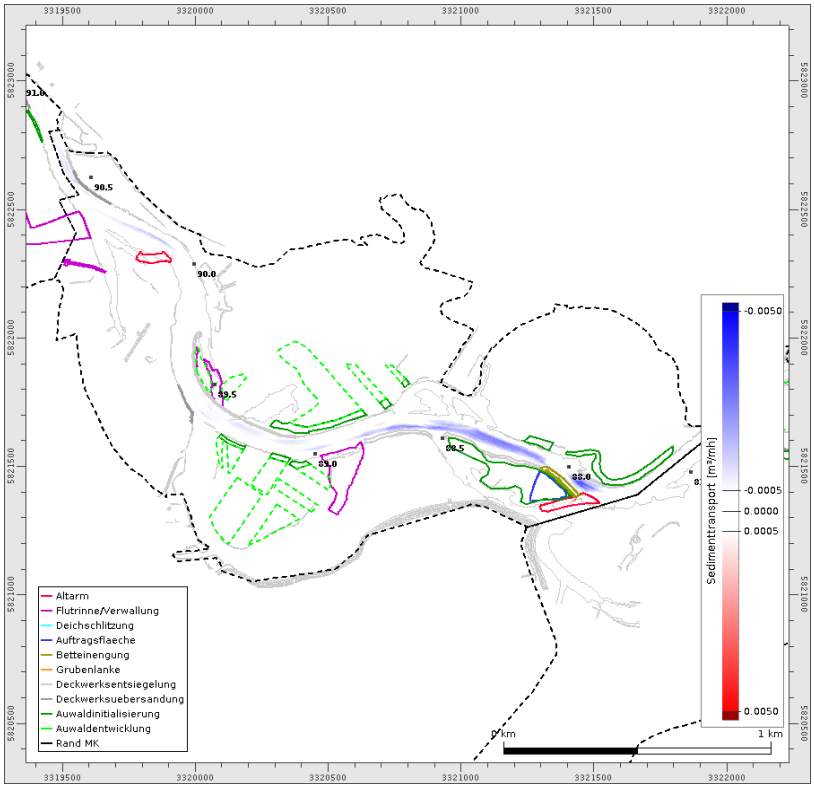


Abbildung 21: Änderung des mittleren Sedimenttransportes PLZ-IST, Hochwasserereignis 1984

4.3. Tiefenänderung

Das über einen Simulationszeitraum von 31 Tagen betrachtete Ereignis „Havelhochwasser 1984“ lässt in den Simulationsergebnissen Änderungen an der Gewässerbettgeometrie erkennen.

Ein Teil der simulierten und dargestellten Änderungen ist aus unserer Sicht nicht dem Hochwasserereignis selbst zuzuschreiben, sondern dem sogenannten morphologischen Knacken. Zu Beginn jeder morphodynamischen Simulation kommt es zunächst zu einer Anpassung der Modell-Gewässergeometrie und -Sedimentzusammensetzung an die eingesteuerte Hydrodynamik und an die im Modell verwendeten Sedimenttransportansätze. Dieses führt unter anderem zu einem Glätten von Unebenheiten, die aus der Interpolation der Messwerte auf das Modellgitter herrühren – gut erkennbar durch den häufigen Wechsel von roten und blauen Flächen.

Trotz dieser bekannten Modelleinschränkungen lassen sich auf der Basis der wasserbaulichen Systemanalyse modellbasierte Abschätzungen der maßnahmenbedingten Veränderungen ableiten.

Die prognostizierten Tiefenänderungen für die Differenzen MEV-PLZ sind in der Abbildung 22 dargestellt. Abbildung 23 veranschaulicht die maßnahmenbedingte Änderung der Gewässerbettentwicklung. Die Auswirkungen dieses Hochwasserereignisses auf die Entwicklung des Gewässerbettes sind gering. Es zeigt sich wieder, dass lediglich maßnahmenbedingte Änderungen des Gewässerbettes innerhalb der Maßnahmenbereiche auftreten.

