



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

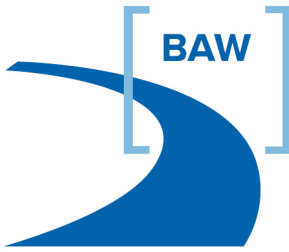
Abschlussberichte – B.II. Bericht zur Variante A

**Anlage II.8      Hydraulische Untersuchungen auf Grundlage  
des 3D-Hydrnumerischen Modells  
(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.



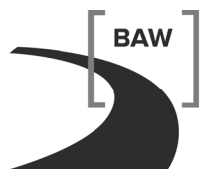
**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

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

**Hydraulische Untersuchungen  
auf Grundlage des  
3D-hydrnumerischen Modells  
- Variante A -**

**A39530210127-14**





**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**EU-Studie zum Donauausbau  
Straubing - Vilshofen  
Hydraulische Untersuchungen  
auf Grundlage des  
3D-hydrnumerischen Modells  
- Variante A -**

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

Auftrag vom: 17.6.2010  
RMD-Maßnahme: 4203, 5203, 6203;  
RMD-Auftrag: 80 000 038

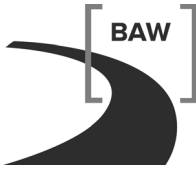
Auftrags-Nr.: BAW-Nr. A39530210127-14

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Binnenbereich  
Referat: W2, Flusssysteme II  
Bearbeiter: Dr. Regina Patzwahl  
Nikolai Stache  
Sabine Baumeister

Karlsruhe, 15.11.2012

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





## Zusammenfassung

Im Rahmen der Aktivität 5 „Hydraulische Berechnungen, Regelungskonzept“ der EU-Studie zum Donauausbau wurde die BAW durch die RMD Wasserstraßen GmbH in Vertretung der Bundesrepublik Deutschland mit der Planung des Regelungskonzeptes und den verkehrswasserbaulich und naturschutzfachlich erforderlichen hydraulischen Abflussberechnungen beauftragt.

In der ersten Phase der Bearbeitung wurde die Variante A\* auf Grundlage des Regelungs- und Sohlsicherungskonzeptes des Raumordnungsverfahrens erstellt und hydraulisch untersucht. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen konnte in der zweiten Phase der Bearbeitung die Variante A mit einem verbesserten Regelungs- und Sohlsicherungskonzept entwickelt werden. Die hydraulischen Berechnungen und Nachweise wurden sowohl für verkehrswasserbaulich als auch für naturschutzfachlich relevante Abflusszustände durchgeführt.

Die Wasserspiegellagen für die berechneten Abflusszustände der Variante A im Herstellzustand wurden jeweils mit dem morphologischen Nachlauf aus der 1D-Feststofftransport-Modellierung überlagert.

Die wesentlichen Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen für die Variante A mit einer Herstelltiefe von 2,35 m unter  $RNW_{\text{künftig}}$  können wie folgt zusammengefasst werden:

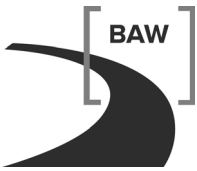
- Die Mindestwassertiefen von 2,35 m oberstrom der Isar, 2,40 m unterstrom der Isar und 2,50 m in der Felsstrecke bei  $Q(RNW_{97})$  für den Herstellzustand werden erreicht.
- Unter Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs werden im Bereich zwischen Do-km 2267 und Do-km 2258 bei  $Q(RNW_{97})$  Wasserspiegelanhebungen von bis zu 0,16 m erreicht.
- Unter Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs werden auf der gesamten Strecke bei  $Q(MW)$  Wasserspiegelanhebungen zwischen 0,10 m und 0,20 m erreicht.
- Die berechneten Fließgeschwindigkeiten weichen nicht erheblich von denen des IST-Zustandes ab.
- für die Herstellung der Variante A müssen ca. 35% der Gesamtfahrrinnenfläche mit einer mittleren Tiefe von 0,24 m gebaggert werden.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen wurden im Rahmen der EU-Studie als Grundlagendaten für die fahrdynamischen und morphologischen sowie die Grundwasseruntersuchungen verwendet. Sie lieferten gleichzeitig die abiotischen Randbedingungen für die Umweltplanungen und naturschutzfachlichen Untersuchungen.



<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
Glossar		1
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	5
2	Unterlagen und Daten	7
2.1	Berichte und Gutachten	7
2.2	Topographische und gewässerkundliche Daten	8
3	Modellerstellung und -betrieb der Variante A*	11
3.1	Allgemeines	11
3.2	Geometrie und Berechnungsgitter	12
3.2.1	Gittertypen	12
3.2.2	Digitales Geländemodell und Topographie	14
3.2.3	Fahrinne und Herstellsohle	14
3.2.4	Buhnen, Parallelwerke und Ufervorschüttungen	16
3.2.5	Kolkverbaue	19
3.2.6	Isarmündung und Schüttkegel	21
3.2.7	Verschiedene Gelände- und Flussbauelemente	22
3.3	Rauheiten	23
3.4	Randbedingungen	24
4	Ergebnisse der Variante A*	25
4.1	Allgemeines	25
4.2	Wasserspiegel	26
4.3	Wassertiefe	28
4.4	Durchströmte Breiten und Abflussquerschnitte	29
4.5	Fließgeschwindigkeiten	30
4.6	Herstellfläche und –volumen	32
4.7	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	33
5	Modellerstellung und -betrieb der Variante A	35
5.1	Allgemeines	35
5.2	Geometrie und Berechnungsgitter	36
5.2.1	Digitales Geländemodell und Topographie	36
5.2.2	Herstelltiefe im Modell	36
5.3	Rauheiten	37
5.4	Randbedingungen	38





6	Ergebnisse der Variante A	41
6.1	Allgemeines	41
6.2	Wasserspiegel	41
6.3	Wassertiefe	43
6.4	Durchströmte Breiten und Abflussquerschnitte	44
6.5	Fließgeschwindigkeiten	45
6.6	Herstellfläche und -volumen	46
6.7	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	47
7	Datenübergabe	49
7.1	Allgemeines	49
7.2	Datenaufbereitung	49
7.3	Variante A*	51
7.4	Variante A	54
8	Literaturverzeichnis	57

## Bildverzeichnis

## Seite

Bild 1:	Modellgebiet und Teilmodellstrecken	11
Bild 2:	Gitterbereiche des Rechenmodells mit unterschiedlicher Diskretisierung	13
Bild 3:	Lage der Fahrrinne IST-Zustand und Variante A*, Do-km 2276,50	15
Bild 4:	Buhnen IST-Zustand (oben) und Variante A* (unten) bei Do-km 2305	17
Bild 5:	Ufervorschüttung: IST-Zustand (oben) Variante A* (unten), Do-km 2263,00	18
Bild 6:	Absenkung der Fährrampe: IST-Zustand (oben), Variante A* (unten), Do-km 2289	19
Bild 7:	Kolkverbau bei Do-km 2265,00: IST-Zustand (oben), Variante A* (unten). Der Hochwasserdeich wurde für Variante A* zurückverlegt und mit dem Modellrand gleichgesetzt	20
Bild 8:	DGM des IST-Zustands im Bereich der Isarmündung, basierend auf Sohlpeilung 2005, Peilung des Schüttkegels vom März 2006 und der Befliegung 1997	21
Bild 9:	Bereich der Uferrehnenabsenkung zwischen Isar-km 0,20 – 0,50	23
Bild 10:	Stark strukturiertes Donauvorland, Do-km 2278 – Do-km 2277	23
Bild 11:	Prinzipdarstellung zur Berechnung der räumlichen Mittelwerte	25
Bild 12:	Wasserspiegellagen und -differenzen Variante A* – IST-Zustand bei $Q(RNW_{97})$	27
Bild 13:	Wasserspiegellagen und -differenzen Variante A* – IST-Zustand bei $Q(MW)$	27
Bild 14:	Wasserspiegellagen und -differenzen Variante A* – IST-Zustand bei $Q(HNN)$	28
Bild 15:	Mittlere Wassertiefen in der Fahrrinne für Variante A*	29
Bild 16:	Längsschnitt der Fließgeschwindigkeiten für Variante A* und IST-Zustand in der Fahrrinne	31
Bild 17:	Wasserspiegellagen und –differenzen A – IST-Zustand bei $Q(RNW_{97})$	41
Bild 18:	Wasserspiegellagen und –differenzen A – IST-Zustand bei $Q(MW)$	42
Bild 19:	Wasserspiegellagen und –differenzen A – IST-Zustand bei $Q(HNN)$	43
Bild 20:	Mittlere Wassertiefen in der Fahrrinne für Variante A	43
Bild 21:	Längsschnitt für Variante A und IST-Zustand der Fließgeschwindigkeiten in der Fahrrinne	45

