



Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung



Von der Europäischen Union kofinanziert  
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Donauausbau Straubing-Vilshofen

Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau  
zwischen Straubing und Vilshofen – 2007-DE-18050-S

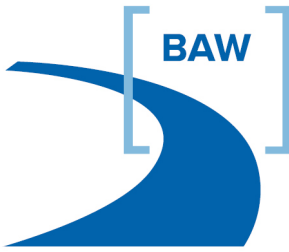
Abschlussberichte – B.II. Bericht zur Variante A

**Anlage II.7      Flussmorphologische Untersuchungen auf der  
Grundlage des 1D-Feststofftransportmodells  
(Bundesanstalt für Wasserbau)**

---

Hinweise:

1. Die Durchführung der Untersuchungen und die Erstellung der Berichte wurden von der EU finanziell unterstützt.
2. Die Ausführungen in den Berichten und deren Anlagen binden nur die jeweiligen Verfasser, nicht aber die Europäische Kommission, die auch nicht für die weitere Nutzung der darin enthaltenen Informationen haftet.



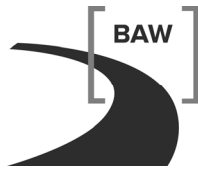
**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**EU-Studie zum Donauausbau  
Straubing - Vilshofen**

**Flussmorphologische Untersuchungen  
auf Grundlage des  
1D-Feststofftransportmodells  
- Variante A -**

**A39530210127-12**





**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**EU-Studie zum Donauausbau  
Straubing - Vilshofen**

**Flussmorphologische Untersuchungen  
auf Grundlage des  
1D-Feststofftransportmodells  
- Variante A -**

Auftraggeber: Bundesrepublik Deutschland,  
vertreten durch die Rhein-Main-Donau AG,  
diese vertreten durch die RMD Wasserstraßen GmbH

Auftrag vom: 16.06.2010  
RMD-Maßnahme 4201 5201 6201  
RMD-Auftrag: 85 000 037

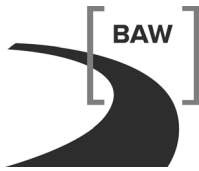
Auftrags-Nr.: BAW-Nr. A39530210127-12

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Binnenbereich  
Referat: W2  
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Jürgen Kellermann

Karlsruhe, 15.11.2012

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.





## Zusammenfassung

In diesem Bericht werden die Modellerstellungen und Berechnungsergebnisse verschiedener Modelle der Variante A zu flussmorphologischen Langzeitsimulationen mit dem 1D-FTM dargestellt.

In einer ersten Phase sind die Berechnungen aus einer vereinfachten Modellierung mit Herstelltiefen von 2,15 m bis 2,35 m (entspricht Fahrrinntiefen 2,00 m bis 2,20 m) vergleichend gegenübergestellt. Dabei zeigte sich, dass unter Berücksichtigung von Sohlintiefungen, Unterhaltungsaufwand und Wasserspiegelveränderungen bei Abflüssen des RNW, MW sowie HNN ( $Q_{RNW}$ ,  $Q_{MW}$ ,  $Q_{HNN}$ ) eine Herstellungstiefe von 2,35 m für die weitere Optimierung aus morphologischer Sicht eine ausreichende Sohlstabilität aufweist, wenn der Geschiebeeintrag an der Isarmündung geringfügig erhöht wird. Im Rahmen einer Besprechung vom 30.07.2010 in der BAW zwischen der RMD, WSD Süd, dem Ing.-Büro Hunziker, Zarn und Partner sowie der BAW wurde diese Fahrrinntiefe als weiter zu untersuchende Variante ohne Staustufe festgelegt.

In der zweiten Phase wurden zur Überprüfung der Sohlstabilität Weiterentwicklungen hinsichtlich der Dimensionierung der Bauwerke und der Fahrrinnenlage integriert. Darüber hinaus wurde das noch ausstehende Hochwasserschutzkonzept übernommen und das Modell auf die Straubinger Schleife erweitert. Weitere Verbesserungen der Simulationstechnik, wie z.B. die Berücksichtigung des künftigen RNW in der Modellierung der Fahrrinnenunterhaltung und eine verfeinerte Differenzenbetrachtung, fanden ebenfalls Eingang in die Untersuchungen.

Um die mit Baumaßnahmen verbundenen Wasserspiegeländerungen zu begrenzen und Geschiebedefizite in der Strecke auszugleichen, wurden Geschiebezugaben an den wesentlichen Stellen in das Modell integriert. Da die Schubspannungen der Variante A sich nicht wesentlich von denen des IST-Zustandes unterscheiden, entstehen diesbezüglich keine wesentlichen Abweichungen zum Vergleichsszenario.

Die Berechnungen zur Variante A haben die Machbarkeit dieser Variante mit einer Fahrrinntiefe von 2,20 m aus morphologischer Sicht nachgewiesen. Das Unterhaltungskonzept unterscheidet sich in der Art nicht wesentlich von Maßnahmen, die rechnerisch in der Kalibrierung ergriffen wurden. Die resultierenden Wasserspiegeländerungen sind mit max.  $\pm 0,1$  m moderat. Jedoch ist in der Strecke die Morphodynamik unvermindert hoch und bedingt dem Jahressgang entsprechende Sohlfluktuationen.



## Inhaltsverzeichnis

## Seite

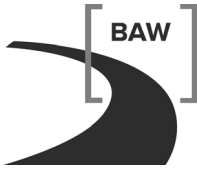
	Glossar	1
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	5
2	Verwendete Unterlagen	7
3	Vorgehensweise	9
4	Grundzüge der Aufbereitung der Varianten A*	11
4.1	Allgemeines	11
4.2	Ausgangsgeometrie	11
4.3	Modellierung der Isarmündung	12
5	Ergebnisse der Langzeitmodellierungen der Varianten A*, Phase 1	15
5.1	Jahresgeschiebefrachten	15
5.2	Sohlhöhenänderungen	16
5.3	Wasserspiegeländerungen	18
6	Grundzüge der Aufbereitung der Variante A, Phase 2	21
6.1	Allgemeines	21
6.2	Geometrische Anpassungen der Bauwerke	23
6.3	Modellierung der Isarmündung in der Phase 2	23
7	Ergebnisse der Langzeitmodellierungen der Varianten A, Phase 2	25
7.1	Jahresgeschiebefrachten	25
7.2	Sohlhöhenänderungen	26
7.3	Wasserspiegeländerungen	27
7.4	Sensitivitätsbetrachtungen	28
7.4.1	Ergebnisse der Variante A mit variiertem Geschiebezugabe	28
7.4.2	Einfluss der Ganglinie auf die Berechnungsergebnisse	31
7.5	Mittelung der Ergebnisse	34
8	Geschiebewirtschaftung	37
8.1	Allgemeines	37
8.2	Straubinger Schleife	37
8.3	Straubing bis Isarmündung	38
8.4	Isarmündung bis Hofkirchen	39



## Bildverzeichnis

## Seite

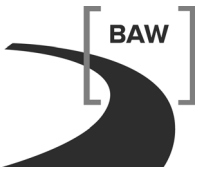
Bild 1: Lageplan der Baumaßnahmen der Variante A im Bereich der Isarmündung nach [B5]	13
Bild 2: Modellierung des Isarschüttkegel in Variante A* am Beispiel des Donau-km 2281,4 (in der Darstellung gekürztes rechtes Vorland)	14
Bild 3: Vergleich der mittleren Jahresgeschiebefrachten einer 25-jährigen Simulation der Varianten A* mit Fahrrinntiefen von 2,0 m, 2,1 m und 2,2 m	15
Bild 4: Vergleich der Sohlhöhenänderungen einer 25-jährigen Simulation aller Untersuchungsvarianten (querprofilscharf sowie als gleitendes Mittel über einen Kilometer)	16
Bild 5: Sohlhöhenänderung der Variante A* mit einer Fahrrinntiefe von 2,20 m in 5-Jahresintervallen	18
Bild 6: Vergleich der berechneten Wasserspiegeländerungen bezogen auf den Herstellungs-zustand bei $Q_{RNW}$ einer 25-jährigen Simulation aller Untersuchungsvarianten	19
Bild 7: Übersicht Straubinger Schleife mit Fehlkilometrierungen	21
Bild 8: Mittlere Jahresgeschiebefrachten der Variante A	25
Bild 9: Sohlhöhenänderungen des morphologischen Nachlaufs der Variante A	26
Bild 10: Rechnerische Wasserspiegeländerung aus morphologischem Nachlauf, Variante A bei $Q_{RNW}$ , $Q_{MW}$ und $Q_{HNN}$	27
Bild 11: Vergleich der mittleren Jahresgeschiebefrachten des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Geschiebezugaben an der Isarmündung	28
Bild 12: Vergleich der Sohlhöhenänderungen des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Geschiebezugaben an der Isarmündung im Vergleich zu mittleren Verhältnissen	29
Bild 13: Vergleich der Wasserspiegeldifferenzen bei $Q_{RNW}$ der Variante A bei unterschiedlichen Geschiebezugaben an der Isarmündung	30
Bild 14: Vergleich der mittleren Jahresgeschiebefrachten des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Ganglinien	31
Bild 15: Vergleich der Sohlhöhenänderungen des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Ganglinien	32
Bild 16: Vergleich der Wasserspiegeldifferenzen bei $Q_{RNW}$ nach 25 Jahren bei unterschiedlichen Ganglinien im Vergleich zur Bezugsvariante	34
Bild 17: Mittelung der Wasserspiegeldifferenzen aus drei Ganglinien für alle relevanten Abflüsse nach 25 Jahren	35



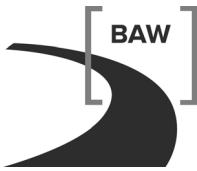
## **Tabellenverzeichnis**

## **Seite**

Tabelle 1:	Übersicht der zu untersuchenden Fahrrinntiefen in Phase 1	6
Tabelle 2:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Sohlhöhenänderungen aus Sensitivitätsbetrachtungen der Ganglinie bezogen auf die Bezugsvariante	33

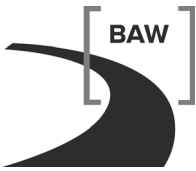


Bundesanstalt für Wasserbau  
EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen  
Flussmorphologische Untersuchungen auf Grundlage des  
1D-Feststofftransportmodells - Variante A -  
BAW-Nr. A39530210127-12 – November 2012

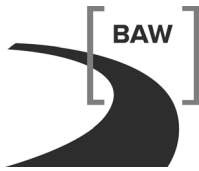


## Glossar

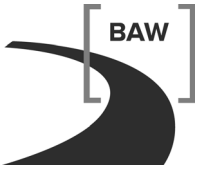
Abladetiefe	Derjenige Schiffstiefgang, der am betrachteten Binnenschiff an der diesbezüglich ungünstigsten Stelle im Ruhewasser auftritt. Die Summe aus Squat (fahrdynamisches Einsinken) und Abladetiefe (statischer Tiefgang) ergibt die Tauchtiefe
Abschnitt OSI	Donaustrecke mit Fahrrinnenunterhaltung <u>o</u> ber <u>s</u> trom der <u>I</u> sar von Straubing bis Isarmündung, Do-km 2319,3 bis 2281,7
Abschnitt USI	Donaustrecke mit Fahrrinnenunterhaltung <u>u</u> nter <u>s</u> trom der <u>I</u> sar von Isarmündung bis Vilshofen, Do-km 2281,7 bis 2249,3
Baggerintervall	Zeitraum zwischen turnusmäßigen Überprüfungen der Fahrrinntiefe bei der 2D-FT-Modellierung, bei Mindertiefen wird eine Baggerung ausgelöst
Baggermenge [m <sup>3</sup> ]	Volumen, das im 2D-FTM der Sohle im Rahmen einer Unterhaltungsbaggerung entnommen wurde
Baggersohle [m+NN]	RNW <sub>künftig</sub> minus Herstelltiefe
Baggertiefe [m]	siehe Herstelltiefe
Baggertoleranz [m]	Maßtoleranz zum Erreichen der Herstelltiefe
Bezugswasserspiegel [m+NN]	Bezugshorizont für die Herstellung und Unterhaltung der Fahrrinntiefe, hier RNW
DGM	Digitales Geländemodell
Fahrrinntiefe, FT [m]	Solltiefe der Fahrrinne unter dem Bezugswasserspiegel
Flottwasser [m]	Abstand zwischen Schiffsboden in Fahrt und der höchsten maßgebenden Erhebung der Sohle
FTM	Feststofftransportmodell
Herstelltiefe, HT [m]	Tiefe, die (bezogen auf Bezugswasserspiegel) bei der Baggerung hergestellt wird (= Fahrrinntiefe + Tiefenreserve + Baggertoleranz + Unebenheit)



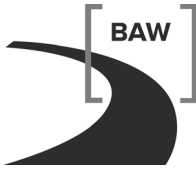
Herstellzustand	Bezeichnet die Gewässertopographie nach Umsetzung der geplanten Sohlsicherungs- und Regelungsmaßnahmen inkl. der notwendigen Fahrrinnenbaggerungen unter dem Bezugswasserspiegel
HNN [m+NN]	„Haut Niveau Navigable“; festgelegter Wasserstand, dessen Abfluss an 1% der Tage der Jahresreihe 1961/1990 erreicht oder überschritten wurde (Verf. WSD Süd M/T3-221.3/8I vom 25.03.1998)
IST-Zustand	Modelltechnische Beschreibung von Geometrie, Kornzusammensetzungen und Landnutzung für den Zustand 2005
Modell OSI	2D-FTM <u>o</u> ber <u>s</u> trom der <u>I</u> sarmündung der Teilstrecke von Do- km 2313,3 bis 2290,8
Modell USI	2D-FTM <u>u</u> nter <u>s</u> trom der <u>I</u> sarmündung der Teilstrecke von Do- km 2268,6 bis 2256,6
Morphologischer Nachlauf	Die mit dem 1D-FTM prognostizierten Veränderungen physikalischer Größen (Wasserstand, Sohlhöhen) zwischen dem Herstellzustand und dem Zustand nach Simulation eines 25-jährigen Zeitraums
$MQ_{97}$ [m <sup>3</sup> /s]	Siehe $Q_{MW}$
MW [m+NN]	Mittelwasser; Wasserstand, dessen Abfluss dem mittleren Abfluss der langjährigen Jahresreihe 1961 bis 1990 entspricht
$MW_{ROV}$ [m+NN]	Rechnerische Wasserspiegellage aus dem ROV bei Abfluss des MW
OSI	<u>O</u> ber <u>s</u> trom der <u>I</u> sarmündung
$Q_{HNN}$ [m <sup>3</sup> /s]	Abfluss zum HNN $Q_{HNN} = 1375/ 1765$ m <sup>3</sup> /s (oberstrom/unterstrom der Isarmündung)
$Q_{MW}$ [m <sup>3</sup> /s]	Abfluss zum MW $Q_{MW} = 463/ 642$ m <sup>3</sup> /s (oberstrom/unterstrom der Isarmündung)
$Q_{RNW}$ [m <sup>3</sup> /s]	Abfluss zum RNW $Q_{RNW} = 211/ 324$ m <sup>3</sup> /s (oberstrom/unterstrom der Isarmündung)