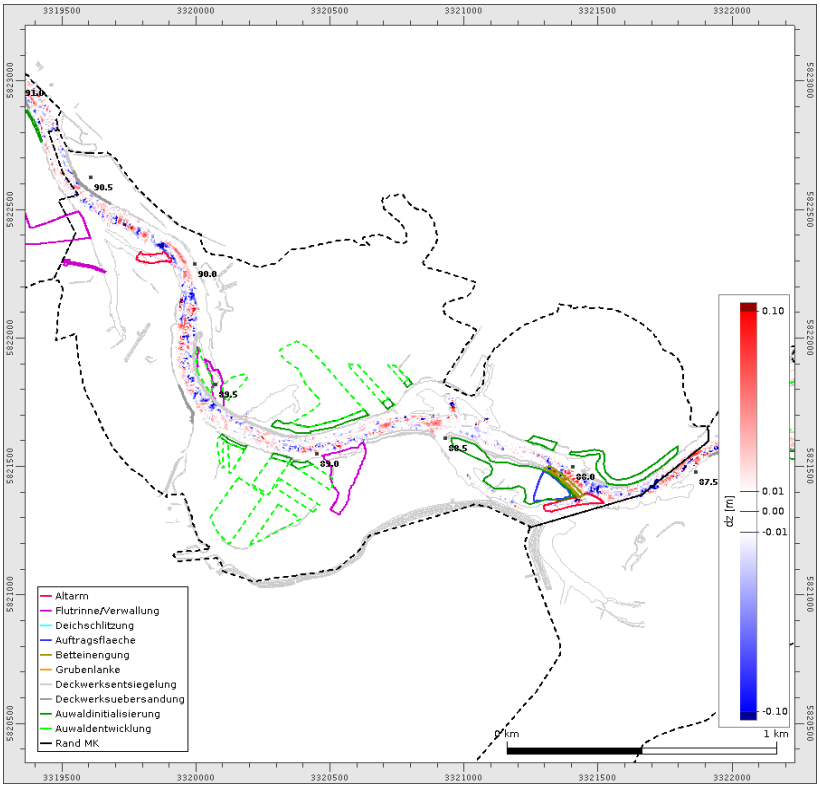


Abbildung 22: Prognostizierte Tiefenänderung MEV-PLZ, Hochwasserereignis 1984

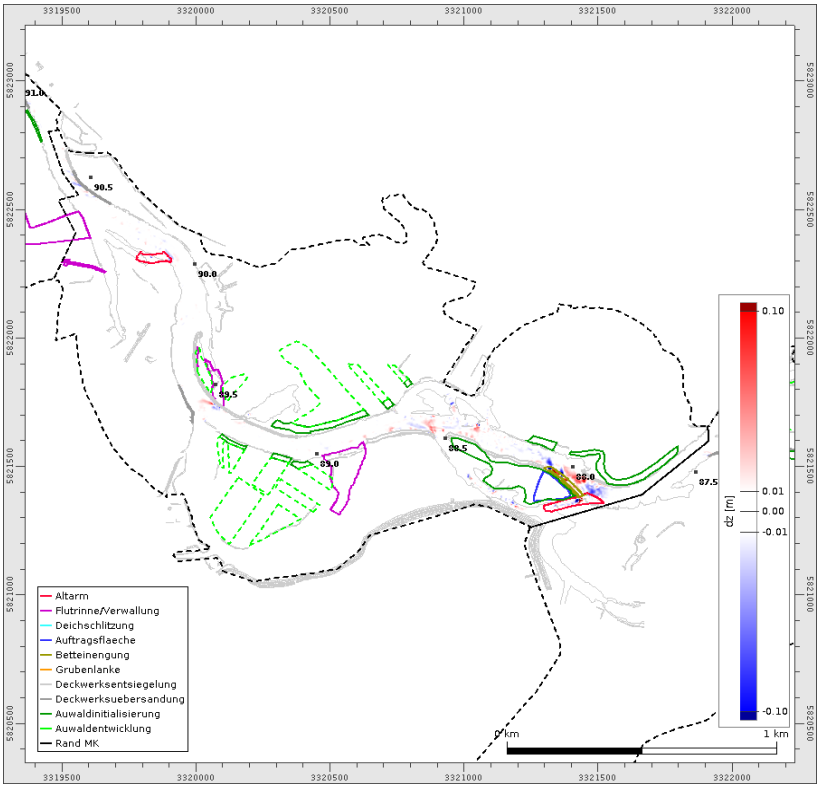


Abbildung 23: Maßnahmenbedingte Änderung des Gewässerbettes infolge des Hochwasserereignisses 1984

Die sich jeweils ergebenden querschnittsintegrierten Tiefenänderungen innerhalb des Fahrrinnenbandes entlang der Kilometrierung zeigt die Abbildung 24. Die Veränderungen