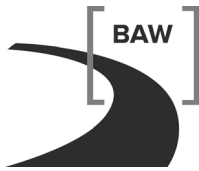
## Tabellenverzeichnis

## Seite

Tabelle 1: Teilmodellstrecken	12
Tabelle 2: Bauwerksparameter der Bühnen	16
Tabelle 3: Bauwerksparameter der Parallelwerke	16
Tabelle 4: Randbedingungen für die Teilmodelle SV1 – SV4 für die Variante A*.	24
Tabelle 5: Mittlere Fließgeschwindigkeiten [m/s] auf der durchströmten Breite für Streckenabschnitte der Variante A*	32
Tabelle 6: Herstelltiefen der Variante A	37
Tabelle 7: Rauheitsbeiwerte $k_s$ für die HN-Modellierung	38
Tabelle 8: Randbedingungen für die Teilmodelle SV1 – SV4 für die Variante A	39
Tabelle 9: Mittlere Fließgeschwindigkeiten [m/s] auf der durchströmten Breite für Streckenabschnitte der Variante A	46
Tabelle 10: Übergebene Datensätze für die berechneten verkehrswasserbaulich relevanten Abflüsse für Variante A*	52
Tabelle 11: Übergebene Datensätze für die berechneten ökologisch relevanten Abflüsse für Variante A*	53
Tabelle 12: Übergebene Datensätze für die berechneten verkehrswasserbaulich relevanten Abflüsse für Variante A	54
Tabelle 13: Übergebene Datensätze für die berechneten ökologisch relevanten Abflüsse für Variante A	55

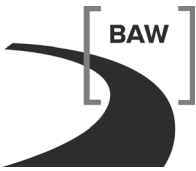
## Anhangverzeichnis

Anhang 1: Flussbauliche Maßnahmen der Variante A*	
Anhang 2: Flussbauliche Maßnahmen der Variante A	
Anhang 3: Anpassung der Berechnungsgitter an das Hochwasserschutzkonzept	
Anhang 4: Ergebnisse für Variante A* und Variante A im Längsschnitt	

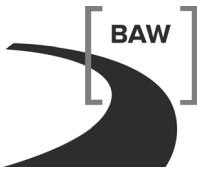


## Glossar

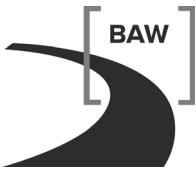
Abladetiefe	Derjenige Schiffstiefgang, der am betrachteten Binnenschiff an der diesbezüglich ungünstigsten Stelle im Ruhewasser auftritt. Die Summe aus Squat (fahr-dynamisches Einsinken) und Abladetiefe (statischer Tiefgang) ergibt die Tauchtiefe
Abschnitt OSI	Donaustrecke mit Fahrrinnenunterhaltung <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 Bagge- rung hergestellt wird (= Fahrrinntiefe + Tiefenreserve + Baggertoleranz + Unebenheit)
Herstellzustand	Bezeichnet die Gewässertopographie nach Umsetzung der geplanten Sohlsicherungs- und Regelungsmaßnahmen inkl. der notwendigen Fahrrinnenbaggerungen unter dem Bezugs- wasserspiegel
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, Kornzusam- mensetzungen 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 physika- lischer Größen (Wasserstand, Sohlhöhen) zwischen dem Her- stellzustand und dem Zustand nach Simulation eines 25- jährigen Zeitraums
MQ <sub>97</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Siehe Q <sub>MW</sub>
MW [m+NN]	Mittelwasser; Wasserstand, dessen Abfluss dem mittleren Abfluss der langjährigen Jahresreihe 1961 bis 1990 entspricht
MW <sub>ROV</sub> [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



$Q_{\text{HNN}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Abfluss zum HNN $Q_{\text{HNN}} = 1375/ 1765 \text{ m}^3/\text{s}$ (oberstrom/unterstrom der Isarmündung)
$Q_{\text{MW}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Abfluss zum MW $Q_{\text{MW}} = 463/ 642 \text{ m}^3/\text{s}$ (oberstrom/unterstrom der Isarmündung)
$Q_{\text{RNW}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Abfluss zum RNW $Q_{\text{RNW}} = 211/ 324 \text{ m}^3/\text{s}$ (oberstrom/unterstrom der Isarmündung)
Q bei $\text{HNN}_{97}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Siehe $Q_{\text{HNN}}$
Reale Baggermengen [ $\text{m}^3$ ]	Historische Baggermengen nach Angaben des WSA Regensburg
$\text{RNQ}_{97}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Siehe $Q_{\text{RNW}}$
$\text{RNW}_{97}$ [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).
$\text{RNW}_{\text{künftig}}$ [m+NN]	Rechnerische Wasserspiegellage bei Abfluss des $\text{RNW}_{97}$ im Herstellzustand
$\text{RNW}_{\text{ROV}}$ [m+NN]	Rechnerische Wasserspiegellage bei Abfluss des $\text{RNW}_{97}$ 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 praxismgerechte 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> sarm <u>m</u> ündung
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

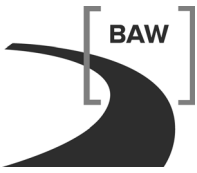
Im August 2007 beantragte die Bundesrepublik Deutschland eine Förderung der Maßnahme „Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau zwischen Straubing und Vilshofen“ durch die EU, die mit Datum vom 19.11.2008 gewährt wurde. Ziel dieser EU-Studie ist die Erstellung von Unterlagen in Planfeststellungstiefe für den Ausbau der Donau für die Variante A auf Basis von flussregelnden Maßnahmen und für die Variante C<sub>2,80</sub> mit einem Wehr bei Aicha. Grundlage für die Arbeiten bildeten die Ergebnisse der „Vertieften Untersuchungen“ aus den Jahren 1997 bis 2000 und die für das Raumordnungsverfahren (ROV) aus dem Jahr 2004 erstellten Ausarbeitungen.

Im Rahmen der Aktivität 5 „Hydraulische Berechnungen, Regelungskonzept“ wurde die BAW durch die RMD Wasserstraßen GmbH in Vertretung der Bundesrepublik Deutschland mit der Planung des Regelungskonzeptes und den verkehrswasserbaulich und naturschutzfachlich erforderlichen hydraulischen Abflussberechnungen beauftragt.

Grundlage für die hydraulischen Berechnungen bildet ein für den IST-Zustand kalibriertes 3D-hydrnumerisches Modell, das im Vorfeld der Untersuchungen erstellt wurde. Gegenstand der ersten Phase der Bearbeitung waren die Erstellung der Variante A\* auf Grundlage des Regelungs- und Sohlsicherungskonzeptes des Raumordnungsverfahrens und deren hydraulische Untersuchung. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen sollte in der zweiten Phase der Bearbeitung die Variante A mit einem verbesserten Regelungs- und Sohlsicherungskonzept weiter entwickelt werden. Die hydraulischen Berechnungen und Nachweise für Variante A waren sowohl für verkehrswasserbaulich als auch für naturschutzfachlich relevante Abflusszustände durchzuführen.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen sollten im Rahmen der EU-Studie als Grundlagendaten für die fahrdynamischen und morphologischen sowie die Grundwasseruntersuchungen verwendet werden. Sie waren gleichzeitig dazu vorgesehen, die abiotischen Randbedingungen für die Umweltplanungen und naturschutzfachlichen Untersuchungen zu liefern.





## 2 Unterlagen und Daten

### 2.1 Berichte und Gutachten

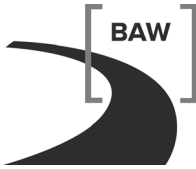
- [B1] BAW 2002 – Vertiefte Untersuchungen zum Donauausbau Straubing – Vilshofen. Modellbildung und Kalibrierung der detaillierten 1D-Strömungs- und Befahrbarkeitsmodelle. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, November 2002.
- [B2] BAW 2000 – Donauausbau Straubing – Vilshofen. Vertiefte Untersuchungen. Konzeption der Regelungs-, Sohlsicherungs- und Unterhaltungsmaßnahmen für die Varianten IST-Zustand 2000 (Vergleichsfall) und A (weiter optimierter IST-Zustand). Gutachten. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, April 2000.
- [B3] BAW 1998 – Donauausbau Straubing – Vilshofen. Flußmorphologischer Statusbericht. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, April 1998.
- [B4] BAW 2000 – Donauausbau Straubing – Vilshofen. Vertiefte Untersuchungen. Vergleichende 1D-HN-Modelluntersuchungen des IST-Zustandes 2000 und der Variante A. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Oktober 2000.
- [B5] BAW 2000 – Donauausbau Straubing – Vilshofen. Vertiefte Untersuchungen. Ergebnisse der verkehrswasserbaulichen Untersuchungen. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Dezember 2000.
- [B6] smile consult GmbH – Aktualisierung der Digitalen Geländemodelle der Donau (Donau-km 2248 – Donau-km 2330) und Aktualisierung der Telemac-Modelle der Donau (Donau-km 2248 – Donau-km 2330). Kurzbericht über die durchgeführten Arbeitsschritte, 2006.
- [B7] smile consult GmbH – Aktualisierung des Digitalen Geländemodells der Donau (Donau-km 2255 – Donau-km 2283). Kurzbericht über die durchgeführten Arbeitsschritte, 2008.
- [B8] smile consult GmbH – Anpassung von Bauwerks- und Rechengittergeometrien an die Anforderungen hochaufgelöster UnTRIM3D-mehrdimensionaler Geschiebetransportmodelle. Projektdokumentation, 2010
- [B9] BAW 2010 – Donau Straubing – Vilshofen. Kalibrierung der 3D-HN-Modelle SV1 – SV4; A39530210127-06.
- [B10] BAW 2010 – Ergänzungsbericht zu A39530210127-06 Kalibrierung 3D-HN-Modell Straubing-Vilshofen; A39530210127-07.