Q bei HNN <sub>97</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Siehe Q <sub>HNN</sub>
Reale Baggermengen [m <sup>3</sup> ]	Historische Baggermengen nach Angaben des WSA Regensburg
RNQ <sub>97</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Siehe Q <sub>RNW</sub>
RNW <sub>97</sub> [m+NN]	„Regulierungsniederwasserstand“; Wasserstand, dessen Abfluss an 94% der Tage einer langjährigen Jahresreihe (hier 1961/1990) erreicht oder überschritten wurde (Verf. WSD Süd T3-221.3/8l vom 25.03.1998).
RNW <sub>künftig</sub> [m+NN]	Rechnerische Wasserspiegellage bei Abfluss des RNW <sub>97</sub> im Herstellzustand
RNW <sub>ROV</sub> [m+NN]	Rechnerische Wasserspiegellage bei Abfluss des RNW <sub>97</sub> aus dem ROV
ROV	Raumordnungsverfahren für den Donauausbau zwischen Straubing und Vilshofen (2006 abgeschlossen)
Tiefenreserve [m]	Bei Herstellung der Fahrrinne über die Solltiefe hinausgehende Baggerung, um eine praxisgerechte Unterhaltung der Fahrrinne rechnerisch zu gewährleisten
Unebenheit [m]	Rechnerische Größe zur Berücksichtigung von Sohlfluktuationen
Unterhaltungsbaggerung	Im 1D- und 2D-FTM turnusmäßig modellierte Baggerung zur Unterhaltung der Fahrrinne
USI	<u>U</u> nter <u>s</u> trom der <u>I</u> sarmündung
Variante A*	Ausbauvariante A gemäß ROV
Variante A	Weiterentwickelte Variante A* mit einer Herstelltiefe von 2,35/ 2,40/ 2,55 m (oberstrom der Isarmündung/unterstrom der Isarmündung/Felsstrecke)
Variante C/C <sub>2,80</sub> *	Ausbauvariante C gemäß ROV
Variante C <sub>2,80</sub>	Weiterentwickelte Variante C/C <sub>2,80</sub> * mit einer Herstelltiefe von 2,80/ 2,85/ 3,00 m (oberstrom der Isarmündung/unterstrom der Isarmündung/Felsstrecke)



Vertiefte Untersuchungen	Untersuchungen zum Raumordnungsverfahren für den Donauausbau (hier: Untersuchungen der BAW, 1997 - 2001)
Vergleichsszenario	Prognostische instationäre Berechnung ausgehend von der Geometrie des IST-Zustands



## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im August 2007 beantragte die Bundesrepublik Deutschland eine Förderung der Maßnahme „Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau zwischen Straubing und Vilshofen“ durch die EU, die mit Datum vom 19.11.2008 gewährt wurde. Ziel dieser EU-Studie ist die Erstellung von planfeststellungsreifen Unterlagen für den Ausbau der Donau für die Variante A auf Basis von flussregelnden Maßnahmen und für die Variante C mit einer Stützschwelle bei Aicha. Grundlage für die Arbeiten bildeten die Ergebnisse der „Vertieften Untersuchungen“ aus den Jahren 1997 bis 2000 und die für das Raumordnungsverfahren aus dem Jahr 2004 erstellten Ausarbeitungen.

Im Rahmen der Aktivität 3 „Flussmorphologische Untersuchungen“ wurde die BAW am 16.06.2010 von der Rhein-Main-Donau Wasserstraßen GmbH beauftragt, flussmorphologische Untersuchungen durchzuführen. Ein Teilaspekt umfasst hierbei die Erarbeitung eines Geschiebemanagementkonzepts zur Stabilisierung der Sohle mit zugehörigen Zugabestellen sowie die Wirkung der langfristigen Sohlhöhenänderungen auf Wasserspiegel ("morphologischer Nachlauf") zwischen Abflüssen bei Niedrigwasser und dem höchsten schiffbaren Wasserstand (HNN) unter Berücksichtigung von Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen. Für diese Teilaufgaben wurde ein eindimensionales Feststofftransportmodell (1D-FTM) erstellt und betrieben.

In diesem Bericht werden die Aufbereitung der Modelle sowie die Ergebnisse der Prognoseberechnungen der Varianten A\* (Phase 1) sowie der weiterentwickelten Variante A (Phase 2) beschrieben.

Auf Grund der engen zeitlichen Vorgaben, die Entscheidung über die Vorzugsvariante war mit dem Auftraggeber bis Ende Juli 2010 zu treffen, wurden die Berechnungen der ersten Phase mit vereinfachten Modellen durchgeführt. Diese Modelle sind in der Nomenklatur mit einem "\*" gekennzeichnet. Die untersuchten Fahrrinntiefen variierten für die Variante A\* von 2,00 m bis 2,20 m, entsprechend 2,15 m bis 2,35 m Herstelltiefe (Tabelle 1). Die Geometrie der Ausbauvarianten wurde entsprechend den Plänen des Raumordnungsverfahrens (ROV) ohne Berücksichtigung des Hochwasserschutzkonzeptes erstellt. Ziel der Prognoseberechnungen war es, den sich langfristig auf Grund morphologischer Einflüsse veränderten RNW zu berechnen und darzustellen. Die Ergebnisse dienten als eine Grundlage zur Entscheidung der Festlegung einer Vorzugsvariante, die in einer zweiten Phase optimiert wurde.

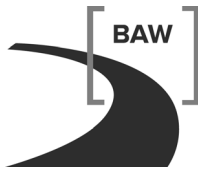


Bezeichnung	Herstelltiefe [m]	Fahrrinntiefe [m]	Bauwerke
Variante A* FT2,00	2,15	2,00	wie ROV
Variante A* FT2,10	2,25	2,10	wie ROV
Variante A* FT2,20	2,35	2,20	wie ROV

Tabelle 1: Übersicht der zu untersuchenden Fahrrinntiefen in Phase 1

In dieser zweiten Phase wurden neben Erweiterungen in der morphologischen Modellierung, das Hochwasserschutzkonzept sowie die Straubinger Schleife in das Modell übertragen und die Bauwerke u.a. hinsichtlich ihrer morphologischen Wirkung optimiert. Die Geometrie wurde aus dem DGM des dreidimensionalen hydraulischen Modells (3D-HN-Modell) übernommen. Dadurch wurde gewährleistet, dass in beiden Modelltypen die gleiche Geometrie zugrunde liegt [B3].

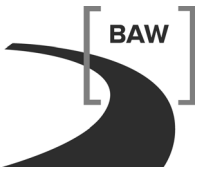
Die Ergebnisanalyse umfasst neben den zwischen Herstell- und Endzustand auftretenden Sohlhöhen- und Wasserspiegeländerungen auch Jahresgeschiebefrachten sowie ein mögliches Bewirtschaftungskonzept zur Sohlsicherung der Donau. Die Sohlsicherung wird hier als ein instationärer Prozess verstanden, der die Sohle nicht auf ein festes Niveau festlegt, sondern dynamisch in Abhängigkeit von Geschiebetransport und Abfluss variabel um einen Wert schwanken lässt. Hierzu waren die Geschiebezugaben zu optimieren.



## 2 Verwendete Unterlagen

- [B1] BAW, Ermittlung der Jahresgeschiebefrachten der Donau im Bereich Straubing-Vilshofen, BAW-Nr. A39530210127-02, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Juli 2010
- [B2] BAW, EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen, Aufbau und Kalibrierung des 1D-FTM BAW-Nr. A39530210127-03, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Juli 2012
- [B3] BAW, EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen, Hydraulische Untersuchungen auf Grundlage eines 3D-hydrnumerischen Modells, -Variante A -, BAW-Nr. A39530210127-14, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Juni 2012, Anlage B.II.8 (\*)
- [B4] Plate, E.J., Generierung von gleichzeitigen Abflussganglinien für Donau und Isar, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe, Mai 1989
- [B5] RMD, Donauausbau Straubing-Vilshofen, Vertiefte Untersuchungen, Unterlagen zum Raumordnungsverfahren, RMD Wasserstraßen GmbH, Niederlassung Regensburg, 15.11.2000

(\*) Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau zwischen Straubing und Vilshofen, RMD Wasserstraßen GmbH, München, 2012



Bundesanstalt für Wasserbau  
EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen  
Flussmorphologische Untersuchungen auf Grundlage des  
1D-Feststofftransportmodells - Variante A -  
BAW-Nr. A39530210127-12 – November 2012

### 3 Vorgehensweise

Basis für die Modellierung sind die in [B3] beschriebenen Geländemodelle. In diesen Modellen wurden je nach Untersuchungsphase die entsprechenden baulichen Veränderungen vorgesehen. Diese Geländedaten wurden in das kalibrierte Modell der Donau [B2] übernommen.

Für die Durchführung der Berechnungen ist die Wahl der Randbedingungen sowie der Modelleinstellungen von grundlegender Bedeutung. Dies sind in den Variantenuntersuchungen:

- die prognostizierten Abflussganglinien bei Straubing und an der Isarmündung,
- die Wasserstands-Abflussbeziehung bei Vilshofen,
- die Geschiebezugaben zur Sohlstabilisierung an den oberstromigen Rändern bzw. innerhalb des Modells sowie
- die Einstellungen zum Unterhaltungsmanagement.

Als hydraulische Randbedingung wurde am unterstromigen Rand (Do-km 2250,0) die Wasserstand-Abfluss-Beziehung der Kalibrierungsphase übernommen, da weitere Baumaßnahmen in der anschließenden Strecke nicht vorgesehen sind. Darüber besteht der Bereich zwischen Hofkirchen (Do-km 2258) und Vilshofen (Do-km 2250) aus Fels und ist morphologisch keinen wesentlichen Änderungen unterworfen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass in diesem Bereich i.d.R. der potentiell mögliche Geschiebetransport den Geschiebeeintrag in die Felsstrecke überschreitet. Es ist somit nur mit temporären Ablagerungen von Geschiebematerial zu rechnen.

Am oberstromigen Rand der Modelle wurden künstlich generierte Abflussganglinien verwendet. Diese Abflussganglinien sind Teil der Untersuchungsergebnisse die 1989 am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft von Prof. Plate [B4] durchgeführt wurden. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden 20 hundertjährige Abflussganglinien generiert, die eine vergleichbare statistische Charakteristik wie die zwischen 1901 und 1987 abgelaufenen Ganglinien aufweisen. U.a. wurde festgestellt, dass in diesem Zeitraum weder bei Isar- noch Donauabflüssen ein Trend nachweisbar ist. Dies wurde auch für den Prognosezeitraum angenommen. Mögliche Einflüsse aus Klimaschwankungen wurden nicht berücksichtigt.

Der Fahrrinnenkasten wird zunächst iterativ unter einem mit dem Modell ermittelten rechnerischen RNW hergestellt. Dabei wird wie für die Baggermaßnahmen (s.u.) eine Unebenheit sowie eine Tiefenreserve und Baggertoleranz von zusammen 15 cm berücksichtigt. Dies bedeutet, dass im Falle einer zu geringen Fahrrinntiefe die Sohle auf 15 cm unter dem Fahrrinnenkasten hergestellt wird. Dieser Zustand ist der s.g. "Herstellzustand". Er umfasst mithin alle baulichen Veränderungen sowie die Erstherstellung der Fahrrinne. Er dient als Vergleichszustand für die dargestellten Änderungen von Sohlhöhen und Wasserspiegel aus dem morphologischen Nachlauf.

Die ermittelten Geschiebeeinträge bei Straubing und an der Isarmündung sind als Mindestmengen zu verstehen, um die Sohle weitgehend zu stabilisieren und die Unterhaltungsmaßnahmen in Form von Baggerungen zu begrenzen. Sie sind in der späteren Phase im Anschluss an diese Untersuchungen weiter zu optimieren.

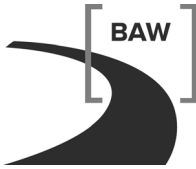
Neben den Geschiebezugaben sind die Unterhaltungsmaßnahmen für die Sohlstabilität von großer Bedeutung. Da eine Entnahme dem Ziel eines gleichmäßigen Geschiebetriebs bei stabiler Sohle teilweise entgegen spricht, wird das Baggermaterial in der Realität ganz oder teilweise an unterschiedlichen Stellen wieder zugegeben.

Die Durchführung der Baggermaßnahmen erfolgt analog der Kalibrierung [B2]. Der Fahrrinnenkasten wird in der Breite und Tiefe vorgegeben. Die Vorgabe der Tiefe erfolgt über den jeweils gültigen rechnerischen RNW, der alle 5 Jahre an die veränderte Sohle angepasst wird, und über die definierte Fahrrinntiefe unter diesem Wasserspiegel. Wird diese Fahrrinntiefe in einem Teilbereich des Querschnitts nicht erreicht, wird die Sohle in diesem Bereich auf die Herstelltiefe (Fahrrinntiefe + 15 cm) gebaggert. In der Felsstrecke im Bereich unterstrom von Do-km 2258,2 wird durch die Annahme eines wirksamen Geschiebefangs bei Hofkirchen die Herstelltiefe auf Fahrrinntiefe + 0,80 m festgelegt. Da die Sohle in diesem Bereich aus reinem Fels besteht wird von einer erhöhten Rauheit um ca. 0,0025  $s/m^{1/3}$  (Manning-Wert) ausgegangen. Die Zugabe des Baggermaterials erfolgt ebenfalls analog der Kalibrierung.

Da sich die Strecke im Jahre 2005 bereits im Erosionszustand befindet, wird sich durch eine Geschiebezugabe, die ein dynamisches Sohlgleichgewicht zum Ziel hat, das Sohlregime wieder umkehren. Die daraus resultierende Störung muss für die Interpretation aus dem Modellgebiet herausgewandert sein, um die Sohlstabilität belastbar zu beurteilen. Der längste morphologisch von anderen Teilstrecken unabhängige Bereich ist die Strecke von der Isarmündung bis zum unterstromigen Rand mit einer Länge von ca. 32 km. Mit der Ermittlung der Wandergeschwindigkeit der Störung von ca. 1,4 km/a [B2] ergeben sich daraus Simulationszeiträume von ca. 22 Jahren.

Die Erfahrung zeigt, dass Simulationen, die mit Veränderungen des Querprofils im Simulationszeitraum durch Baggerungen verbunden sind, nur eine begrenzte Prognose in die Zukunft erlauben. Sie sind umso genauer, je kürzer diese Zeiträume sind. Voraussetzung dabei ist eine angestrebte Sohlstabilität mit nur begrenzten Sohlhöhenänderungen. Somit wurde für die Prognosen ein Zeitraum von 25 Jahren gewählt.

Die Ermittlung von realistischen Baggermengen ist mit einem 1D-FTM nur begrenzt möglich, so dass im Rahmen dieses Berichts keine Baggermengen ermittelt werden.



## **4 Grundzüge der Aufbereitung der Varianten A\***

### **4.1 Allgemeines**

Die Modellerstellungen der 1D-FT-Variantenmodelle basieren auf dem kalibrierten Modell des IST-Zustands [B2] sowie dem DGM der 3D-HN-Modellierung [B3]. Aus dem DGM wurden dabei die Bauwerke, die gegenüber der Kalibrierung zu verändern waren, herausgelesen und in die Variantenmodelle übernommen.