der Gewässersohle sind mit Höhen von ca. 5 cm bis maximal 10 cm gering.

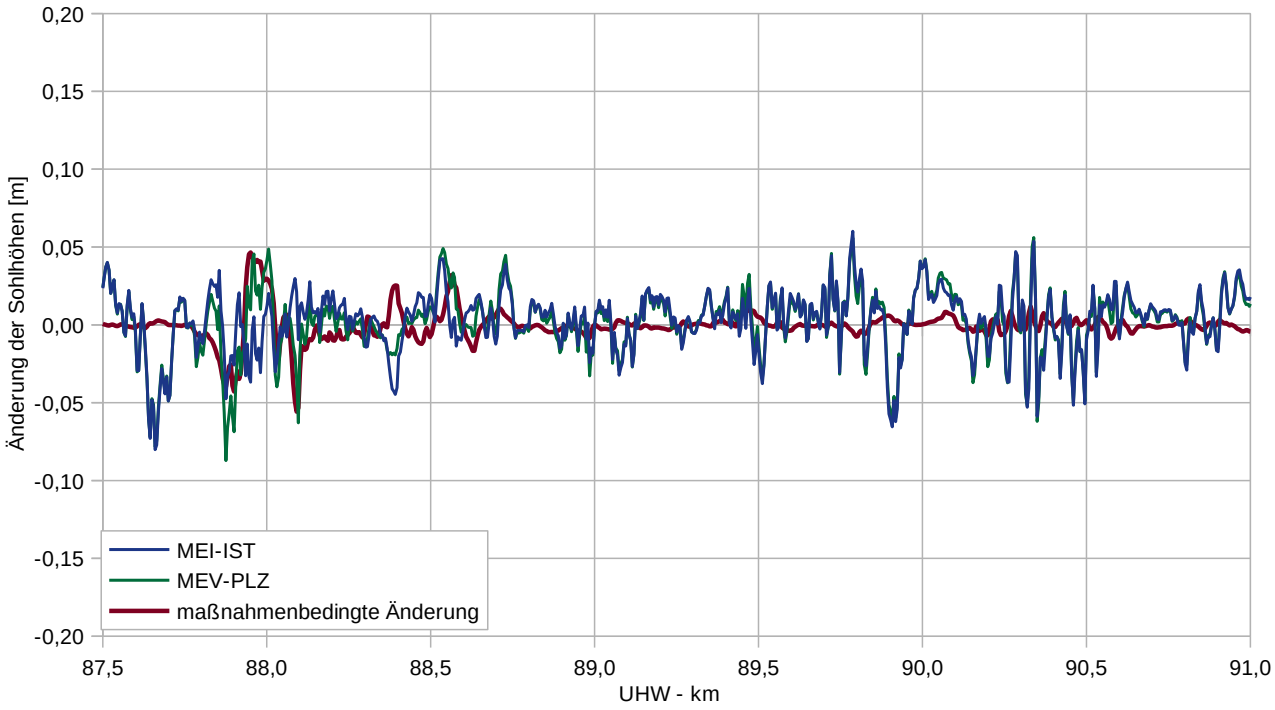


Abbildung 24: Querschnittsintegrierte Tiefenänderung MK 12, Hochwasserereignis 1984

Es lässt sich infolge des Havelhochwassers 1984 keine nennenswerte Veränderung des Gewässerbettes feststellen. Für die Beurteilung der morphodynamischen Wirksamkeit der Maßnahmen ist die Simulation über 10 Jahre maßgebend.