- [B11] BAW 2012 – EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen, Flussmorphologische Untersuchungen auf Grundlage des 1D-Feststofftransportmodell – Variante A –; A39530210127-12; Anlage B.II.7 (\*).
- [B12] BAW 2012 – EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen, Flussmorphologische Untersuchungen auf Grundlage des 2D-Feststofftransportmodells – Variante A –; A395302101127-13; Anlage B.II.5 (\*).
- [B13] Vorläufige Konfliktanalyse (Durchlauf 3) auf Grundlage Bestandserhebung 2010, Prüfung von sieben Planungsalternativen, ARGE DonauPlan, 2011.
- [B14] BAW 2012 – EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen, Regelungskonzepte der Variante A; A39530210127-20; Anlage B.II.2 (\*).
- [B15] BAW 2012 – EU-Studie zum Donauausbau Straubing - Vilshofen, Ergebnisse der fahrdynamischen Untersuchungen – Variante A –; A39530210127-15; Anlage B.II.3 (\*).

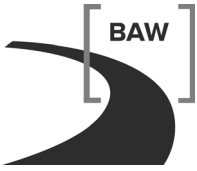
(\* ) Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau zwischen Straubing und Vilshofen, RMD Wasserstraßen GmbH, München, 2012

## 2.2 Topographische und gewässerkundliche Daten

- [U1] Aktualisierte Digitale Geländemodelle der Donau (Donau-km 2248 – 2330), Smile consult (2006).
- [U2] Berechnungsmodell (HydroAS) zur Hochwassersimulation, Übergabe 25. Februar 2008, Stand Februar 2008, RMD Wasserstraßen GmbH.
- [U3] ROV-Unterlagen der Varianten A, RMD Wasserstraßen GmbH, 2004.
- [U4] Peildaten Donau/ Isarmündung März 2006, TIMPAN-Datenarchiv.
- [U5] Hydrographische Vermessung „Untere Isar“ km 0,2 bis km 10,2 (Peilung 2005), Büro Geoplan im Auftrag des WWA Deggendorf. Übergeben von RMD Wasserstraßen GmbH am 15.09.2009.
- [U6] Peildaten Altwassersystem Staatshaufen und Isarmündung, übergeben von RMD Wasserstraßen GmbH am 15.09.2009.
- [U7] Geländedaten Hengersberger Ohe, Herzogbach, Kinsach, Schwarzach, übergeben von RMD Wasserstraßen GmbH am 15.09.2009.
- [U8] Geländeinformationen zur Uferreihenabsenkung Isar 2009, übergeben von RMD Wasserstraßen GmbH am 15.09.2009.
- [U9] Geländedaten Fährzufahrt Thundorf, übergeben von RMD Wasserstraßen GmbH am 15.09.2009.



- [U10] Fahrrinnenpolygone der Varianten A aus den „Vertieften Untersuchungen“, übergeben von RMD Wasserstraßen GmbH am 14.04.2008.
- [U11] Gewässerkundliche Daten für den Bereich des Wasser- und Schifffahrtsamtes Regensburg Do-km 2414,84 – 2201,77, WSA Regensburg 1997, gemäß Vermerk WSD Süd T3 – 221.3/8 I "Erfassung und Auswertung von Daten über Wasserstand, Abfluss und Strömung; Neufestsetzung von RNW u. HNN für die Bundeswasserstraße Donau" vom 25.03.1998.
- [U12] Variante A: HWS und HW-absenkende Maßnahmen, Berechnung 38, Technische Pläne und Rechenmodelle, RMD Wasserstraßen GmbH, 02.03.2011.
- [U13] Geometrien der neugebauten Brücken Deggendorf, übergeben von RMD Wasserstraßen GmbH am 04.08.2010.



### 3 Modellerstellung und -betrieb der Variante A\*

#### 3.1 Allgemeines

Ziel der Ausbauvariante A\* ist es, durch die in den Untersuchungen zum ROV erarbeiteten Regelungsmaßnahmen die derzeit vorhandenen Fahrrinntiefen zu vergrößern bzw. zu stabilisieren. Dies soll mit möglichst örtlich begrenzten Maßnahmen erreicht werden. Neben Regelungsmaßnahmen, wie z.B. Einbau oder Verlängerung von Buhnen, sind auch Sohlsicherungsmaßnahmen (Kolkverbau und Tertiärabdeckung) vorgesehen.

Zur hydraulischen Simulation der Gesamtstrecke von fast 80 km wurde das Modellgebiet in vier Teilabschnitte unterteilt, welche als eigenständige Modelle betrieben wurden [B9]. Das Modellgebiet und dessen Aufteilung in Teilmodelle sind in Bild 1 dargestellt. Tabelle 1 können die genauen Streckenabschnitte entnommen werden.

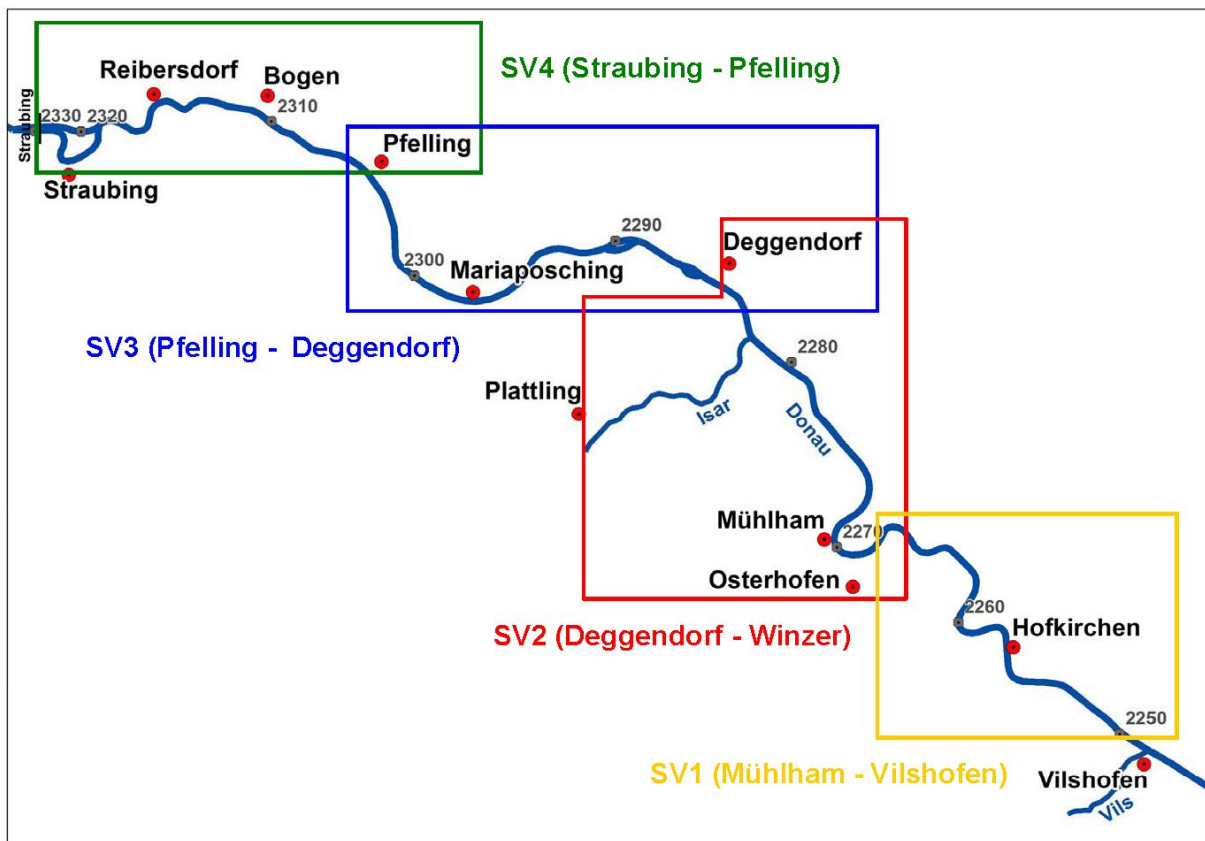


Bild 1: Modellgebiet und Teilmodellstrecken

Für die Berechnungen wurde für jedes Teilmodell die Topologie des jeweiligen Rechengitters aus der Kalibrierung übernommen [B10].

Das Kapitel 3 beschreibt den Aufbau des Modells der Variante A auf Grundlage des Regelungskonzeptes des ROV. Alle Arbeitsschritte, die zur Erstellung der Varianten-Geometrie und des entsprechenden Berechnungsgitters notwendig waren, behandelt das Kapitel 3.2. Dazu gehören die grundlegende Geometrie, die Berücksichtigung der neuen Fahrrinne, der Einbau der Regelungsbauwerke und Sohlsicherungsmaßnahmen sowie die Behandlung von Geländebesonderheiten (Isarmündung) sowie erst im Laufe des Projektes in der Natur vorgenommene hydraulisch relevante Geländeänderungen. Die Definition der zum Betrieb des numerischen Modells notwendigen Rauheiten und Randbedingungen erfolgt in den Kapiteln 3.3 und Kapitel 3.4.

<b>Abschnitt</b>	<b>von Do-km</b>	<b>bis Do-km</b>	<b>Überlappung [km]</b>
SV1	2249,70	2268,20	2,40
SV2	2265,80	2287,20	3,50
SV3	2283,70	2307,50	2,00
SV4	2305,50	2329,40	

Tabelle 1: Teilmodellstrecken

## **3.2 Geometrie und Berechnungsgitter**

### **3.2.1 Gittertypen**

Die Gitternetze der Teilmodelle setzen sich aus drei unterschiedlichen Gittertypen zusammen (Bild 2): ein kartesisches Gitter für das Vorland, ein zur Flussachse orthogonales Gitter für den Flussschlauch und ein dreiecks-diskretisierter Übergangsbereich. Das Vorland wurde mit einer Kantenlänge von 10 m abgebildet. Der Vorlandbereich zwischen Isarmündung und Staatshaufen wurde mit einer Kantenlänge von 5 m diskretisiert, um die feinen Strukturen des vorhandenen Rinnensystems detaillierter wiedergeben zu können. Das Flussschlauchgitter wurde mit einer Kantenlänge von 3 m generiert.