Die Vorgehensweise zur Aufbereitung der verschiedenen 1D-FT-Modelle zur Variante A\* ist grundsätzlich identisch. Die Unterschiede sind lediglich durch die jeweiligen Fahrrinntiefen begründet.

Die Modellierungstechnik der Variantenmodelle entspricht der des kalibrierten Ist-Zustandes. Somit kann von der in der Kalibrierung ermittelten Prognosefähigkeit ausgegangen werden.

In dieser Phase der Untersuchungen des vorliegenden Berichts sind für Vergleichsbetrachtungen der Variantenrechnungen die Geschiebezugaben so einzustellen, dass möglichst eine Begrenzung der Sohlhöhenveränderungen erreicht wird. Hierzu ist ein möglichst gleichmäßiger Geschiebetransport zu realisieren. Die Geschiebezugabe bei Straubing orientiert sich an der Geschiebefrachtkapazität, wie sie sich aus den ermittelten heutigen Jahresgeschiebefrachten [B1] ergibt. Die Kornverteilung des zugegebenen Materials entspricht derjenigen aus der Kalibrierungsphase. Die Geschiebemenge wird zu ca. 15.000 m<sup>3</sup>/a gewählt.

### **4.2 Ausgangsgeometrie**

Zunächst wurden die Daten der Geländemodelle der entsprechenden 3D-HN-Modellierung, in denen die baulichen Veränderungen gemäß der Planungen zum Raumordnungsverfahren (ROV) der RMD integriert wurden, in die 1D-FT-Modellierung übertragen.

Buhnen wurden als Buhnenschatten in eine Datei geschrieben und automatisiert in das 1D-FTM übernommen. Die Buhnenkopfneigung der neuen Buhnen beträgt einheitlich 1:3. Die Neigung der Buhnenrücken beträgt 1:100. Diese Werte entsprechen denen der vertieften Untersuchungen.

Parallelwerke werden baulich im Querprofil erfasst. Dem Bereich zwischen Bauwerk und dem Ufer wird analog der Kalibrierung ein eigener Rauheitsbereich zugewiesen, der die Durchströmung steuert.

Im 1D-FTM der Kalibrierung wurden die gegenwärtigen Fahrrinnenlagen berücksichtigt. Die Lage der Fahrrinne wird für die Variantenberechnungen in Teilstrecken angepasst.

Kolkverbaumaßnahmen und Ufervorschüttungen wurden als Geometrieänderung in das Modell übernommen. Der morphologisch aktive Bereich ist bei Bedarf ebenfalls angepasst worden, damit das Deckwerk des Bauwerks nicht mehr an Sohlentwicklungen teilnimmt. Es wurden alle erforderlichen Maßnahmen des DGMs der RMD aus der ROV-Planung für das 1D-FTM übernommen. Kleinere Kolkverbaumaßnahmen, wie z.B. an Bühnenköpfen, wurden nicht übernommen, da sie in der eindimensionalen Modellierung nicht adäquat abgebildet werden können. Einzelne größere Maßnahmen wie der Kolkverbau bei Do-km 2318,5 sowie einzelne weitere Maßnahmen, die ebenfalls eine Auswirkung auf die Morphologie haben können und nicht im DGM vorhanden sind, wurden in dieser Untersuchungsphase nicht übernommen. Es wurde somit davon ausgegangen, dass das DGM eine höhere Priorität als die Planversion besitzt.

Weitere geplante Hochwasserschutzmaßnahmen wurden in der ersten Phase nicht umgesetzt. Da das 1D-FTM der Ermittlung von morphologischen Änderungen dient, kann von der Annahme ausgegangen werden, dass dies eine worst case Betrachtung ist, da auf Grund der Hochwasserschutzmaßnahmen eine Reduzierung der Sohlschubspannungen im Flussbett zu erwarten ist.

### **4.3 Modellierung der Isarmündung**

Im 1D-FTM des Ist-Zustandes wird von einem variablen Isarschüttkegel ausgegangen. Dabei wird das aktive Bett auf die Breite des Schüttkegels beschränkt und die je nach Geschiebeeintrag aus der Isar eintretenden Sohlhöhenänderungen repräsentieren die Dynamik des Schüttkegels [B2].

Im Ausbauzustand soll die hydraulische Wirkung des Schüttkegels erhalten werden. In der Planung der Varianten A\* (Bild 1) wird von einer Fahrrinnenbreite von 40 m ausgegangen. Im Bereich der Fahrrinne sind weitere Sohlschwellen zur Stabilisierung der Sohle vorgesehen. Zur Stützung der Wasserspiegel in der Donau oberstrom der Isarmündung ist im Bereich des heutigen Schüttkegels ein Parallelwerk vorgesehen, da auf Grund der zu erwartenden und teilweise auch bereits zu beobachteten Reduzierung des Geschiebeeintrags aus der Isar ein längerfristiger Abtrag des Schüttkegels zu erwarten ist.

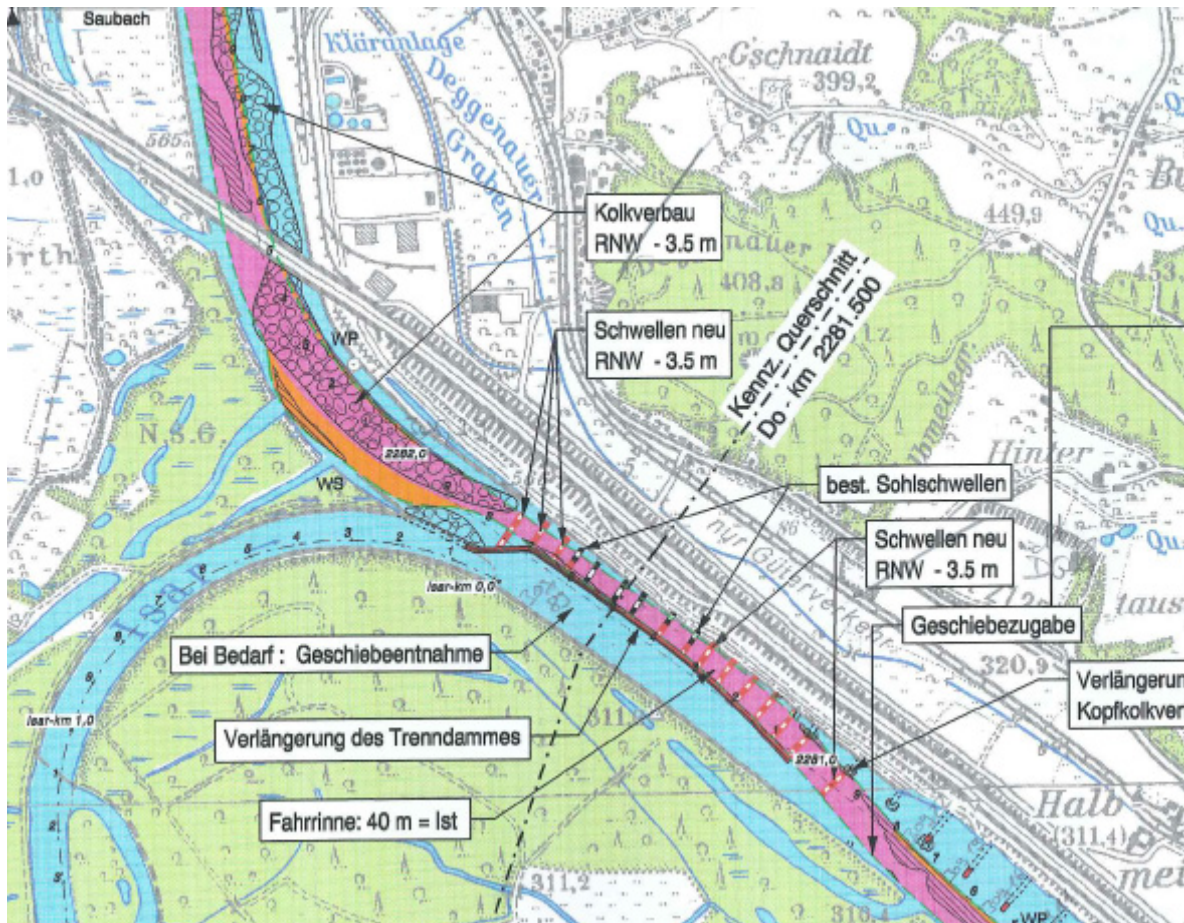


Bild 1: Lageplan der Baumaßnahmen der Variante A im Bereich der Isarmündung nach [B5]

Das Parallelwerk wurde wie in Kap. 4.2 beschrieben, abgebildet (Bild 2). Dadurch wird der Bereich des Schüttkegels hinter dem Parallelwerk einer s.g. „Uferzone“ zugewiesen und die transportwirksame Breite in den Bereich der Schwellen verlagert. Um eine Erosion in die Schwellen zu verhindern wird im Modell in diesem Bereich die Höhe des nicht erodierbaren Betts auf die Schwellenhöhe gelegt. Geschiebeeinträge aus der Isar müssten somit rechnerisch über die Sohlschwellen transportiert werden. Bei starken Einträgen aus der Isar und zeitgleichen geringen Abflüssen in der Donau ist im Modell damit zu rechnen, dass eingetragenes Material temporär im Bereich der Sohlschwellen liegen bleiben kann.

An der Isarmündung kann davon ausgegangen werden, dass ein Restgeschiebeeintrag aus der Isar vorhanden sein wird. Da dieser mit dem bestehenden Modell nicht quantifiziert werden kann und zum Zeitpunkt der Modellerstellung diesbezüglich keine Angaben der bayerischen Landesbehörden vorlagen, orientieren sich die Zugabemengen nur aus der Notwendigkeit der Sohlsicherung in der Donau. Für die Berechnungen der Varianten A\* wird bei allen untersuchten Fahrrinntiefen von einer Geschiebemenge von ca. 30.000 m<sup>3</sup>/a ausgegangen.



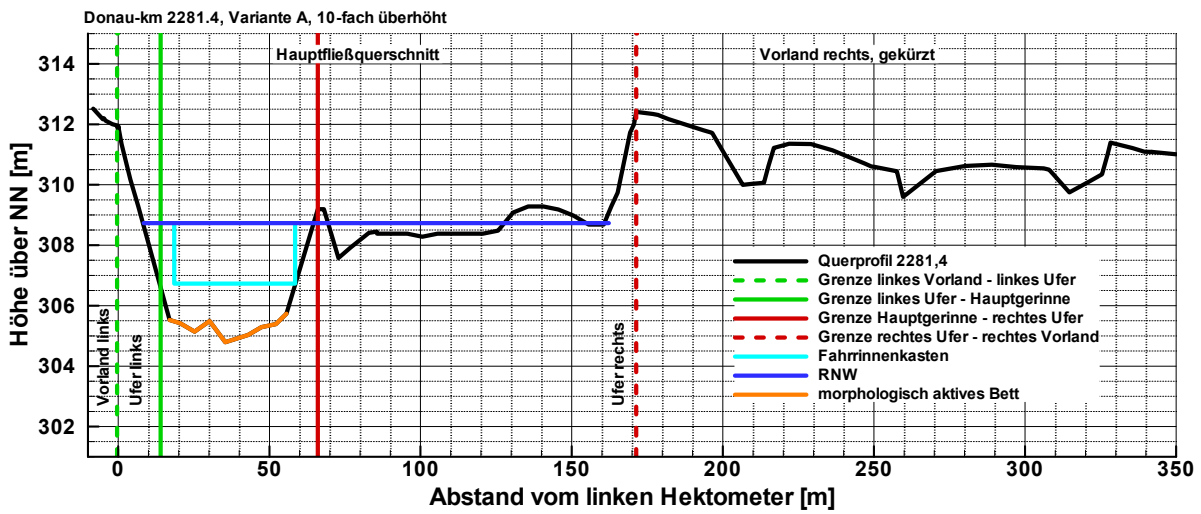


Bild 2: Modellierung des Isarschüttkegel in Variante A\* am Beispiel des Donau-km 2281,4 (in der Darstellung gekürztes rechtes Vorland)

## 5 Ergebnisse der Langzeitmodellierungen der Varianten A\*, Phase 1

### 5.1 Jahresgeschiebefrachten

In Bild 3 sind vergleichend die aus der 25-jährigen Simulation ermittelten mittleren Jahresgeschiebefrachten aller untersuchten Fahrrinntiefen gegenüber gestellt. Die Modellierung unterschiedlicher Fahrrinntiefen führt nur in Teilbereichen im Rahmen der Genauigkeiten zu relativ kleinen Veränderungen in der Jahresgeschiebefracht.

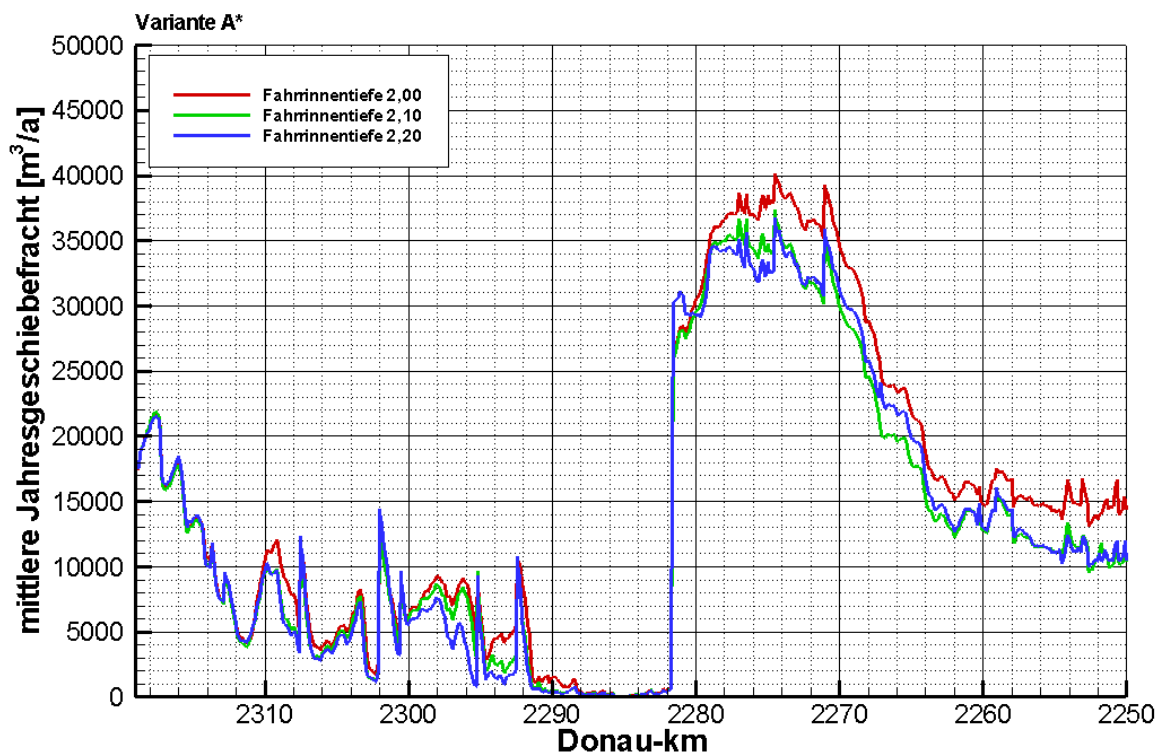


Bild 3: Vergleich der mittleren Jahresgeschiebefrachten einer 25-jährigen Simulation der Varianten A\* mit Fahrrinntiefen von 2,0 m, 2,1 m und 2,2 m

Die im Modell an diskreten Stellen, wie z.B. Do-km 2303 auftretenden Spitzen werden durch die rechnerische Berücksichtigung der Verklappung des in einem Segment gebaggerten Materials begründet (siehe auch [B2]). Sie sorgen lokal für höhere Gefälle und damit für höheren Sedimenttransport, um die durch die Verklappungen hervorgerufenen Sohlaufhöhungen abzubauen.