4.4. Nachweis der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt

In der Abbildung 25 ist die Wassertiefe unter dem Fahrrinnenkasten zur Sohlgeometrie des PLZ 2016 plus ausbaubedingte Sohländerung dargestellt. Die Farbe Blau weist auf eine ausreichende Wassertiefe, Weiß auf eine Wassertiefe von 0 m zum Fahrrinnenkasten und Rot auf eine Beeinträchtigung des Fahrrinnenkastens hin. Zwischen UHW-km 87,78 und 87,97, UHW-km 89,38 und 89,48, UHW-km 90,03 und 90,13 sowie bei UHW-km 90,3 ergeben sich Beeinträchtigungen des Fahrrinnenkastens. Diese Beeinträchtigungen sind allerdings auch schon im IST vorhanden.

Es zeigt sich, dass durch das Ereignis „Havelhochwasser 1984“ der Fahrrinnenkasten nicht durch eine maßnahmenbedingte Sohländerung beeinträchtigt wird. Somit kann keine maßnahmenbedingte Betroffenheit der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt in der SH Rathenow durch die Maßnahmen des MK 12 identifiziert werden. Ein Baggern aufgrund der Maßnahmen ist infolge des Ereignisses „Havelhochwasser 1984“ nicht notwendig.

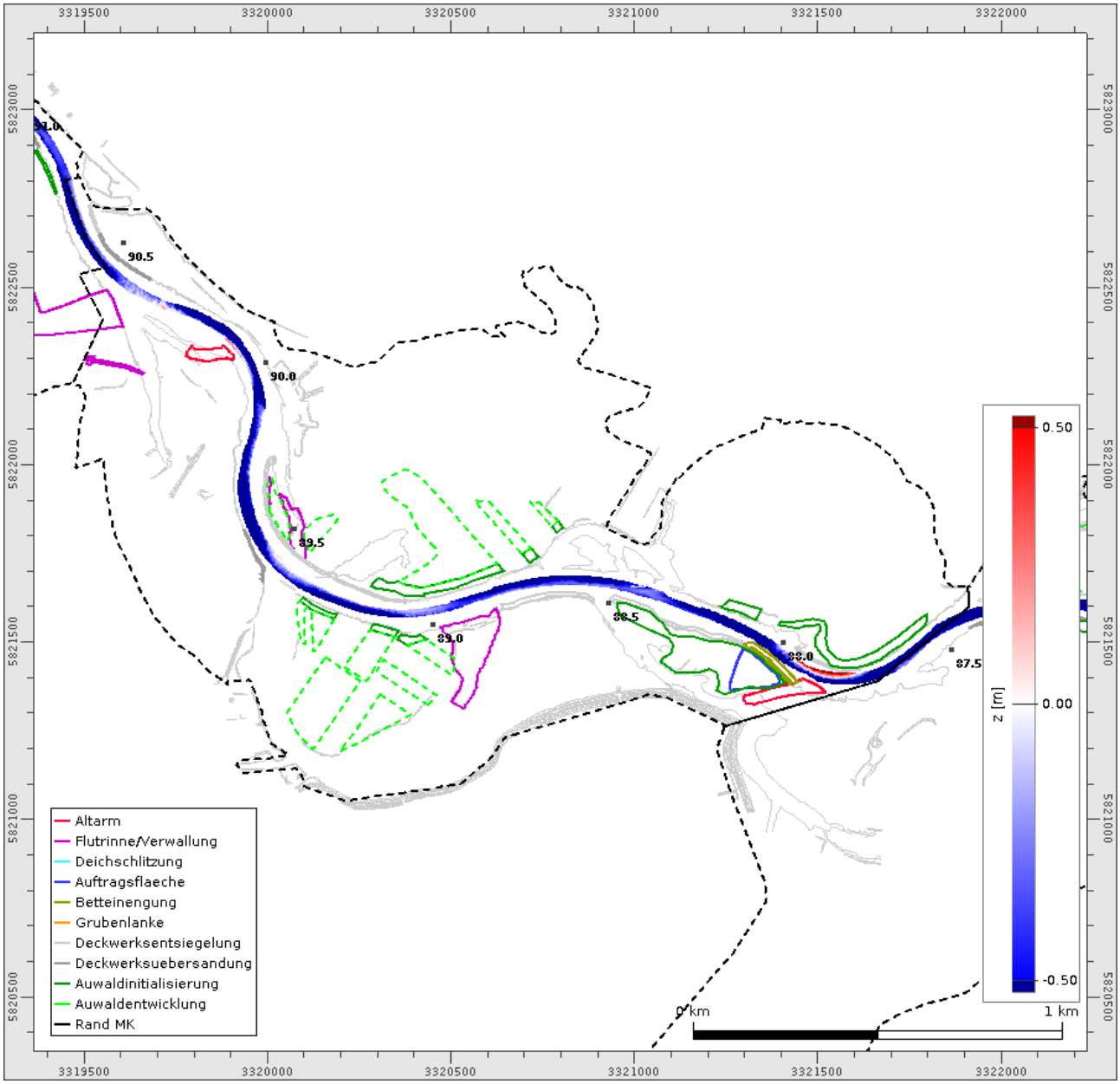


Abbildung 25: Wassertiefe unter dem Fahrrinnenkasten, PLZ + maßnahmenbedingte Sohländerung, Hochwasserereignis 1984

5. Zusammenfassung

Zum Nachweis der maßnahmenbedingten Veränderungen in der Gewässerbettentwicklung und möglicher Betroffenheiten auf das Fahrrinnenband wurden für die SH Rathenow sowohl eine morphodynamische Langzeitsimulation durchgeführt als auch Modelluntersuchungen eines kurzfristigen Hochwasserereignisses analysiert. Für die Beurteilung der morphodynamischen Wirksamkeit der Maßnahmen ist die Simulation über 10 Jahre maßgebend.