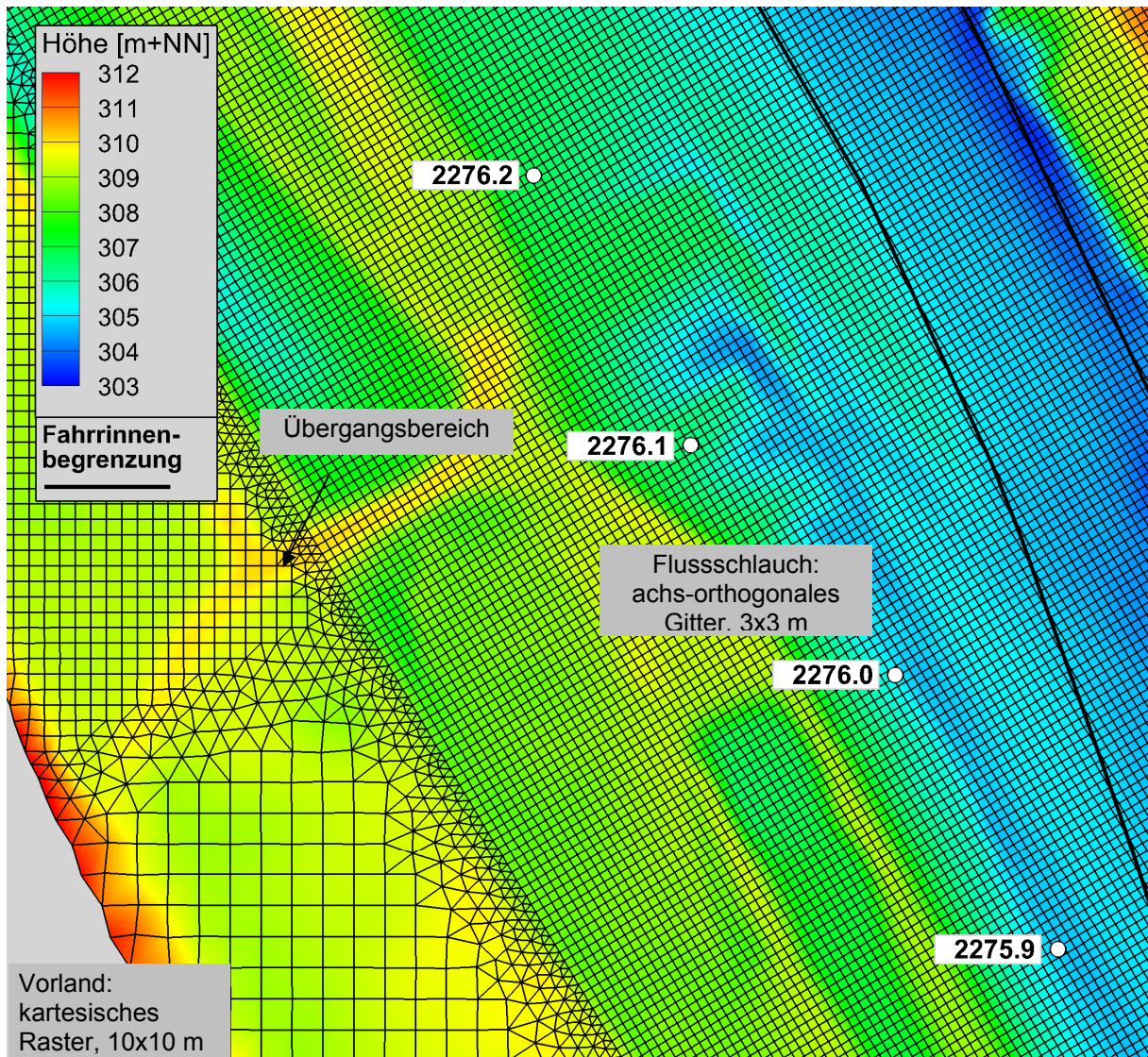


Bild 2: Gitterbereiche des Rechenmodells mit unterschiedlicher Diskretisierung

Die Höheninformationen des digitalen Geländemodells (DGM) wurden linear auf das Rechengitter interpoliert. Die Höheninformationen der Rechengitter liegen bei dem hier verwendeten hydronumerischen Verfahren UnTRIM (Casulli, V., Zanolli, P. (2002)) auf der Kantenmitte der Elemente.

Die geplanten Maßnahmen der Variante A\* sind in Anhang 1 tabellarisch und grafisch zusammengefasst.



### 3.2.2 Digitales Geländemodell und Topographie

Für die Variante A\* wurde ein DGM auf der Basis von [U2] erstellt, dessen Höheninformationen auf das Berechnungsgitter interpoliert wurden [B8].

Als Ausgangsdatensatz diente das DGM 2000 [B6], das auf der Befliegung des Vorlandes aus dem Jahr 1997 und der Sohlpeilung aus dem Jahr 2000 basiert. Im Bereich des Flussschlauchs wurde in das DGM die Flächenpeilung der Flusssohle aus dem Jahr 2005 integriert [B7].

Im ersten Schritt wurde aus dem DGM des Kalibrierzustands ein sogenanntes *Grund-DGM* erstellt. Dafür wurden sämtliche Flussbauwerke wie Buhnen und Parallelwerke aus dem Flussschlauch entfernt. Anschließend wurden die in den Varianten gegenüber dem IST-Zustand unveränderten Bauwerke wieder eingefügt. Ziel dieses Arbeitsschritts war eine gleichförmige Gestaltung aller Bauwerke im Geländemodell. Im nächsten Schritt wurden die nach [U2] zusätzlich geplanten Regelungsmaßnahmen der Variante in das neu erstellte DGM eingebaut. Danach die geplanten Sohlsicherungsmaßnahmen in das Geländemodell übernommen [B8].

Im Bereich der Mühlhamer Schleife (Do-km 2273 bis Do-km 2266) wurden 2010 Flachwasserpeilungen durchgeführt. Diese wurden nicht in das DGM für die Variante A\* eingebaut, da sie zum Zeitpunkt der Modellerstellung und Berechnungen noch nicht abgeschlossen waren. Eine ausführliche Dokumentation zur Berücksichtigung der aktuellen Flachwasserpeilungen findet sich in [B10].

### 3.2.3 Fahrrinne und Herstellsohle

Die Lage der Fahrrinne für Variante A\* wurde aus den „Vertieften Untersuchungen“ ([B1] – [B2]) übernommen. Die Fahrrinne weicht in der Variante A\* sowohl in der Tiefe als auch in der Lage in Teilbereichen vom IST-Zustand ab. Zusätzlich vorgesehene Regelungsbauwerke sowie fahrdynamische und sicherheitstechnische Aspekte begründen die Verlegung der Fahrrinne gegenüber dem IST-Zustand. Bild 3 zeigt ein Beispiel einer Fahrinnenverlegung aufgrund einer in Variante A\* modifizierten Buhnengruppe am linken Ufer.

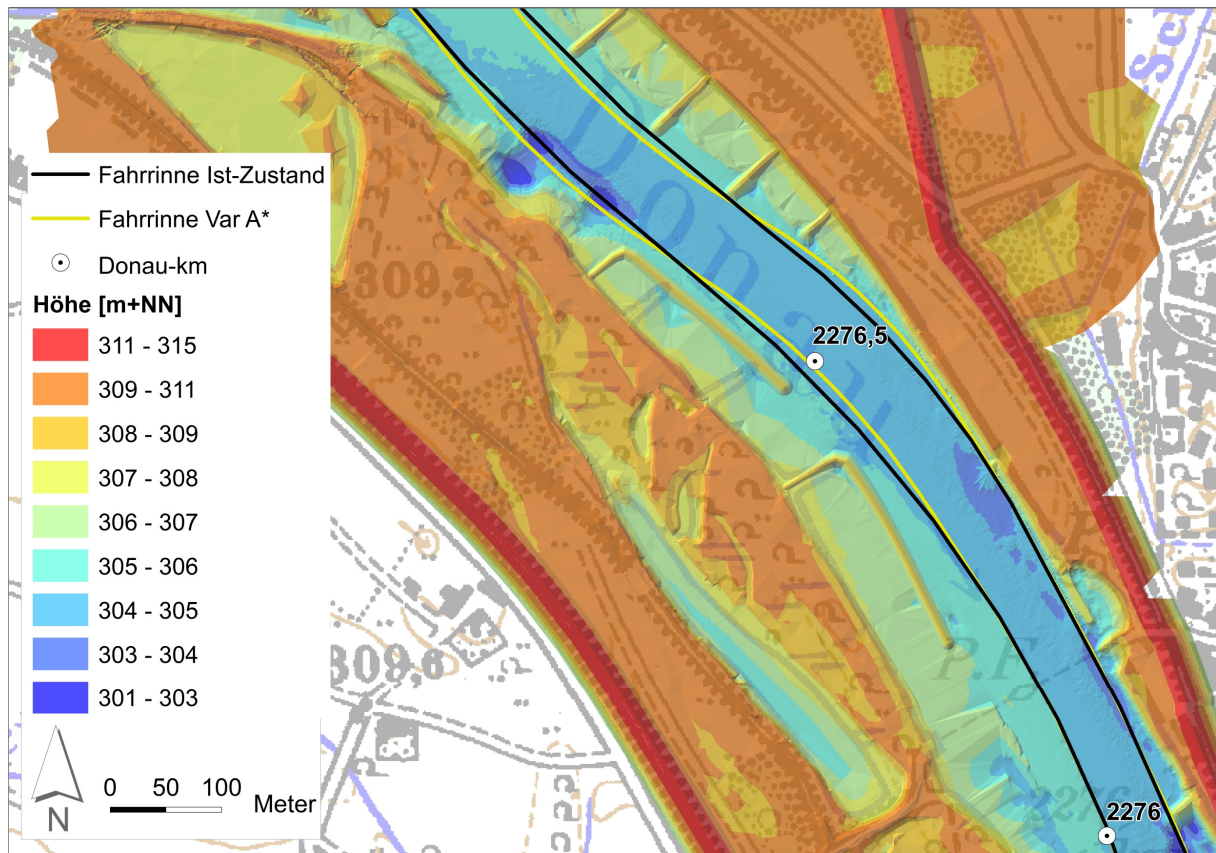
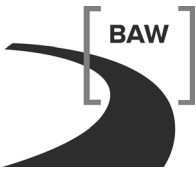