Für die vergleichende Interpretation der Jahresgeschiebefrachten hinsichtlich morphologischer Prozesse sind die Gradienten von großer Bedeutung. Die größten Unterschiede treten

bei unterschiedlichen Fahrrinntiefen im Bereich um Do-km 2296, der Isarmündung (Do-km 2281,7) und zwischen Do-km 2278 und Do-km 2274 auf. Vor dem Hintergrund erheblicher Schwankungen in den Naturmessungen bezüglich Kornverteilungen, Geschiebetransport und Sohlhöhen einerseits und eindimensionaler Modellierungstechnik andererseits sind die Auswirkungen solcher Schwankungsbreiten gering. Durch die wechselseitige hohe Sensitivität der Kornverteilungen bei Geschiebetransport mit geringen Überschusschubspannungen ist davon auszugehen, dass sich nicht an jeder Stelle des Modells eine eindeutige Reihung der Sohlhöhenänderungen in Abhängigkeit der Fahrrinntiefe ergibt. Darüber hinaus sind Fahrrinnenbaggerungen bei unterschiedlichen Fahrrinntiefen in differierendem Umfang und zu unterschiedlichen Zeitpunkten erforderlich.

## 5.2 Sohlhöhenänderungen

Da die Baggermaßnahmen zur Herstellung der Sohle in den Simulationslauf eingebunden sind, wird für die Darstellung der Sohlhöhenänderungen das Bezugsniveau auf den Zustand Simulation eines zweijährigen Zeitraums festgelegt. Es kann davon ausgegangen werden, dass zu diesem Zeitpunkt die Fahrrinne weitgehend hergestellt ist.

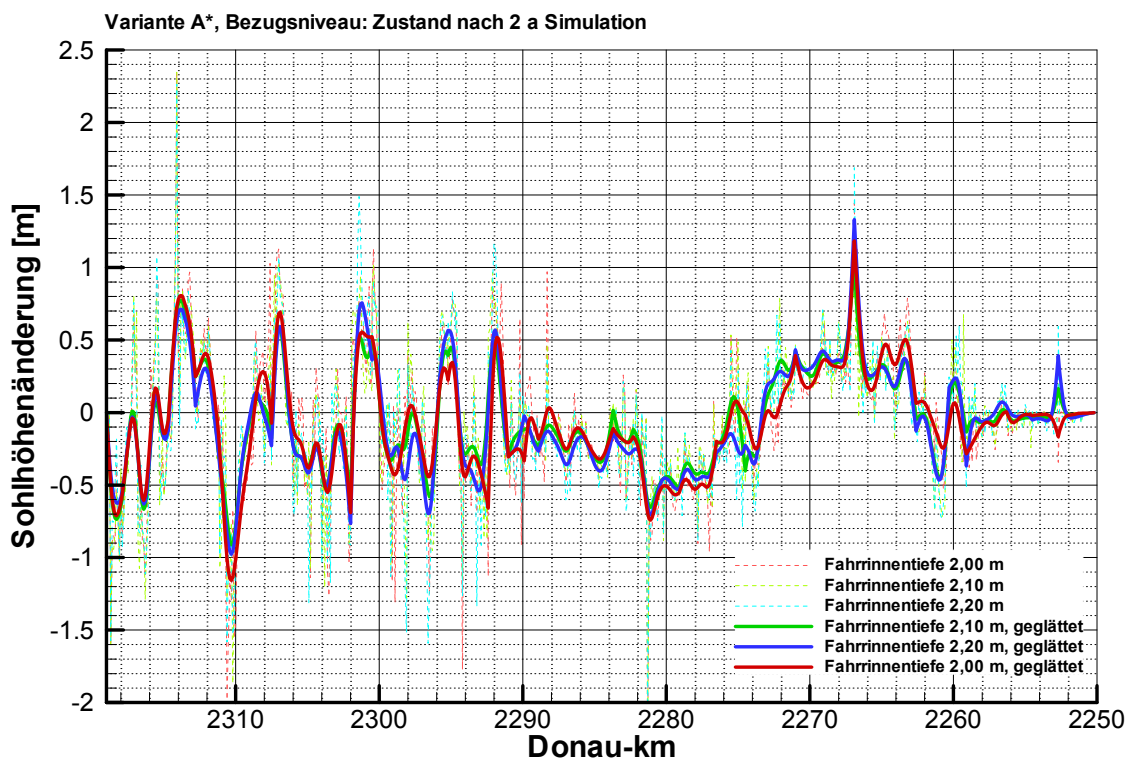


Bild 4: Vergleich der Sohlhöhenänderungen einer 25-jährigen Simulation aller Untersuchungsvarianten (querprofilscharf sowie als gleitendes Mittel über einen Kilometer)

In Bild 4 sind die ungeglätteten und geglätteten Sohlhöhenänderungen, die sich nach Simulation eines 25-jährigen Zeitraums für die untersuchten Fahrrinntiefen ergeben, dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen die für 1D-FTM üblichen Schwankungsbreiten im Längsschnitt. Sie treten insbesondere oberstrom der Isarmündung auf. Dies hat seinen Grund in der größeren rechnerischen Sensibilität dieser Strecke auf Grund der geringen Überschusschubspannungen. Deutlich erkennbar ist der im Vergleich zur Schwankungsbreite geringe Einfluss der Fahrrinntiefe auf die Sohlentwicklungen.

Die Sohlhöhenänderungen repräsentieren sowohl morphologische Prozesse als auch Maßnahmen aus Baggerung und Verklappung. Insbesondere Verklappmaßnahmen als Folge von Baggerungen sind für einige rechnerische Spitzen der Anlandungen die Ursache. Weiterhin werden Sohlhöhendifferenzen aus zeitlich diskreten Zuständen ermittelt. So kann die Sohle langfristig um einen konstanten Wert schwanken, auch wenn sie zu verschiedenen Zeitpunkten deutlich davon abweicht. Ein typisches Beispiel ist der Bereich bei Bogen um Do-km 2310. Ein leistungsfähiger Altarm kann eine deutliche Reduktion der Schubspannungen bei Hochwasser im geschiefbeführenden Hauptgerinne bewirken. Die Folge ist eine Ablagerung von Material bei Hochwasser. Bei Abflüssen, in denen der Altarm nicht oder nur wenig beaufschlagt wird, werden diese Anlandungen wieder abtransportiert oder müssen gebaggert werden. In der Natur ist aus diesem Grund an dieser Stelle eine Baggerstelle, die insbesondere nach Hochwasserereignissen kontrolliert werden muss. Diese Dynamik ist somit ebenfalls für einen Teil der Schwankungsbreiten in den Sohlhöhenänderungen verantwortlich.

Das betrifft analog auch den Bereich der Isarmündung bis etwa Do-km 2275. Da die Hydrologie der Isar und der Donau unabhängig voneinander sind, ist bei einem Hochwasser der Isar mit erhöhten Geschiebeeinträgen in die Donau zu rechnen. Wenn gleichzeitig in der Donau oberstrom der Isar relativ niedrige Abflüsse herrschen, kommt es zu Ablagerungen und der Isarschüttkegel wird größer. Dies ist eine typische Situation im Frühsommer, wenn die Isar durch Schneeschmelze geprägt ist. Im Frühjahr ist die Situation umgekehrt. Dann kann durch Schneeschmelze und Regen im Mittelgebirge die Donau relativ viel Wasser führen, während es im alpinen Raum durch tiefere Temperaturen nur zu geringen Abflüssen kommt. Der Schüttkegel wird abgetragen. Je nach Situation kann somit die Sohle im genannten Bereich teilweise höher oder auch tiefer liegen.

Unterstrom der Isarmündung kommt es in einem Teilbereich zu Eintiefungen. In Bild 5 sind exemplarisch die Sohlhöhenänderungen der Variante A\* mit einer Fahrrinntiefe von 2,20 m in Intervallen von jeweils 5 Jahren in einem Ausschnitt dargestellt. Im Bereich zwischen der Isarmündung und Do-km 2275 kommt es zu einer Eintiefung um ca. 40 cm. Das erodierte Material bleibt dann im Bereich unterstrom Do-km 2273 liegen. Da die Sohlhöhenänderungen in diesem Bereich auch im Verlauf der Simulation nahezu konstant bleiben und somit begrenzt sind, kann davon ausgegangen werden, dass der Geschiebeeintrag unterstrom der Isarmündung etwas zu gering ist. Für die Phase 2 ist im Rahmen der Weiter-

entwicklungen von einem höheren Geschiebeeintrag auszugehen. Aus zeitlichen Gründen wurde in der Phase 1 darauf verzichtet.

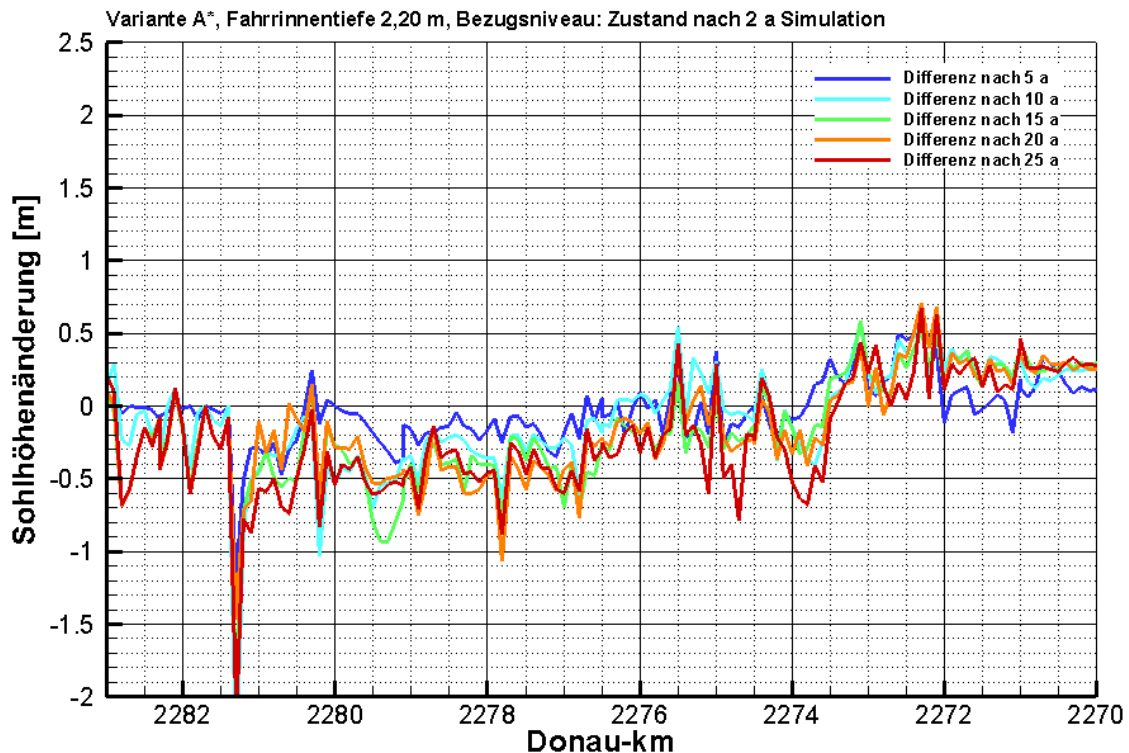


Bild 5: Sohlhöhenänderung der Variante A\* mit einer Fahrrinntiefe von 2,20 m in 5-Jahresintervallen

### 5.3 Wasserspiegelländerungen

Bild 6 zeigt die im Untersuchungsgebiet auftretenden Wasserspiegeldifferenzen bei RNW nach 25 Jahren als Folge der Sohlhöhenänderungen in Bezug auf den Zustand nach zwei Jahren Simulationszeit.

Generell lässt sich feststellen, dass sich die in Kap. 5.2 beschriebenen Effekte in den Wasserspiegellagen widerspiegeln. So sind die Sohleintiefungen unterstrom der Isarmündung und die entsprechenden Anlandungen im Bereich unterstrom Do-km 2273 auch in den Wasserspiegelländerungen zu finden. Sie betragen maximal ca. +30 cm und -40 cm. Die Wasserspiegellagenabsenkung im Bereich zwischen Do-km 2295 und der Isarmündung sind im Wesentlichen durch den Rückstauereffekt bedingt.

Im Bereich der Felsstrecke zwischen Do-km 2258 und 2250 kommt es zu geringen Eintiefungen im Wasserspiegel, da in geringem Umfang Kiesmaterial aus der Strecke ausgetragen wird. Eine noch stärkere Eintiefung ist auf Grund der Felssohle nicht zu erwarten.

Die hier ermittelten Wasserspiegeländerungen wurden, wie bereits beschrieben, durch eine vereinfachte Modellierung erzielt. In einer verfeinerten Modellierung sind prinzipbedingt geringere Differenzen zu erwarten. Dies zeigte sich in den Ergebnissen der Phase 2 (Kap. 7.3). Insgesamt lässt sich festhalten, dass auch für die Wasserspiegeländerungen kein wesentlicher Einfluss aus den Fahrrinntiefen besteht.