Ausgehend vom plausibilisierten morphodynamischen Simulationsmodell der SH Rathenow wurden in die Tiefenverteilungen von 2016 (IST) die Maßnahmengeometrien und veränderten Modellparameter eingeprägt (PLZ). Mit den hydrodynamischen mittleren Randbedingungen des Plausibilisierungszeitraumes 2005 – 2015 wurden im Anschluss durch eine 10-jährige morphodynamische Langzeitsimulation die Zustände MEI und MEV bestimmt. Durch Relativbetrachtungen der Gewässerbettentwicklung vom IST zum MEI und vom PLZ zum MEV konnten maßnahmenbedingte Änderungen in der Gewässerbettentwicklung identifiziert werden. Lediglich infolge des Altarmanschlusses Ra AaN 14 04 ergibt sich eine maßnahmenbedingte Beeinträchtigung des Fahrrinnenkastens und dadurch eine maßnahmenbedingte Erhöhung des Baggervolumens.

6. Literaturverzeichnis

PEP-UH: Pflege und Entwicklungsplan Gewässerrandstreifenprojket „Untere Havelniederung zwischen Pritzerbe und Gnevsdorf. NABU-Projektbüro, 2009.

SMILE CONSULT GMBH: Gewässerrandstreifenprojekt "Untere Havelniederung zwischen Pritzerbe und Gnevsdorf", Unterlage zur Genehmigungsplanung, Hydrodynamische Modellierung der SH Rathenow: Modellaufbau und -validierung, Stand Juni 2018.

WSD-WSA-NABU: Protokoll vom 19.05.2009.