Bild 3: Lage der Fahrrinne IST-Zustand und Variante A\*, Do-km 2276,50

Die Höhenlage der Herstellsohle (Herstellsohle = Fahrinnensohle – 0,15 m (Tiefenreserve + Unebenheit + Baggertoleranz)) wird wie folgt in mehreren Iterationsschritten in Abhängigkeit der Wassertiefe unter dem  $RNW_{\text{künftig}}$  berechnet.

Um für die Variante A\* eine Herstellsohle zu erstellen, die das Wassertiefenkriterium X m unter  $RNW_{\text{künftig}}$  in der Fahrrinne erfüllt, wird für ein Variantenmodell mit der Sohle aus dem IST-Zustand der Wasserspiegel  $RNW_{\text{künftig},0.\text{Iteration}}$  für  $Q(RNW_{97})$  berechnet. Anschließend werden alle Rechengitterkanten, die die vorgegebene Tiefe X m unter Wasserspiegel in der Fahrrinne nicht erreichen, auf  $RNW_{\text{künftig},0.\text{Iteration}} - X$  m herabgesetzt (wird im Weiteren als „Fräsen“ bezeichnet), und der Wasserspiegel  $RNW_{\text{künftig},1.\text{Iteration}}$  erneut berechnet. Diese Iteration wird solange durchgeführt, bis das Wassertiefenkriterium X m unter  $RNW_{\text{künftig},n.\text{Iteration}}$  überall in der Fahrrinne mit einer Genauigkeit von 5 mm erreicht wird. Die derart gefrästen Flächen weisen eine ebene Oberfläche und somit eine reduzierte Formrauheit auf.

Unter der Annahme, dass kein Kiesfang oberstrom der Felsstrecke besteht und somit in der Felsstrecke eine vollständige Überdeckung mit Kies vorliegt, wurde in Phase 1 der Untersuchungen auf eine Erhöhung des Flottwassers um 0,20 m im Felsbereich verzichtet.



In Phase 1 der Untersuchungen wurde die Variante A\* auf der gesamten Strecke mit einer Herstelltiefe von 2,25 m unter  $RNW_{\text{künftig}}$  und mit einer Herstelltiefe von 2,35 m unter  $RNW_{\text{künftig}}$  in dem oben beschriebenen iterativen Verfahren hergestellt. Die resultierenden Wasserspiegellagen für  $Q(RNW_{97})$  wurden jeweils als Baggerhorizonte für die Prognosen der Unterhaltsbaggermengen mit dem 2D-Feststofftransport-Modell verwendet [B12].

### 3.2.4 Buhnen, Parallelwerke und Ufervorschüttungen

Grundlage für den Einbau aller Regelungsbauwerke in das 3D-HN-Modell war die Lage und Höhe der Bauwerke in den Berechnungsmodellen der RMD Wasserstraßen GmbH [U2] und die Planunterlagen aus dem Raumordnungsverfahren [U3]. Die Lage und Höhen der Buhnen und Parallelwerke wurde aus den Berechnungsmodellen der RMD Wasserstraßen GmbH abgegriffen. Die Bauwerke wurden mit den in Tabelle 2 und Tabelle 3 dargestellten Bauwerksparametern eingesetzt:

Rückenneigung	1:100
Böschungsneigung nach oberstrom	1:2
Böschungsneigung nach unterstrom	1:3
Kopfneigung	1:4

Tabelle 2: Bauwerksparameter der Buhnen

Böschungsneigung zur Fahrrinne und zum Ufer	1:2,5
Böschungsneigung des Queranschlusses nach oberstrom	1:6

Tabelle 3: Bauwerksparameter der Parallelwerke

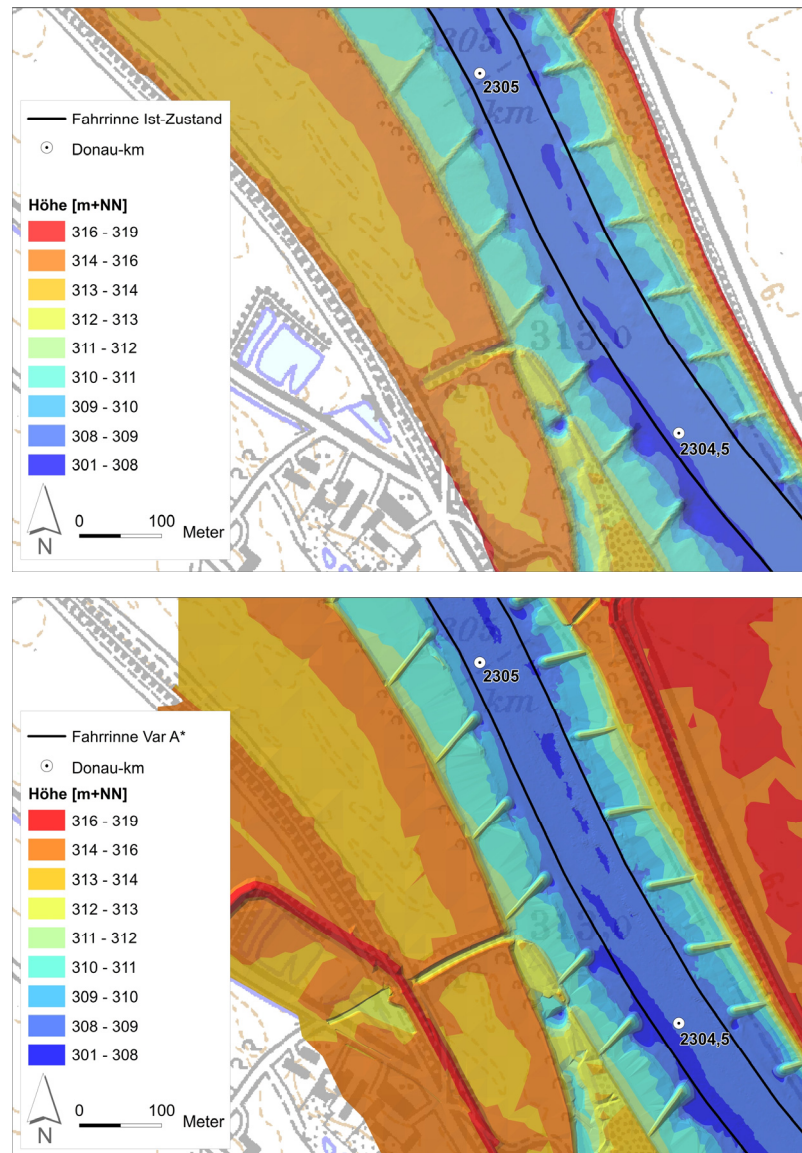


Bild 4: Buhnen IST-Zustand (oben) und Variante A\* (unten) bei Do-km 2305

Zusätzlich zu den schon im IST-Zustand bestehenden Bauwerken wurden in Variante A\* insgesamt 63 neue Buhnen und 7 neue Parallelwerke/ Hakenbuhnen eingebaut. Hinzu kommen zahlreiche Veränderungen an den bestehenden Buhnen wie Erhöhung, Verlängerung oder Kopfcolkverfüllungen. Bild 4 zeigt beispielhaft einen Vergleich von eingebauten Buhnen im IST-Zustand und Variante A\*. Sämtliche Maßnahmen der Variante A\* sind Anhang 1, Bild 1 zu entnehmen.

Neben dem Einbau von Bühnen und Parallelwerken wurden mehrere Ufervorschüttungen und Parallelwerksvorschüttungen (Bild 5) im DGM realisiert. Die Ausdehnungen dieser Maßnahmen wurden entweder, soweit vorhanden, aus dem RMD-Modell oder direkt den ROV-Plänen [U3] entnommen.