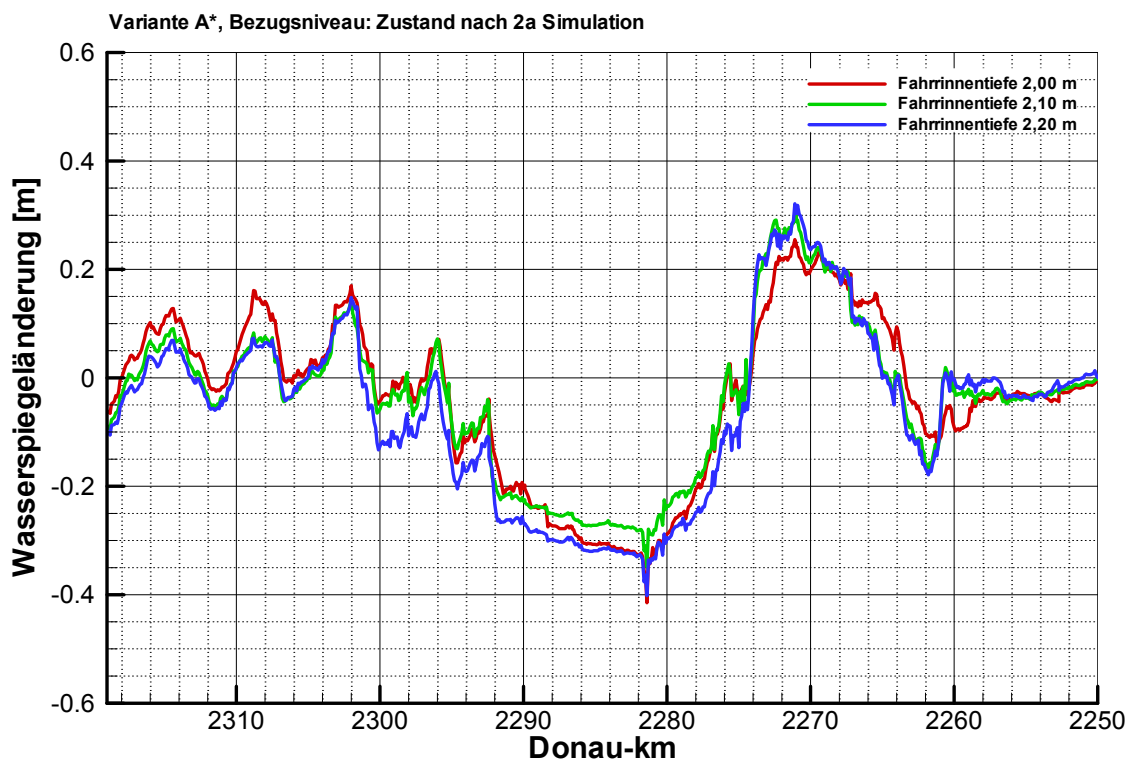
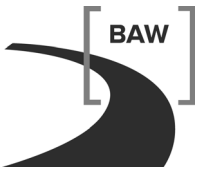


Bild 6: Vergleich der berechneten Wasserspiegeländerungen bezogen auf den Herstellungsstand bei  $Q_{RNW}$  einer 25-jährigen Simulation aller Untersuchungsvarianten



Bundesanstalt für Wasserbau  
EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen  
Flussmorphologische Untersuchungen auf Grundlage des  
1D-Feststofftransportmodells - Variante A -  
BAW-Nr. A39530210127-12 – November 2012



## 6 Grundzüge der Aufbereitung der Variante A, Phase 2

### 6.1 Allgemeines

Am Ende der Phase 1 wurde gemeinsam mit dem Auftraggeber festgelegt, dass für die weitergehende Betrachtung eine Fahrrinntiefe von 2,20 m mit einer Herstelltiefe von 2,35 m unter RNW zu verwenden ist. Aus fahrdynamischen Gründen wurde die Fahrrinntiefe im Bereich unterstrom der Isarmündung um 5 cm erhöht. Die Variante wird im Folgenden mit "Variante A" bezeichnet.



Bild 7: Übersicht Straubinger Schleife mit Fehlkilometrierungen

Für die weitergehenden Untersuchungen wurden Optimierungen sowohl in der Modelltechnik als auch in den Modellen berücksichtigt. Um die Bewirtschaftung der Straubinger Schleife zu berücksichtigen, wurde das Modell um diesen Bereich mit einer Länge von ca. 4 km ergänzt. Zu beachten ist hierbei, dass im Bereich von Do-km 2318,8 eine Fehlkilometrierung von ca. 62 m und bei Do-km 2321,4 eine Fehlkilometrierung von 5700 m vorliegt (Bild 7). Modellsei-



tig wurde die Kilometrierung der Donau übernommen, so dass es hier Bereiche gibt, an denen keine Daten vorliegen. Da die Fehlstrecke bei Do-km 2318,8 relativ klein ist, wird sie zusammenhängend dargestellt. Der Bereich zwischen Do-km 2321,4 und Do-km 2327,2 wird nicht dargestellt und als "Fehlstrecke" bezeichnet.

Des Weiteren wurde das Modell hinsichtlich der Strategie der Verklappmaßnahmen umgestellt. In Phase 1 wurden die in einem Segment gebaggerten Sedimentmengen am dem Segment folgenden Querprofil zugegeben. In der Phase 2 wurden die Baggermengen direkt dem Baggerprofil folgenden Querprofil zugegeben. Dies vermeidet größere temporäre Anlandungen in einem Querprofil.

Für den Anfangszustand der Berechnungen wurden die Sohlhöhenänderungen der Kalibrierung übernommen [B2]. Dies hat den Vorteil, dass durch die dort verwendete Vorlaufzeit von 36 Jahren bereits modellbedingte Anpassungen Eingang in die Berechnungen gefunden haben. Die Ergebnisschärfe wird durch diese Maßnahme erhöht.

Die Wasserspiegeländerungen der Variante A umfassen zwei Komponenten. Zum einen ergab sich eine Veränderung aus den Baumaßnahmen inklusive der Fahrrinnenherstellung und zum anderen aus den folgenden morphologischen Reaktionen. Für die erste Komponente werden Berechnungen des 3D-HN-Modells verwendet und für die zweite Komponente kommt das 1D-FTM zum Einsatz. Somit werden die Differenzenauswertungen des 1D-FTM nur zwischen den Zeitpunkten der vollständigen Variantenherstellung und dem Ende der Simulation durchgeführt.

Hierzu wurden zunächst die Bauwerke (Kap. 6.2) in das Modell übernommen und anschließend die Fahrrinne iterativ hergestellt. Dieses Modell bildet die Basis für die Berechnungen der geforderten Wasserspiegellagen des s.g. "Herstellzustands". Nach 25 Jahren Simulationszeit wird der s.g. "Endzustand" erreicht. Er stellt keinen Endzustand im Sinne einer unveränderlichen Sohle dar, da die Sohlstabilität auf Grund der Sohlsicherung mittels Geschiebezugabe und hydrologischen Einflüssen dynamisch ist und somit um eine Sohlhöhe schwankt. Die Differenzbildungen erfolgten zwischen diesen beiden Zuständen und werden "morphologischer Nachlauf" genannt.

Um den Effekt eines aus morphologischen Berechnungen veränderten RNW zu berücksichtigen, wurden die Berechnungen alle 5 Jahre unterbrochen und rechnerisch ein neuer RNW ermittelt, der für die folgenden 5 Jahre gültig war. Diese Frequenz entspricht in etwa der Aktualisierung des RNW durch das WSA Regensburg. Dabei wurde zur RNW-Ermittlung eine hydraulische Berechnung mit einer mit gleitendem Mittel über 11 Querprofile (1 km) geglätteten Sohlhöhenänderung durchgeführt, um örtliche "Überhöhungen" im Wasserspiegel durch modellbedingte Anlandungen zu vermeiden. Die Prüfung der Fahrrinne und die gegebenenfalls notwendige Baggerung auf Herstellniveau erfolgen in dem nun folgenden 5-Jahres-Intervall in den morphologischen Rechnungen weiterhin vierteljährlich.

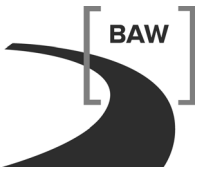
## **6.2 Geometrische Anpassungen der Bauwerke**

In der Optimierungsphase wurden die Bauwerke und die für die morphologische Modellierung relevanten Hochwasserschutzmaßnahmen aus dem DGM des 3D-HN-Modells [B3] in das Modell der Variante A übernommen. Hochwasserschutzmaßnahmen, die überwiegend Retentionsmaßnahmen darstellen, wurden nicht übernommen, da die Wasserspiegelberechnungen im 1D-FTM stationär durchgeführt werden.

## **6.3 Modellierung der Isarmündung in der Phase 2**

Die Modellierung des Geschiebeeintrags an der Isarmündung wurde für die Phase 2 angepasst. Hinweise aus den Berechnungen der Phase 1 zeigen einen etwas zu geringen Geschiebeeintrag. Er wurde auf ca. 34.000 m<sup>3</sup>/a erhöht.

Die reale Geschiebezugabe der Isar wird nach Aussage des bayerischen Landesamtes für Umwelt auf ein maximales Niveau von 20.000 m<sup>3</sup>/a durchgeführt. Somit ist in der Donau eine zusätzliche Geschiebezugabe erforderlich. Da diese durch die Modellierungstechnik hinsichtlich des Geschiebetransports nicht im Bereich des Isarschüttkegels oder in der Isar erfolgen kann, wurde die gesamte Geschiebezugabe im Bereich unterstrom des Parallelwerks angeordnet. Da die genauen Geschiebeeinträge aus der Isar nicht bekannt sind, sind die ermittelten Geschiebezugaben im Sinne des Bedarfs an Geschiebe für die Sohlsicherung in der Donau unterstrom des Isarschüttkegels zu verstehen.



Bundesanstalt für Wasserbau  
EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen  
Flussmorphologische Untersuchungen auf Grundlage des  
1D-Feststofftransportmodells - Variante A -  
BAW-Nr. A39530210127-12 – November 2012

## 7 Ergebnisse der Langzeitmodellierungen der Varianten A, Phase 2

### 7.1 Jahresgeschiebefrachten

In Bild 8 ist die mittlere Jahresgeschiebefracht über die 25 Jahre Simulationszeit abgebildet. Der erforderliche mittlere Geschiebeeintrag in die Straubinger Schleife beträgt rechnerisch 11.000 m<sup>3</sup>/a. Dieser wird oberstrom der Einmündung des Schleusenkanals bei Straubing wieder entnommen, um Verlandungen im Bereich der Fahrrinne zu vermeiden. Somit kann in diesem Bereich ein Geschiebekreislauf etabliert werden. Im Bereich unterstrom der Einmündung des Schleusenkanals wird eine Geschiebemenge ebenfalls von rund 11.000 m<sup>3</sup>/a zugegeben. Diese sorgt für Sohlstabilität in der Strecke oberstrom der Isarmündung. An der Isarmündung sind für die Sohlstabilität rund 34.000 m<sup>3</sup>/a erforderlich. Bei Hofkirchen um DOKM 2256 ist ein Geschiebefang vorgesehen, der das eintreffende Geschiebe im Umfang von ca. 10.000 m<sup>3</sup>/a zurückhält. Rechnerisch verbleiben ca. 15.000 m<sup>3</sup>/a Sedimenttransport im Fluss und werden in den Bereich der Felsstrecke eingetragen. Da das 1D-FTM nur näherungsweise die quantitative Wirkung eines Geschiebefangs abbildet, ist dies als Hinweis auf die zusätzlich erforderlichen Baggermengen am Geschiebefang zu verstehen.

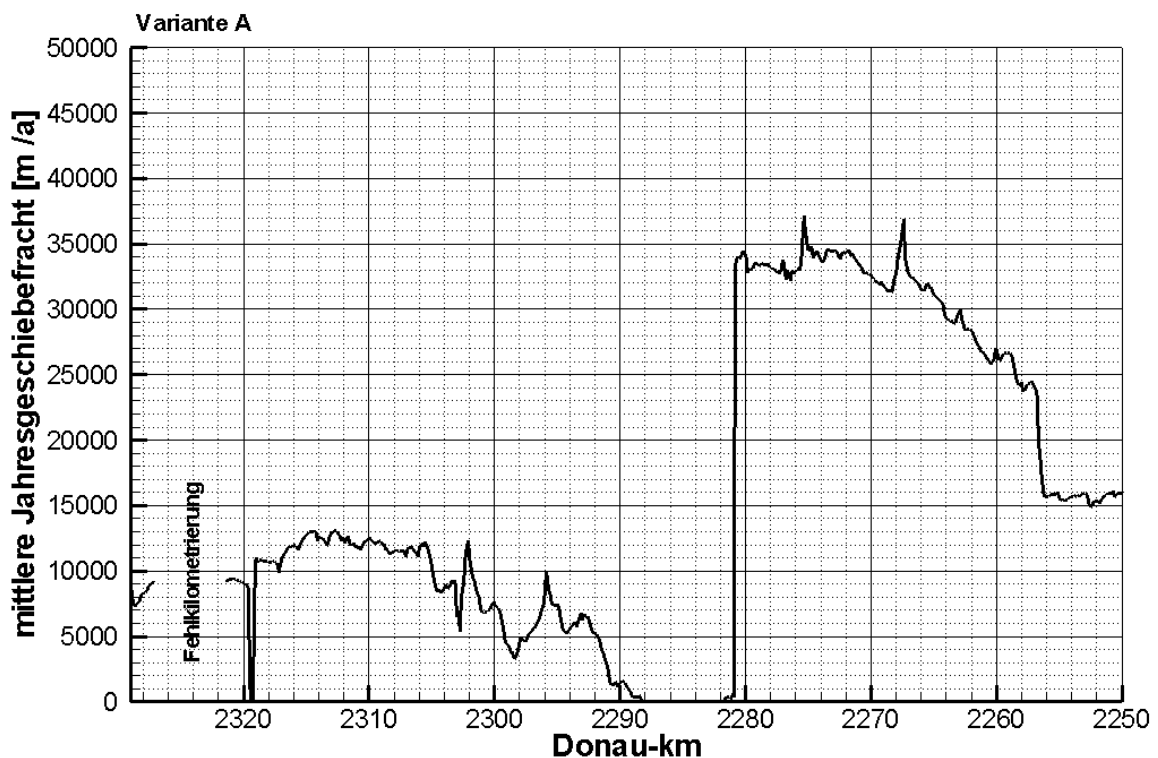


Bild 8: Mittlere Jahresgeschiebefrachten der Variante A

## 7.2 Sohlhöhenänderungen

Die Ergebnisse für die Sohlhöhenänderungen sind in den jeweiligen 5-Jahres-Berechnungsintervallen in Bild 9 dargestellt. Diese Werte beziehen sich auf den Herstellzustand, so dass hiermit nur die morphologischen Reaktionen nach einer vollständigen Herstellung der Variante A zu sehen sind. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Intervallen sind vergleichsweise gering ausgeprägt. Dies zeigt, dass durch die Geschiebezugabe die Sohle bereits sehr früh stabilisiert wird. Die Unterschiede beruhen im Wesentlichen auf hydrologischen Einflüssen sowie zu verschiedenen Zeitpunkten erforderlichen Baggermaßnahmen. Somit wird deutlich, dass die Sohlsicherung dynamisch und im Jahresgang Schwankungen unterworfen ist.