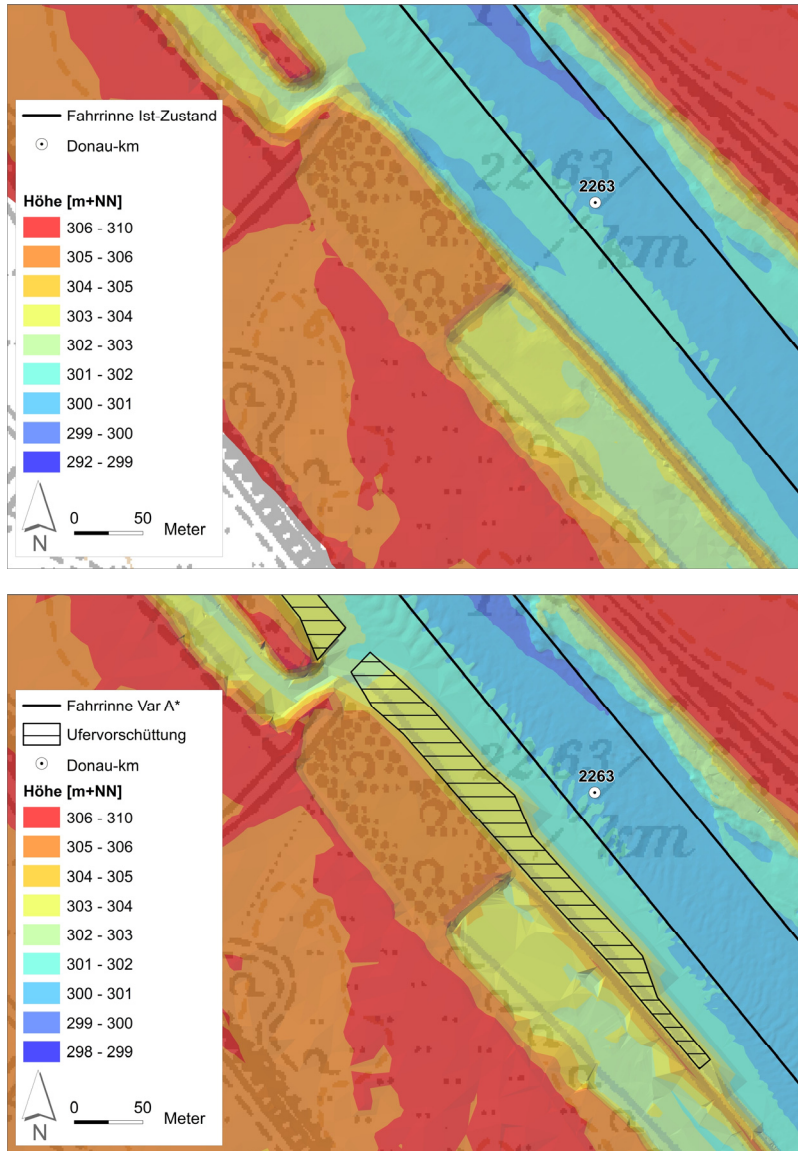


Bild 5: Ufervorschüttung: IST-Zustand (oben) Variante A\* (unten), Do-km 2263,00

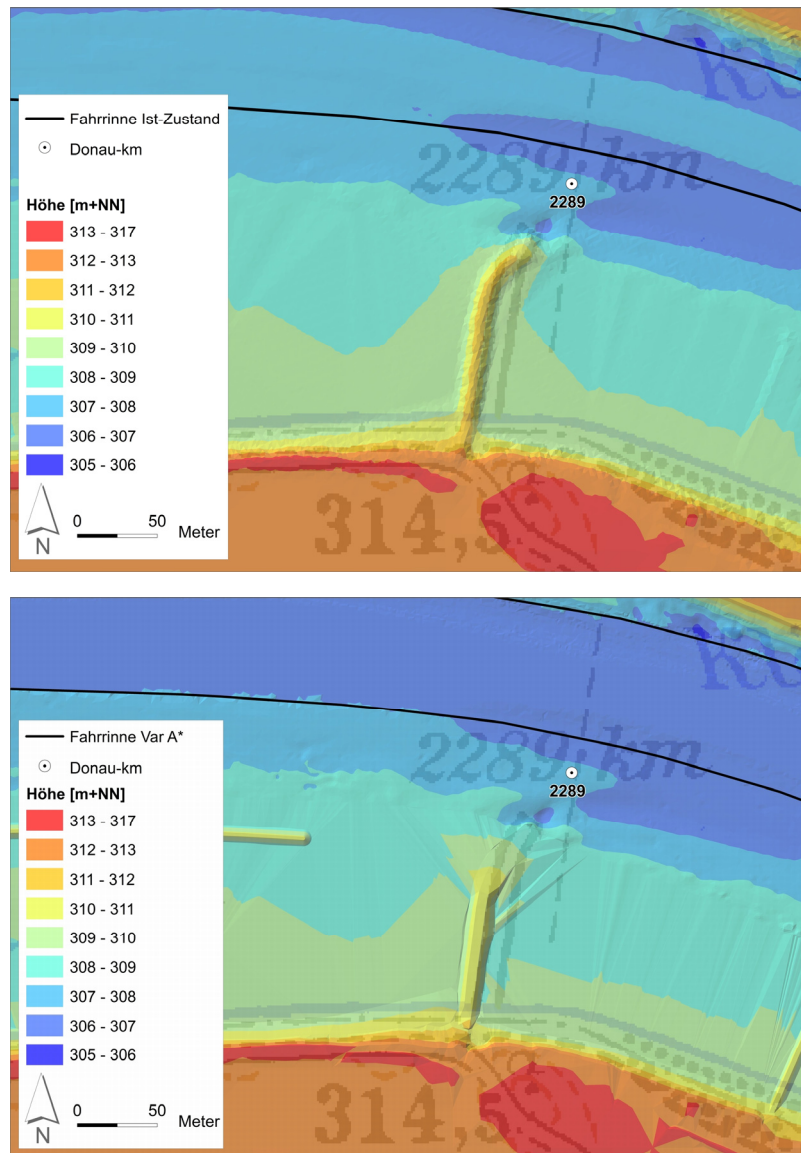


Bild 6: Absenkung der Fährrampe: IST-Zustand (oben), Variante A\* (unten), Do-km 2289

In der Variante A\* sind als Teil des Regelungskonzeptes nach ROV weitere lokale Änderungen, wie z.B. eine Absenkung und Kürzung der Fährrampe bei Metten (Do-km 2289,00) vorgesehen (Bild 6).

### 3.2.5 Kolkverbaue

Weitere vorgesehene Maßnahmen sind die Verfüllungen von Übertiefen und Kolken, durch die zum einen eine zusätzliche Stützung des Wasserspiegels und zum anderen eine Sicherung der Sohle in diesem Bereich erreicht werden soll. Gleichzeitig kann bei der vorgenommenen Querschnittsverengung in Krümmungen davon ausgegangen werden, dass eine

morphologische Reaktion erfolgt, welche den Fließquerschnitt am Gleithang (eine aus verkehrswasserbaulicher Sicht geeignete Stelle) wieder vergrößert.

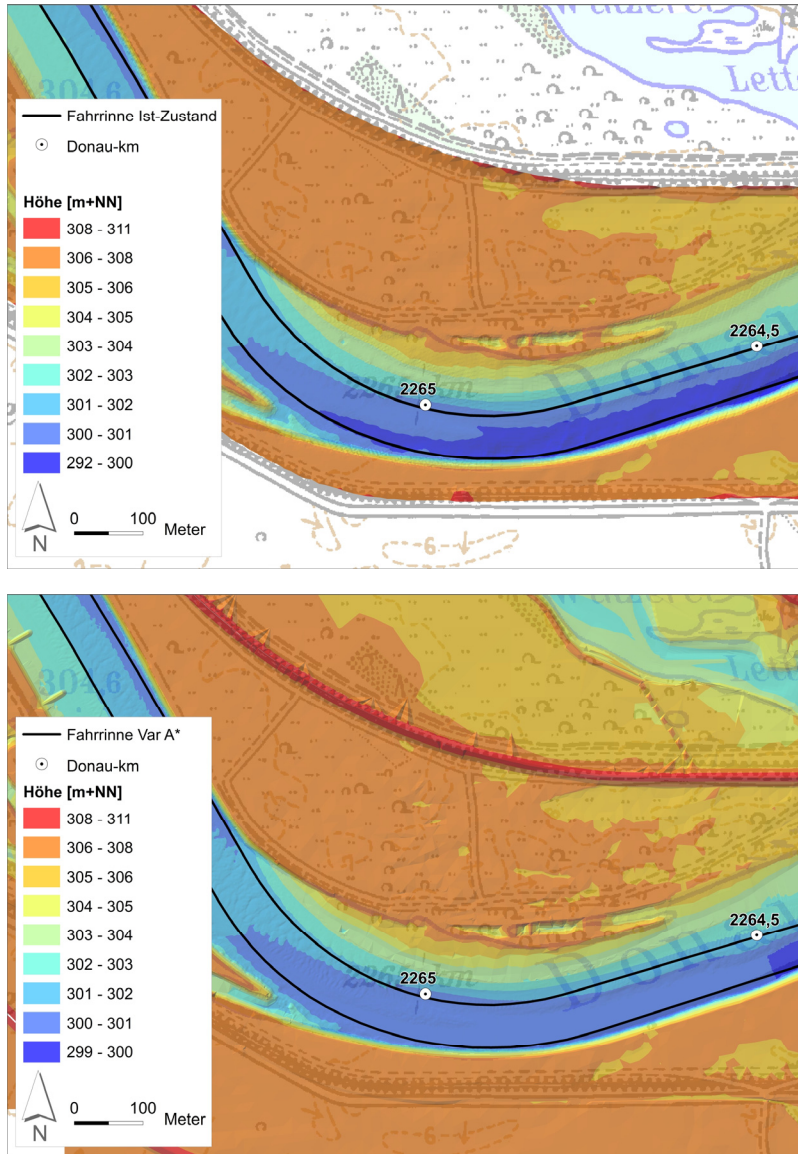


Bild 7: Kolkverbau bei Do-km 2265,00: IST-Zustand (oben), Variante A\* (unten). Der Hochwasserdeich wurde für Variante A\* zurückverlegt und mit dem Modellrand gleichgesetzt

Insbesondere werden auch Sohlbereiche gesichert, bei denen durch Erosionsprozesse der Anschnitt tertiärer Sedimente erfolgen könnte. Diese, in den technischen Planungen als „Tertiärabdeckung“ bezeichneten Sohl Sicherungen werden bautechnisch und damit auch im Modell wie Kolkverbau behandelt. Der Verbau erfolgt durch Einbringung von deutlich gröberem als das anstehende Material in die Kolke auf ein vorgegebenes Niveau. Bild 7 zeigt beispielhaft den Kolkverbau bei Do-km 2265,00 für die Variante A\*.

Bereiche mit Kolkverbau sind die Endlauer Kurve bei Do-km 2260, die Außenkrümmung bei Do-km 2262, bei Winzer (Do-km 2265), im Bereich der Mühlhamer Schleife (Do-km 2273 – 2266), auf Höhe des Staathaufens bei Do-km 2278, der Abschnitt oberstrom der Isarmündung bis Do-km 2284 sowie im Bereich der Reibersdorfer Kurven (Do-km 2318 – Do-km 2314). Bei Variante A\* wird im Modell die Flusssohle im Bereich des Kolkes auf eine Solltiefe von  $RNW_{97} - 3,50$  m angehoben.

### 3.2.6 Isarmündung und Schüttkegel

Im März 2006 fand eine Fächerpeilung der Isarmündung und eines Abschnitts der Isar bei hoher Wasserführung statt [U4]. Während dieser Peilung wurde auch der uferseitige Teil des Schüttkegels, welcher bei der Gesamtpoilung 2005 nicht mit aufgenommen wurde, erfasst. Die Kalibrierung des Modells wurde mit einem Rechenmodell durchgeführt, in welches die im März 2006 erstellte Sohle im gesamten Peilbereich eingefügt wurde [B9]. In einer Sensitivitätsstudie wurde außerdem die hydraulische Wirkung des Isarschüttkegels bei unterschiedlichen Peilungen und damit variierenden räumlichen Ausdehnungen untersucht [B9].

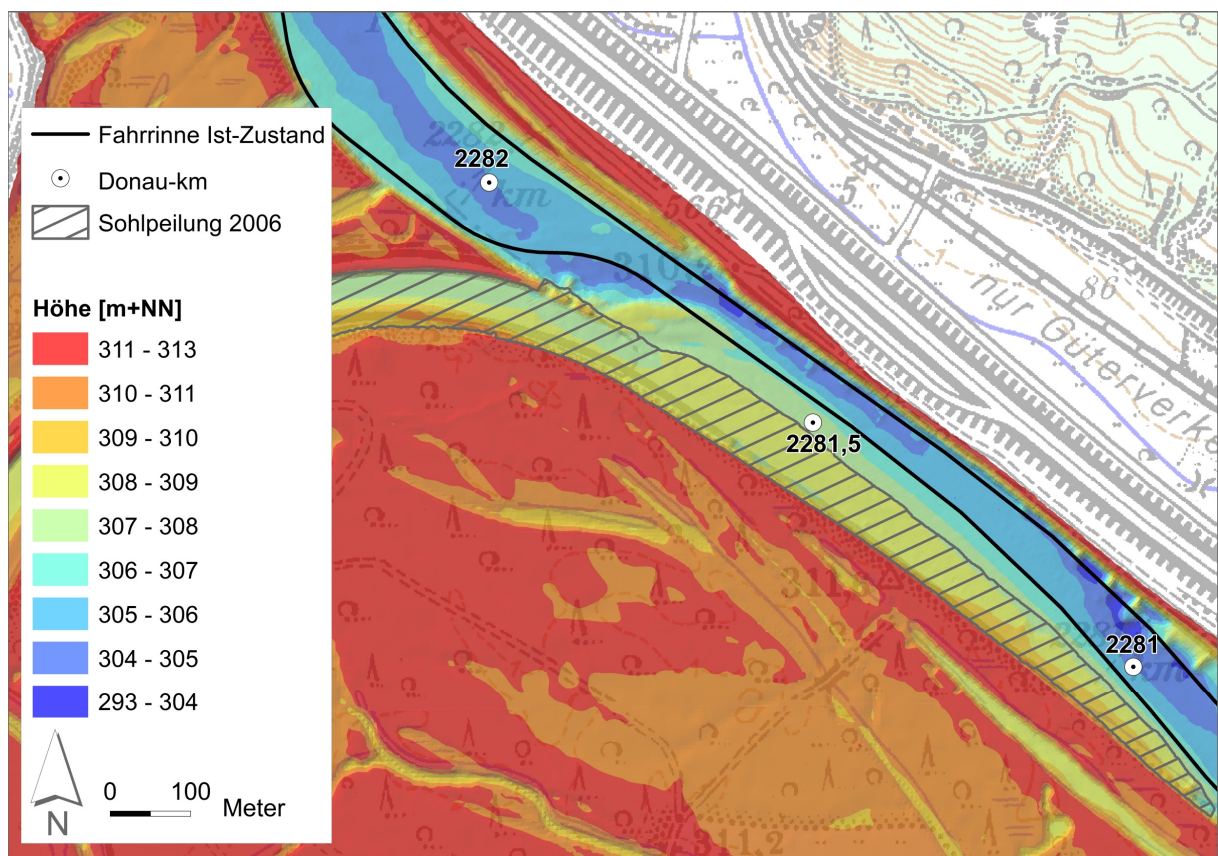


Bild 8: DGM des IST-Zustands im Bereich der Isarmündung, basierend auf Sohlpeilung 2005, Peilung des Schüttkegels vom März 2006 und der Befliegung 1997



Im DGM für die Variante A\* wurde nach eingehender Prüfung der Peilungen die Sohle der Peilung 2005 im Bereich des Schüttkegels belassen, um in der Donau eine einheitliche Sohle für das gesamte Modellgebiet herzustellen. Dort, wo die Peilung 2005 keine Daten liefern konnte, wurde die Peilung von März 2006 in das Geländemodell übernommen. Bild 8 zeigt den Bereich der Isarmündung. Auf dem Schüttkegel ist der Übergang zwischen Gesamtpeilung 2005 und der Peilung der Isarmündung zu erkennen. Die Sohle auf dem Schüttkegel liegt uferseitig höher als im Bereich der Gesamtpeilung 2005.

### 3.2.7 Verschiedene Gelände- und Flussbauelemente

Da die Daten für das Vorland aus dem Jahr 1997 stammen, wurden im Bereich des Vorlandes folgende Änderungen vorgenommen und somit der Datensatz einem aktuelleren Zustand angepasst:

- a. Deichrückverlegungen gemäß ROV (): Es wurden die Planungen zu Deichrückverlegungen aus den Planungen nach ROV umgesetzt.
- b. Absenkung der Fährzufahrt bei Thundorf [U9]
- c. Zwei Uferrehnenabsenkungen an der Isar (Bild 9): Die baulichen Veränderungen im Bereich der Isarmündung wurden als vorbereitende Maßnahmen zum Hochwasserschutzkonzept bereits im Jahre 2009 umgesetzt und entsprechend auch in die Modelle eingepflegt .
- d. Einbau Peilung (2005) Isar [U5]
- e. Isarmündungsbereich und Staatshaufen (Bild 2 und Bild 10):
  - neue Vermessungen des Altwassersystems [U6]
  - Verfeinerung des Berechnungsgitters im Bereich Isarmündung/Staatshaufen
- f. Anschluss Nebengewässer
  - Hengersberger Ohe
  - Herzogbach
  - Kinsach
  - Schwarzach
- g. Absenkung der Kreisstraße bei Isarmünd: Die baulichen Veränderungen wurden als vorbereitende Maßnahmen zum Hochwasserschutzkonzept bereits im Jahre 2009 umgesetzt und entsprechend in die Modelle eingepflegt.
- h. Einbau der Bühne bei Do-km 2267,40, rechts. Die Bühne wurde erst im Jahre 2007 fertiggestellt und war entsprechend in den verwendeten Unterlagen nicht vorhanden.