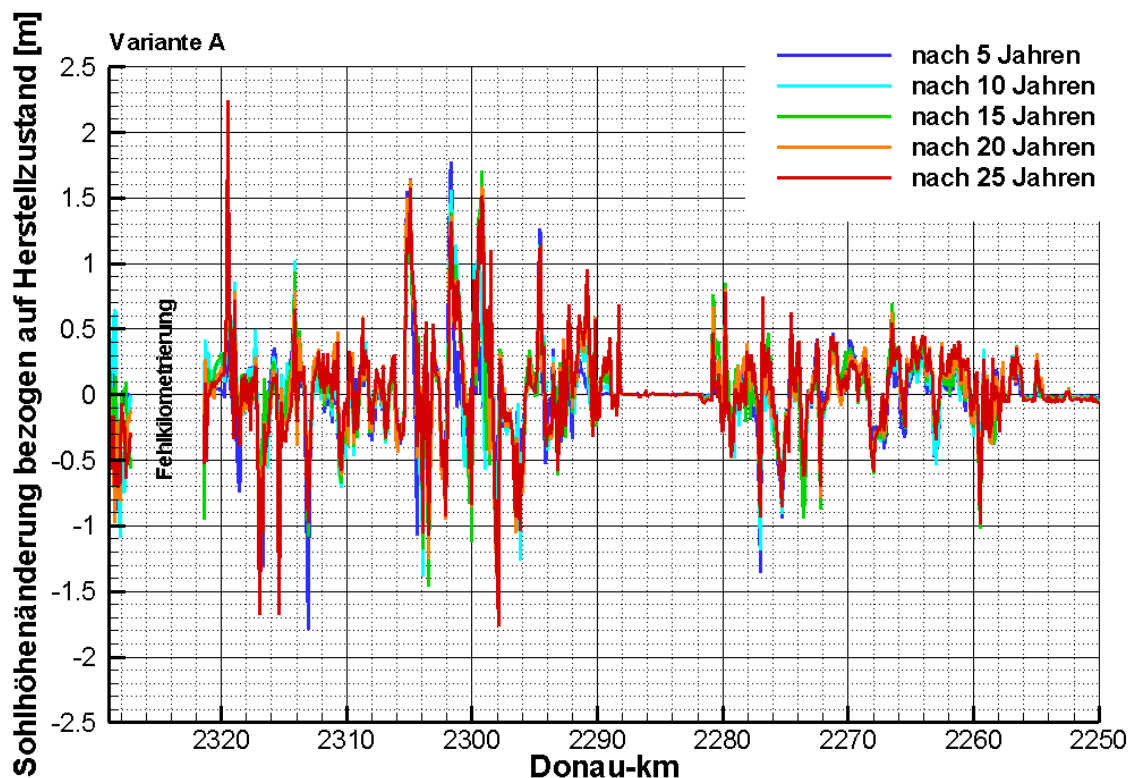


Bild 9: Sohlhöhenänderungen des morphologischen Nachlaufs der Variante A in 5-Jahresintervallen nach Herstellung (gleitender Schnitt über 1 km)

Die mittleren Sohlhöhenänderungen/Standardabweichungen betragen rechnerisch im Bereich der Straubinger Schleife (Do-km 2329 bis Do-km 2319) ca. -8,8/52 cm, im Bereich Do-km 2319 bis zur Isarmündung (Do-km 2281,7) 3,5/46 cm und im Bereich der Isarmündung bis Hofkirchen (Do-km 2258) 3,7/25 cm.

Grundsätzlich zeigen die geringen Mittelwerte, dass die Sohle im Rahmen der Berechnungsgenauigkeiten stabil ist und wie sich in Kap. 7.4.2 zeigen wird, in größerem Umfang vor allem von der Hydrologie abhängig ist.

Die Straubinger Schleife zeigt bei relativ großer Standardabweichung eine geringe Eintiefungstendenz. Sie reagiert auf Grund der Nähe zur Zugabestelle lokal sehr stark auf Geschiebeeinträge. Da diese Teilstrecke bereits heute durch Verklappmaßnahmen gestützt wird, kann eine mögliche Eintiefung der Sohle auch auf einer relativ hohen Sohlage der Ausgangspeilung beruhen. Hierüber liegen keine gesicherten Kenntnisse vor.

Die beiden Bereiche ober- und unterstrom der Isarmündung unterliegen im heutigen Zustand seit einigen Jahren der Erosion. Eine Geschiebezugabe, die sich an den Geschiebemengen für Sohlstabilität orientiert, kann daher im Ausgleich zu Beginn zu leichten Anlandungen führen. Der Bereich unterstrom von Do-km 2258 bedarf vor dem Hintergrund der Sohlstabilität keiner näheren Betrachtung, da es sich um eine Felsstrecke handelt. Somit kann rechnerisch von einer Sohlstabilität ausgegangen werden.

### 7.3 Wasserspiegeländerungen

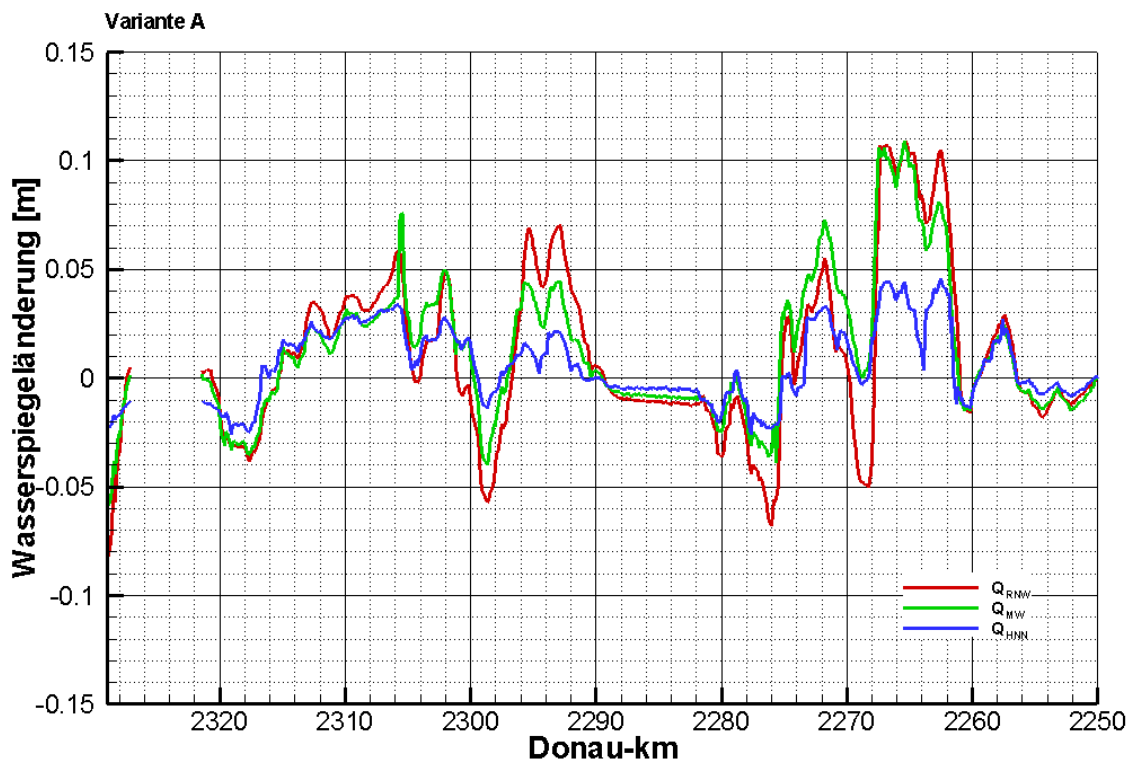


Bild 10: Rechnerische Wasserspiegeländerung aus morphologischem Nachlauf, Variante A bei  $Q_{RNW}$ ,  $Q_{MW}$  und  $Q_{HNN}$

In Bild 10 sind die rechnerischen Wasserspiegeländerungen aus morphologischen Reaktionen nach 25 Jahren Simulationszeit ("Endzustand") im Vergleich zum Herstellzustand für Abflüsse des RNW, MW und HNN dargestellt. Um eine Vergleichbarkeit von Herstellzustand und Endzustand zu erreichen, wurde die Sollfahrrinnensohle nach Beendigung der Berechnungen, analog zum Herstellzustand, noch einmal gebaggert.

Die maximalen Wasserspiegeländerungen ergeben sich dabei bei RNW zwischen ca. -8 cm und +11 cm, sind bei MW betragsmäßig tendenziell etwas geringer und betragen bei HNN ca. -3 bis +4 cm.

## 7.4 Sensitivitätsbetrachtungen

### 7.4.1 Ergebnisse der Variante A mit variiertem Geschiebezugabe

Um den Einfluss des Geschiebeeintrags an der Isarmündung zu überprüfen, wurden die gleichen Berechnungen, deren Ergebnisse in Kap. 7.1 bis 7.3 dargestellt wurden, mit einer erhöhten Geschiebezugabe von 38.000 m<sup>3</sup>/a (+11%) und einer verminderten Geschiebezugabe von 30.000 m<sup>3</sup>/a (-11%) an der Isarmündung durchgeführt.

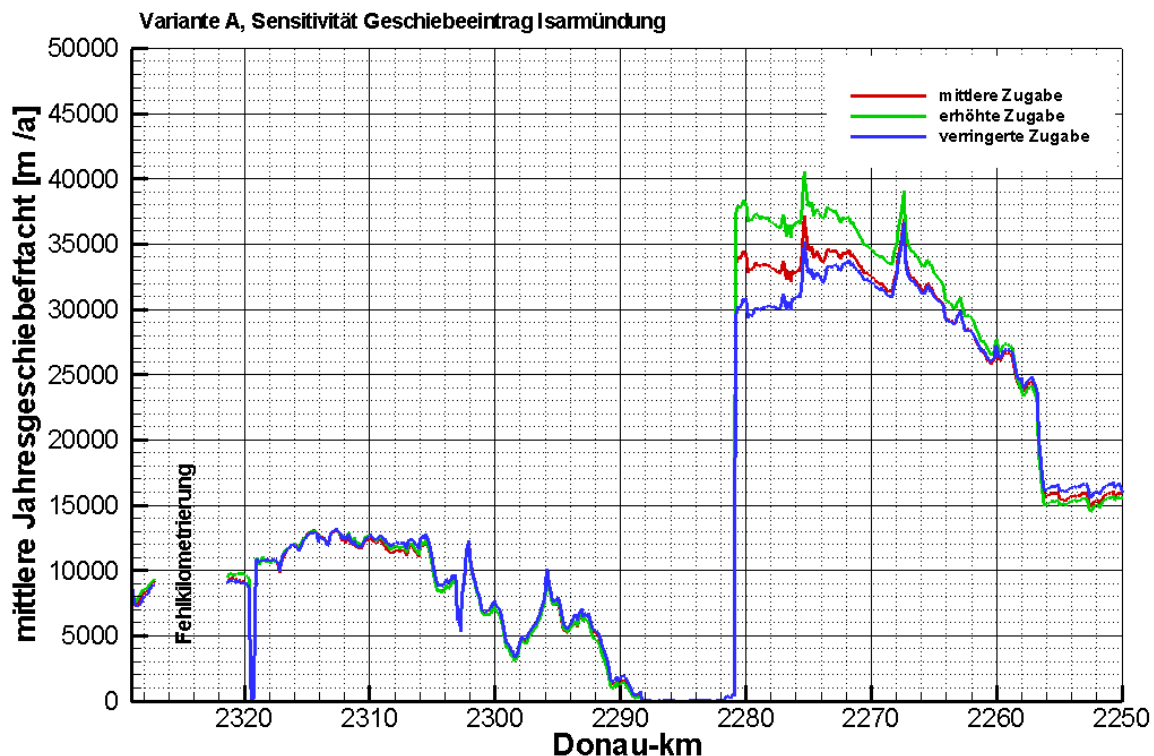


Bild 11: Vergleich der mittleren Jahresgeschiebefrachten des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Geschiebezugaben an der Isarmündung

In Bild 11 sind die unterschiedlichen mittleren Jahresgeschiebefrachten dargestellt. Deutlich ist der verringerte bzw. erhöhte Geschiebeeintrag an der Isarmündung zu erkennen. Die Reichweite der Auswirkungen ist bei Erhöhung und Absenkung der Zugabe unterschiedlich. Ein verringerter Geschiebeeintrag führt zu leichter Erosion direkt unterstrom der Isarmündung (steigende Jahresgeschiebefracht, vgl. Bild 12) und bestätigt die Ergebnisse der Phase 1 in Tendenz und Größenordnung, während eine Erhöhung der Einträge einen Anlandungsprozess auf einem größeren Abschnitt zur Folge hat. Dies ist rechnerisch auf unterschiedliche Kornverteilungen bei Anlandungs- und Erosionsprozessen zurückzuführen. Bei Anlandungen wird die Kornzusammensetzung des transportierten Materials sich im Wesentlichen aus dem von oberstrom eingetragenen Geschiebe zusammensetzen, während bei Erosionsprozessen die Kornzusammensetzung aus dem Untergrund eine wichtige Rolle spielt. Dies wirkt sich in der Transportkapazität geringfügig bis in die Felsstrecke aus.

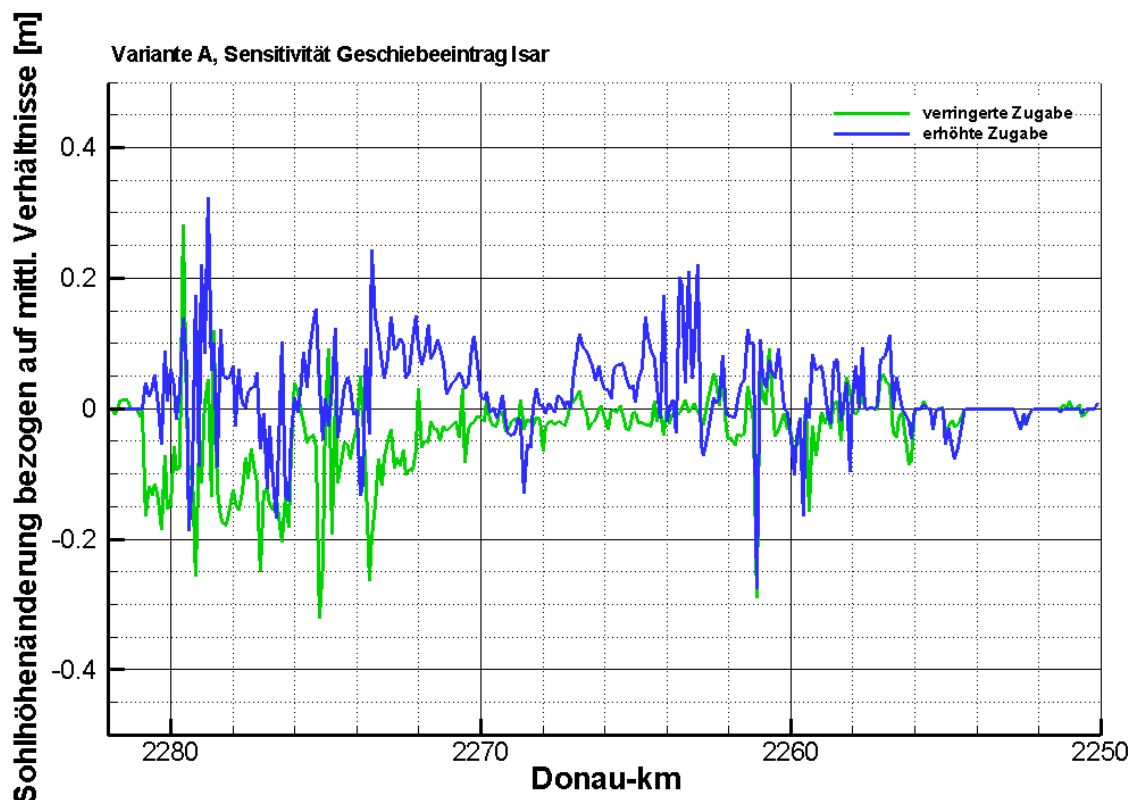


Bild 12: Vergleich der Sohlhöhenänderungen des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Geschiebezugaben an der Isarmündung im Vergleich zu mittleren Verhältnissen

Das zuvor Beschriebene lässt sich auch direkt in den Sohlhöhenänderungen erkennen und bestätigt die Aussagen. Deutlich ist zu erkennen, dass der Eintiefungsbereich im Wesentlichen den Bereich zwischen Isarmündung und Do-km 2270 umfasst, während der Anlandungsbereich bis etwa Do-km 2260 reicht.



Die Werte des Diagramms sind plausibel, da eine Verringerung der Geschiebeeinträge von ca. 4000 m<sup>3</sup>/a über 25 Jahre zu einer mittleren Sohleintiefung in einem Bereich von 12 km von ca. 7 cm führt. Bei einer Anlandung auf ca. 22 km beträgt die mittlere Aufhöhung bei näherungsweise gleicher Kubatur ca. 4 cm.

Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass, im Gegensatz zu Berechnungen bei dynamischer Sohlstabilität, eine Eintiefung bzw. Anhöhung der Sohle nach 25 Jahren noch nicht abgeschlossen sein könnte.

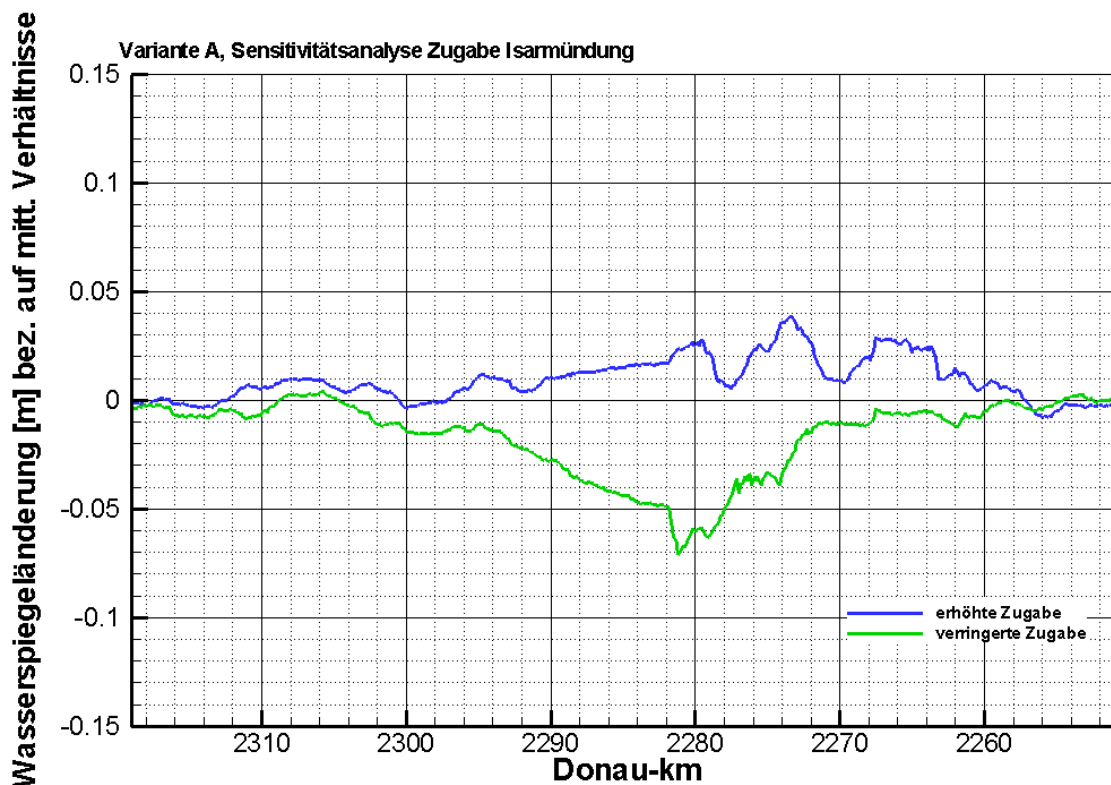


Bild 13: Vergleich der Wasserspiegeldifferenzen bei  $Q_{RNW}$  der Variante A bei unterschiedlichen Geschiebezugaben an der Isarmündung

Das Ergebnis der Wasserspiegeländerungen bei  $Q_{RNW}$  aus unterschiedlichen Zugabemengen an der Isarmündung ist, bezogen auf die Berechnungen des Bezugszustands (Zugabe von 34.000 m<sup>3</sup>/a an der Isar), in Bild 13 dargestellt. Dabei machen sich, wie bereits beschrieben, die Erhöhungen der Zugabemengen rechnerisch in einem geringeren Betrag bemerkbar, als die Eintiefungen, die örtlicher, aber dafür stärker wirken.

Festzustellen ist, dass die Wirkungen der unterschiedlichen Geschiebeeinträge von ±11 % auf den Wasserspiegel durch Rückstaueffekte auch auf einen weiten Bereich nach oberstrom der Isarmündung wirkt. Grund hierfür ist das dort herrschende geringe Gefälle.

## 7.4.2 Einfluss der Ganglinie auf die Berechnungsergebnisse

Um den Einfluss unterschiedlicher Abflussganglinien auf das Ergebnis zu untersuchen, wurden aus den in [B4] beschriebenen Abflussganglinien zwei weitere Ganglinien mit einer Simulationszeit von 25 Jahren ausgewählt, die das Spektrum im Sinne eines niedrigen und eines hohen Mittelwasserabflusses abbilden. Somit ergeben sich für die Pegel Pfelling/Hofkirchen neben einer Ganglinie mit einem mittleren Abfluss von 436/618 m<sup>3</sup>/s, mit der die zuvor beschriebenen Berechnungen durchgeführt wurden, je eine mit niedrigerem (425/602 m<sup>3</sup>/s) und höherem (468/652 m<sup>3</sup>/s) Mittelwasserabfluss. Daraus wurden die rechnerischen mittleren Jahresgeschiebefrachten ermittelt (Bild 14).

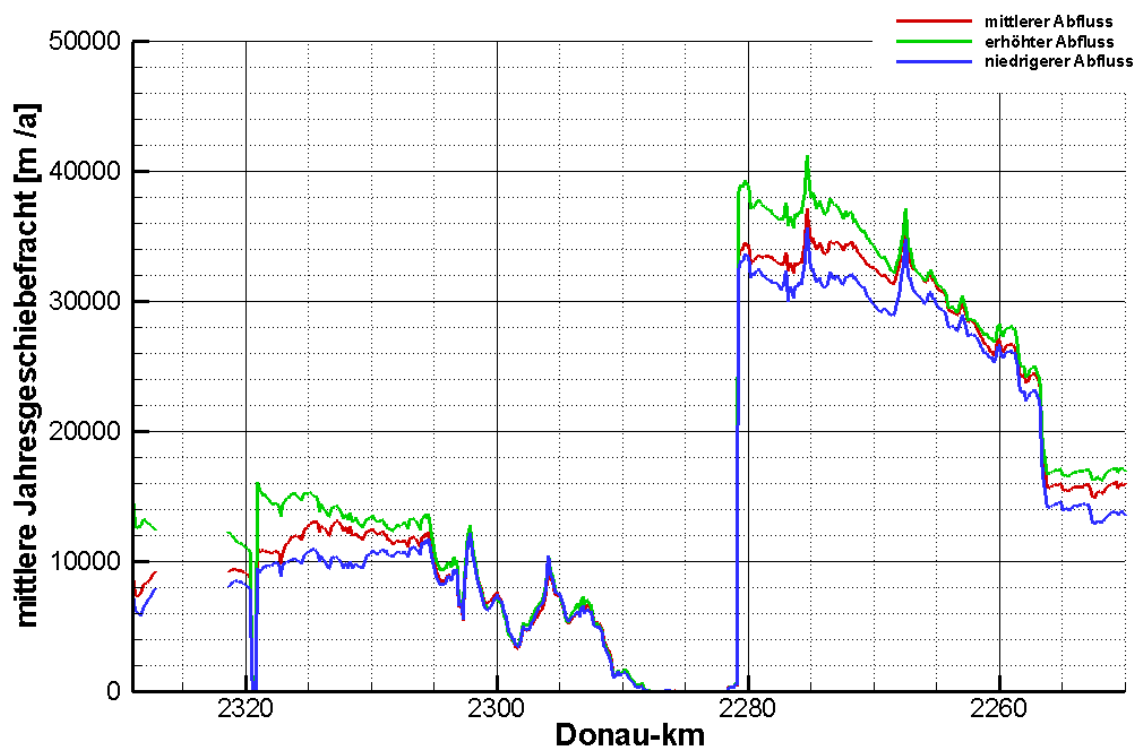


Bild 14: Vergleich der mittleren Jahresgeschiebefrachten des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Ganglinien

Gut zu erkennen ist die Auswirkung der unterschiedlichen Mittelwasserabflüsse auf den Geschiebeeintrag bei Straubing und an der Isarmündung. Die Ganglinie mit höherem Mittelwasserabfluss führt zu einem höheren Geschiebeeintrag (z.B. an der Isarmündung um ca. 4.000 m<sup>3</sup>/a) und entsprechend die Ganglinie mit niedrigerem Mittelwasserabfluss zu niedrigeren Einträgen (um ca. 1000 m<sup>3</sup>/a an der Isarmündung). Besonders die differierenden Ergebnisse im Bereich unterstrom der Isarmündung bei unterschiedlichen Ganglinien mit nahezu gleichen Geschiebeeinträgen (rote und blaue Linie) zeigen, dass nicht nur die Fülle, sondern auch das Abflussgeschehen einen erkennbaren Einfluss auf das Berechnungsergebnis hat.

Da aber die Ganglinie nicht prognostiziert werden kann, bleibt hier eine Unsicherheit bezüglich der erforderlichen Zugabemengen und damit auch der Unterhaltung bestehen. Daraus muss weiterhin gefolgert werden, dass die Geschiebezugabe immer durch das WSA Regensburg beobachtet werden muss. Die jährlichen Zugabemengen können in beträchtlichem Umfang variieren.

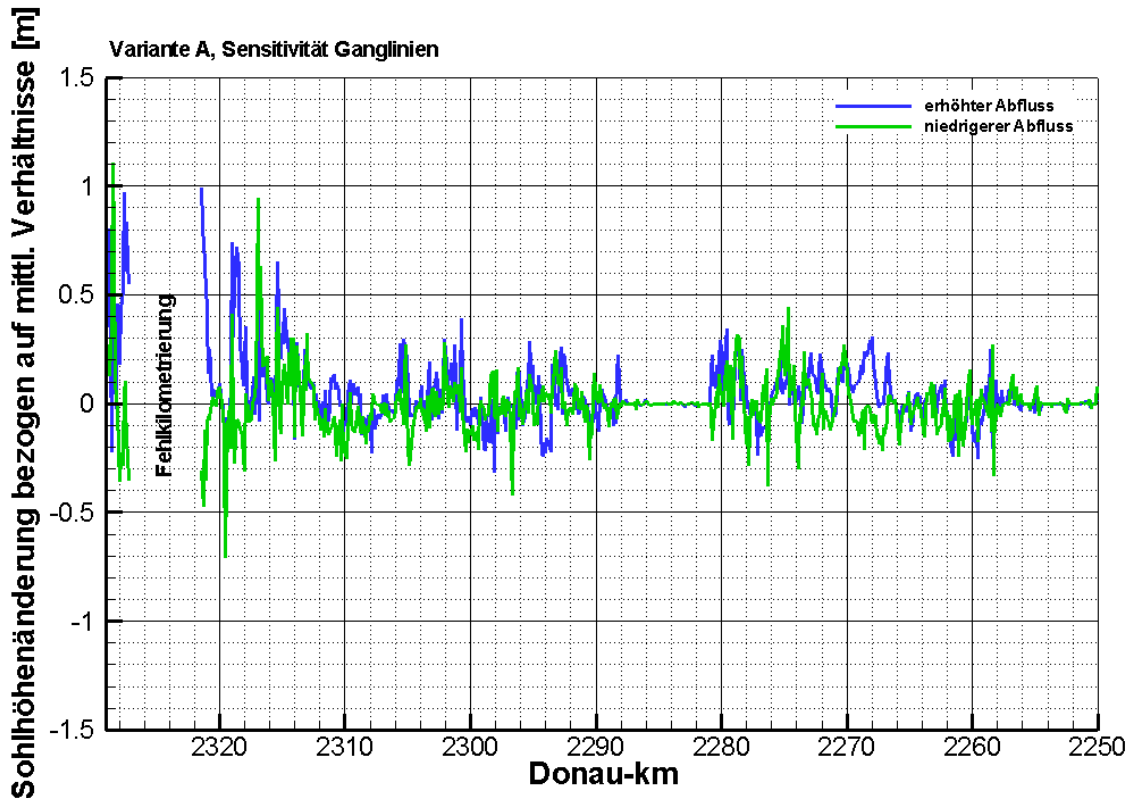


Bild 15: Vergleich der Sohlhöhenänderungen des morphologischen Nachlaufs der Variante A bei unterschiedlichen Ganglinien

Wie die Sohlen rechnerisch im Vergleich zur Sohle der Bezugsvariante auf diese veränderten Randbedingungen reagieren, zeigt Bild 15. Es ist zu erkennen, dass die Sohlhöhenänderungen im Großen und Ganzen keine wesentlichen Unterschiede zeigen. Die Mittelwerte der Abweichungen von den Ergebnissen der mittleren Ganglinie sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

	Höherer mittlerer Abfluss (Mittelwert/Standardabweichung) [m/m]	Niedrigerer mittlerer Abfluss (Mittelwert/Standardabweichung) [m/m]
Straubinger Schleife	0,285/0,329	-0,011/0,280
Straubing (Donau-km 2319) bis Isarmündung	-0,035/0,139	-0,004/0,127
Isarmündung bis Hofkirchen (Donau-km 2258)	-0,038/0,114	-0,008/0,119

Tabelle 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Sohlhöhenänderungen aus Sensitivitätsbetrachtungen der Ganglinie bezogen auf die Bezugsvariante

Außer im Bereich der Straubinger Schleife betragen die Differenzen nur wenige Millimeter bis einige Zentimeter in 25 Jahren. Dies ist ein deutliches Indiz dafür, dass die Sohlstabilität auch bei abweichenden Ganglinien erreicht wurde.

Bei der Ganglinie mit einem höheren mittleren Abfluss kommt es im Bereich der Straubinger Schleife zu relativ starken Anlandungen. Dies hat seine Ursache in dem für diesen Bereich komplexen Strömungsverhältnissen und einer Ganglinie, die im letzten Jahr der Simulation in weiten Bereichen einen relativ hohen Abfluss um  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ , aber keine sehr großen Hochwasserspitzen aufweist. Die Straubinger Schleife hat, abgesehen von Extremereignissen, die größten Schubspannungen bei Abflüssen um  $2 \cdot Q_{\text{MW}}$ . Bei höheren Abflüssen macht sich der Abschlag über das s.g. „Bschlacht“ schubspannungsmindernd bemerkbar. Dem kann bei der modellseitigen Geschiebezugabe nur begrenzt Rechnung getragen werden, so dass dadurch vergleichsweise große Einträge in diesen Bereich erfolgen. Über einen längeren Zeitraum gleicht sich dies im Mittel aus. Da jedoch im letzten Jahr der genannten Ganglinie in relativ großem Umfang Abflüsse um diesen Wert auftraten, liegt die Sohle temporär höher. Die großen Unterschiede in den Sohlhöhenänderungen sind somit ein Indiz für die Dynamik der Sohle. Im realen Fall wird man die erforderlichen Maßnahmen an die herrschenden Verhältnisse anpassen müssen.

Dies findet auch im Vergleich der Wasserspiegellagen bei  $Q_{\text{RNW}}$  in Bezug auf die Ergebnisse der mittleren Ganglinie (Bild 16) ihren Niederschlag. Danach reichen die Wasserspiegelanstiege rechnerisch bis ca. 15 cm. In der übrigen Strecke bleiben die Wasserspiegeldifferenzen unter 5 cm. Für die Ganglinie mit niedrigerem mittlerem Abfluss bleiben die Differenzen auf der ganzen Strecke unter 5 cm.

Ohne Berücksichtigung bleibt bei dieser Betrachtung, dass im Krümmungskolk der Straubinger Schleife bereits heute Tertiär ansteht und gegebenenfalls einer Sicherung bedarf.

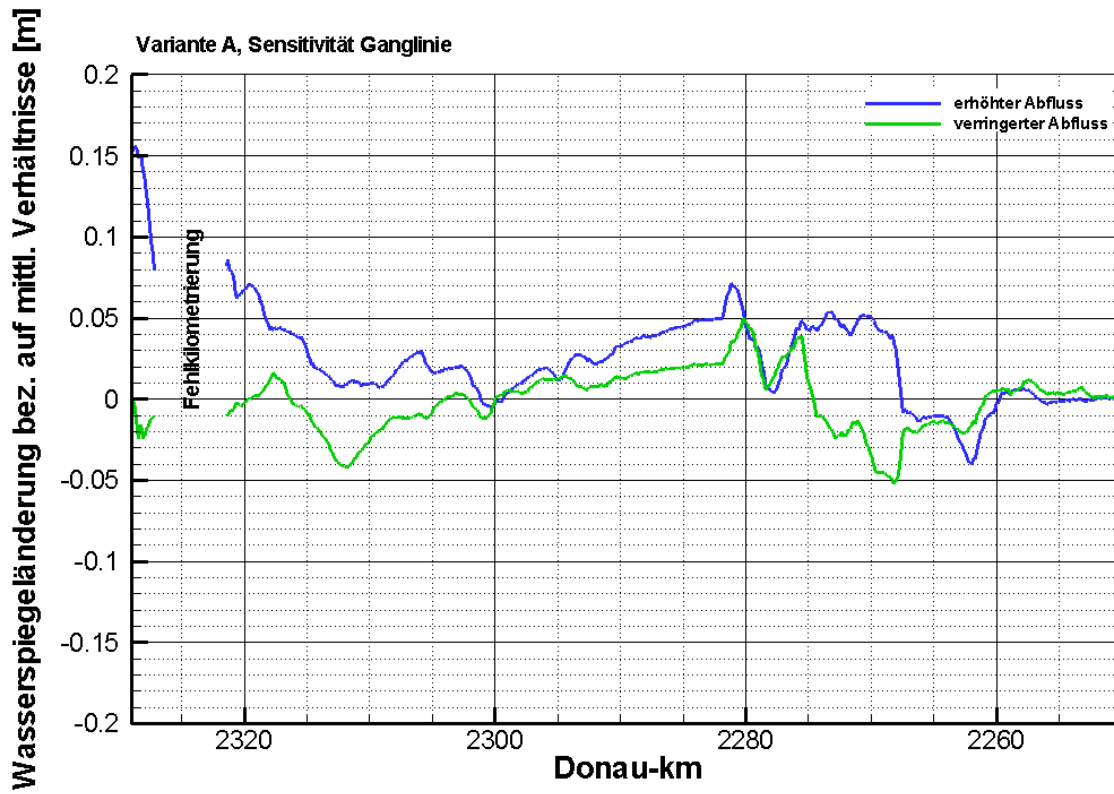


Bild 16: Vergleich der Wasserspiegeldifferenzen bei  $Q_{RNW}$  nach 25 Jahren bei unterschiedlichen Ganglinien im Vergleich zur Bezugsvariante

Abschließend lässt sich festhalten, dass der Einfluss aus der Fülle einer Ganglinie einen geringeren Einfluss auf die Wasserspiegeldifferenzen hat, als Größe und Abfolge der Abflüsse selber.

### 7.5 Mittelung der Ergebnisse

Wie zuvor gezeigt, besteht insbesondere nahe den Geschiebezugabestellen eine relativ hohe Unsicherheit bezüglich der Sohllagen. Diese sind in der Hydrologie und der Modelltechnik begründet. Um die Aussage hinsichtlich Zufälligkeiten aus dem Einfluss der Ganglinie zu verringern, wurden die Ergebnisse der für weitere Untersuchungen der EU-Studie erforderlichen Wasserspiegelberechnungen aus den drei in Kap. 7.4.2. beschriebenen Berechnungsganglinien und dem Auftraggeber zur weiteren Verwendung übergeben. Sie sind grafisch in Bild 17 dargestellt. Die zu verwendenden Abflüsse wurden vom Auftraggeber vorgegeben und repräsentieren die ökologisch und verkehrswasserbaulich relevanten Abflüsse zwischen extremem Niedrigwasser und dem höchsten schiffbaren Abfluss  $Q_{HNN}$ .

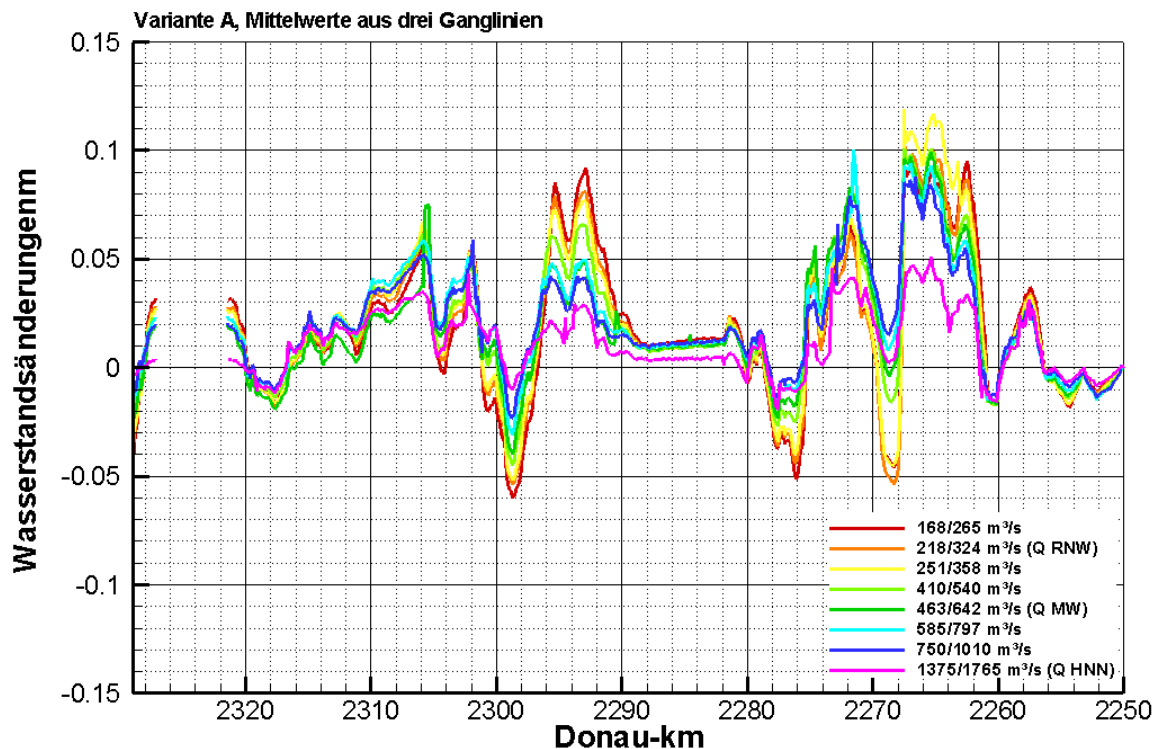
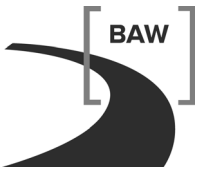


Bild 17: Mittelung der Wasserspiegeldifferenzen aus drei Ganglinien für alle relevanten Abflüsse nach 25 Jahren

Generell nehmen die Wasserspiegeländerungen mit steigendem Abfluss ab. So liegen die Extremwerte für den niedrigsten untersuchten Abfluss von 168/265 m³/s (ober-/unterstrom der Isarmündung) im Bereich zwischen +0,12 m und -0,06 m und nehmen bei Hochwasserereignissen mit einem Abfluss von 1375/1765 m³/s auf +0,05 m und -0,02 m ab. Örtlich wird die genannte Tendenz z.B. um Do-km 2265 unterbrochen. Dies ist rechnerisch abhängig von lokalen Ausuferungen. Da diese Effekte maximal nur wenige Zentimeter betragen, liegen sie Rahmen der numerischen Genauigkeit.



Bundesanstalt für Wasserbau  
EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen  
Flussmorphologische Untersuchungen auf Grundlage des  
1D-Feststofftransportmodells - Variante A -  
BAW-Nr. A39530210127-12 – November 2012

## **8 Geschiebemanagement**

### **8.1 Allgemeines**

Eine weitere mit dem 1D-FTM verbundene Frage gilt der Entwicklung eines Konzepts zur Geschiebemanagement. Da die Variante A hinsichtlich des großräumigen Geschiebetriebs sich nicht wesentlich vom Ist-Zustand unterscheidet, ist zu erwarten, dass die entsprechenden Zugabemengen in ähnlicher Größenordnung liegen wie im Ist-Zustand.

Zur Kalibrierung der Transportformel wurden für die Geschiebezugabe die gleichen Kornverteilungen, wie sie in der Strecke vorliegen, angesetzt. Für die Prognoserechnungen wurden diese Kornverteilungen übernommen.

Für die Geschiebezugabe kommen die Stellen in Frage, die den oberstromigen Rand einer Erosionsstrecke darstellen. Im 1D-FTM sind dies der oberstromige Rand des Modells an der Staustufe Straubing, unterstrom der Einmündung des Schleusenkanals bei Thurnhof (Do-km 2319), da am unterstromigen Ende des Wehrrams ein Geschiebefang installiert ist, sowie die Isarmündung. Da bei jeweiliger genügender Geschiebezugabe an den genannten Stellen die Jahresgeschiebefracht fallend ist, gerät die Sohle nicht in einen Erosionszustand. Auf der anderen Seite darf auch nicht zuviel Material zugegeben werden, um unnötige Anlandungen zu vermeiden. Theoretisch ist ein horizontaler Verlauf der Geschiebefracht für die Sohlstabilität ausreichend, jedoch zwingen Umlagerungen und erforderliche Baggerungen innerhalb des Querschnitts zu einer etwas erhöhten Geschiebezugabe.

Mit dem 1D-FTM wurde lediglich der Geschiebebedarf für Sohlstabilität ermittelt, nicht jedoch der Frage nachgegangen, wie dieses Material zur Verfügung gestellt wird. Dies kann durch einen Geschiebekreislauf, aber auch durch Zugabe von außen erfolgen.

Die Zugabemengen ergeben sich direkt aus den berechneten Jahresgeschiebefrachten (Bild 8). Besonders vor dem Hintergrund der hydrologischen Unsicherheit sind die genannten Mengen nur als Größenordnungen zu verstehen.

### **8.2 Straubinger Schleife**

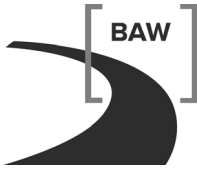
Die Geschiebemanagement der Straubinger Schleife beträgt in Abhängigkeit von der Ganglinie zwischen 8.000 m<sup>3</sup>/a und 12.000 m<sup>3</sup>/a. Im Mittel ist von einer Zugabemenge von ca. 10.000 m<sup>3</sup>/a auszugehen. Diese Menge wird in einem Geschiebefang bei Do-km 2319,4 wieder entnommen, um Anlandungen im Bereich der Fahrrinne zu vermeiden. Dieses Vorgehen wird in geringerem Umfang bereits heute praktiziert. Gegebenenfalls kann das Material einem Geschiebekreislauf zugeführt werden.



### 8.3 Straubing bis Isarmündung

Der an der Einmündung des Schleusenkanals unmittelbar anschließende Bereich ist mit einer Geschiebezugabe von im Mittel 12.000 m<sup>3</sup>/a zu sichern. Die vorgesehenen Kolkverbauten dienen im Wesentlichen der Sicherung der Tertiäroberfläche und der Optimierung der Fahrrinne. Ohne Geschiebezugaben ist an den Gleithängen mit einem Sohlabtrag zu rechnen. Da bis zur Isarmündung die Geschiebefracht stetig abnimmt, sind weitere Zugaben zur Sohlsicherung in diesem Teilbereich nicht erforderlich. Eine Ausnahme hierbei stellen die Fahrrinnenverbreiterungen dar, die die Wirkung lokaler Geschiebefänge haben. Im Anschluss an diese Verbreiterungen steigt wieder die Transportrate und es besteht Erosionsgefahr. Die Zugabe kann durch das Verklappen von lokal gebaggertem Material im Rahmen der Unterhaltung erfolgen und bedarf im Sinne einer großräumigen Sicherung der Sohle keiner weiteren Betrachtung. Die in Fließrichtung abnehmende Jahresgeschiebefracht bedingt, dass nicht alles im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung gebaggerte Material wieder zugegeben werden muss. Die notwendige Entnahmemenge entspricht im Mittel der zugegebenen Menge, da nach gegenwärtiger Erkenntnis kaum Geschiebmaterial über den Deggendorfer Bereich transportiert wird.

Im Nachgang wurde durch den Auftraggeber eine planmäßige Abdeckung der Kolke im Bereich Deggendorf bis Isarmündung zur Wasserspiegelstützung mit grobkörnigem Material von 16 mm bis 63 mm vorgeschlagen. Diese konnte rechnerisch nicht mehr berücksichtigt werden, kann aber erfahrungsgemäß zu mehr Sohlstabilität im Vergleich zum heutigen Zustand führen.



#### **8.4 Isarmündung bis Hofkirchen**

Für den Bereich unterstrom der Isarmündung gilt sinngemäß das Gleiche wie in Kap. 8.3 beschrieben. Der Geschiebebedarf beträgt an der Isarmündung ca. 34.000 m<sup>3</sup>/a. Auch hier muss im Streckenverlauf sukzessive das Material im Rahmen der Unterhaltsbaggerungen entnommen werden. Um den Unterhaltungsaufwand im Bereich der Felsstrecke zu optimieren, wird von einem Geschiebefang bei Hofkirchen ausgegangen, der in der Lage ist 40.000 m<sup>3</sup> Sediment zurückzuhalten. Mit dem 1D-FTM ist jedoch die Dimensionierung einer solchen Maßnahme nicht durchführbar. Unter der Annahme, dass das ankommende Geschiebe hier vollständig entnommen werden kann, ist von einer Baggermenge von ca. 23.000 m<sup>3</sup>/a auszugehen.

Bundesanstalt für Wasserbau

Karlsruhe, den 15.11.2012

Im Auftrag

Bearbeiter

gez. Dr.-Ing. Thomas Brudy-Zippelius

gez. Dipl.-Ing. Jürgen Kellermann







**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe  
Tel. 0721 97 26-0 · Fax 0721 97 26-45 40

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg  
Tel. 040 81 908-0 · Fax 040 81 908-373

[www.baw.de](http://www.baw.de)