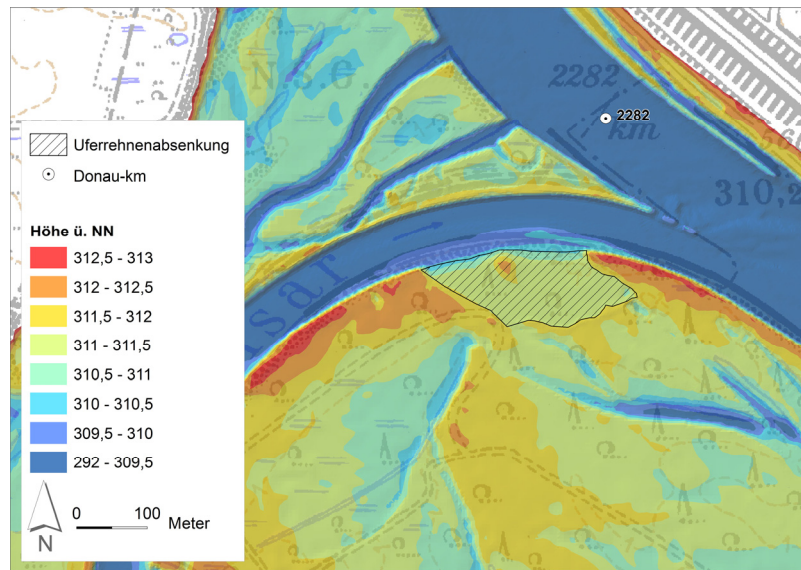


Bild 9: Bereich der Uferrehnenabsenkung zwischen Isar-km 0,20 – 0,50

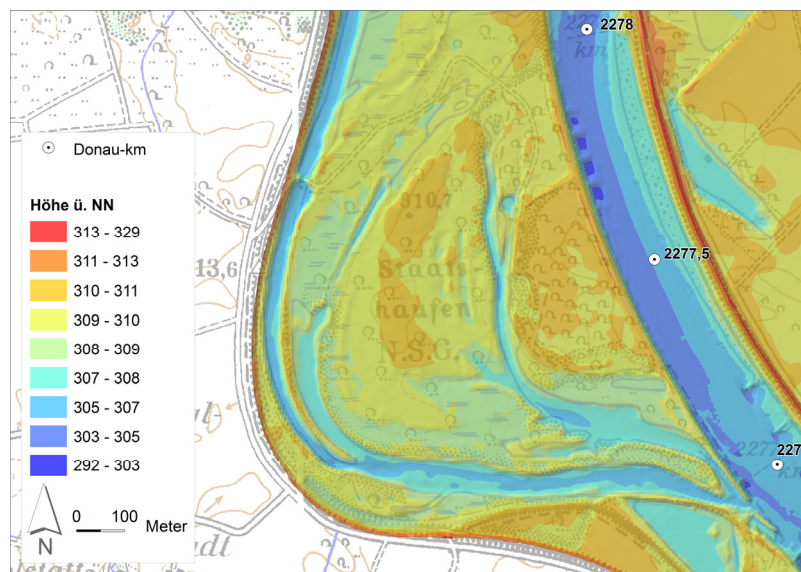


Bild 10: Stark strukturiertes Donauvorland, Do-km 2278 – Do-km 2277

### 3.3 Rauheiten

Das für die Berechnungen verwendete Rauheitsmodell entspricht dem der Kalibrierung [B9]. Auf eine Erhöhung der Rauheitsbeiwerte aufgrund der Verringerung der Formrauheit in Bereichen, die für die Herstellung der Sohle gefräste Flächen aufweisen (siehe Kapitel 3.2.3), wurde in der Phase 1 der Untersuchungen verzichtet.

Auf eine Berücksichtigung von Änderungen des Rauheitsbeiwertes aufgrund des Einbringens von Wasserbausteinen im Kolkverbau wurde im Sinne einer für die Schifffahrt relevanten Abschätzung hin zu kleineren Wassertiefen verzichtet.

### 3.4 Randbedingungen

Die Randbedingungen für die Teilmodelle SV1 – SV4 [B9] werden folgendermaßen bestimmt: Durchfluss und Wasserstand am Auslauf des unterstromigsten Teilmodells SV1 wurden von der RMD Wasserstraßen GmbH als W-Q-Beziehung zur Verfügung gestellt. An die Teilmodelle SV2 – SV4 wurde der Wasserstand vom jeweils unterstrom gerechneten Teilmodell an definierten Stellen übergeben. Tabelle 4 können die eingesetzten Randbedingungen für den Abfluss Q am oberstromigen und den Wasserstand W am unterstromigen Modellrand entnommen werden.

	Q oberstrom Isar	Q Isar	Q unterstrom Isar	W(SV1)	W(SV2) (aus SV1 übergeben)	W(SV3) (aus SV2 übergeben)	W(SV4) (aus SV3 übergeben)
Bezeichnung	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m+NN]	[m+NN]	[m+NN]	[m+NN]
NQ03	168	97	265	300.000	303.467	308.729	310.589
<b>Q(RNW<sub>97</sub>)</b>	<b>211</b>	<b>113</b>	<b>324</b>	<b>300.100</b>	<b>303.747</b>	<b>309.077</b>	<b>310.917</b>
SLNG	251	107	358	300.150	303.895	309.295	311.181
WA	410	130	540	300.400	304.579	310.133	312.072
<b>Q(MW)</b>	<b>463</b>	<b>179</b>	<b>642</b>	<b>300.600</b>	<b>304.897</b>	<b>310.437</b>	<b>312.307</b>
HA	750	260	1010	301.100	305.879	311.385	313.293
<b>Q(HNN)</b>	<b>1375</b>	<b>390</b>	<b>1765</b>	<b>302.200</b>	<b>307.322</b>	<b>312.649</b>	<b>314.836</b>

Tabelle 4: Randbedingungen für die Teilmodelle SV1 – SV4 für die Variante A\*.

Die Berechnungen für die Abflusszustände mit Kürzel NQ03 (MNQ<sub>2003</sub>), SLNG (biotischer Bezugswasserstand „Schlammling“), WA (biotischer Bezugswasserstand „Weichholzaue“) und HA (biotischer Bezugswasserstand „Hartholzaue“) werden von den an der EU-Studie beteiligten und für die Untersuchung ökologischer Fragenstellungen beauftragten Umweltplanern genutzt. Die Abflusszustände wurden durch die am Verfahren beteiligten Naturschutzfachbehörden festgelegt. Die Festlegung der zu simulierenden Abflussmengen erfolgte durch die RMD Wasserstraßen GmbH.

## 4 Ergebnisse der Variante A\*

### 4.1 Allgemeines

#### Vorgehensweise

In Kapitel 4 werden die Berechnungsergebnisse der Variante A\* dargestellt. Nach Analyse aller bis zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Untersuchungsergebnisse und in Abstimmung mit dem Auftraggeber und der WSD Süd wurde die Variante A\* mit einer Herstelltiefe von 2,35 m unter  $RNW_{\text{künftig}}$  für die Weiterentwicklung des Regelungssystems herangezogen. Sämtliche Berechnungen für Abflüsse größer  $Q(RNW_{97})$  hinausgehend wurden ausschließlich mit dieser Variante durchgeführt und entsprechend dargestellt.

Zunächst wird die Bearbeitung der Ergebnisse beschrieben und anschließend werden die einzelnen hydraulischen Größen Wasserspiegel, Wassertiefe, durchströmte Breite, Fließquerschnitt, Fließgeschwindigkeiten sowie Herstellflächen und –volumina diskutiert (Kapitel 4.2 – 4.6). Kapitel 4.7 liefert die wichtigsten Ergebnisse in einer Zusammenfassung.

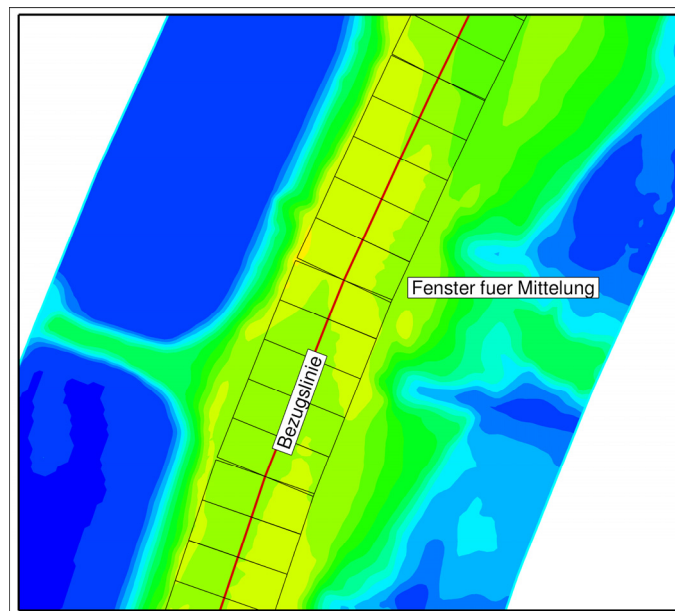


Bild 11: Prinzipdarstellung zur Berechnung der räumlichen Mittelwerte

Die berechneten hydraulischen Größen sind zur besseren Übersicht in Längsschnitten zusammengefasst und über die gesamte Strecke dargestellt. Die Wasserspiegel-Längsschnitte basieren auf Interpolation auf Linien. Die Längsschnitte für Geschwindigkeiten und Wasser-

tiefen werden über eine Mittelung auf einer definierten Breite in Schrittlängen von 25 m erstellt. Bild 11 zeigt in einer schematischen Darstellung, mit welcher räumlichen Diskretisierung diese Mittelwerte in einem automatisierten Verfahren berechnet werden. Dabei kann die seitliche Begrenzung durch die Fahrrinne oder durch eine andere seitliche Begrenzung (z.B. 0,5 m/s-Isotache, durchströmte Breite) definiert werden. Weiterhin wird die durchströmte Breite selbst, ebenso wie die Abflussfläche unter dieser Breite, ausgewertet. Alle diese Werte sind, auf die Kilometrierung der Donau bezogen, in Liniengrafiken dargestellt. Zur Orientierung und zum Vergleich sind die Ergebnisse des IST-Zustandes beigefügt. Die Topographie unter dem Wasserspiegel ist durch den Verlauf der mittleren Wassertiefe indirekt abgebildet. Die Gesamtdarstellung aller Liniengrafiken findet sich in Anhang 4, Bild 1 bis Bild 3.

## 4.2 Wasserspiegel

Die Wasserspiegellage für Variante A\* für  $Q(RNW_{97})$  ist Bild 12 ebenso zu entnehmen wie die Wasserspiegeldifferenz zum IST-Zustand. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung der 3D-Datensätze in Phase 1 lagen nur ungesicherte Ergebnisse für den morphologischen Nachlauf für die Variante A\* vor. Unter Berücksichtigung der bis dahin erfolgten Untersuchungen im Bereich der 1D-Feststofftransportmodellierung wurde der morphologische Nachlauf gemeinsam mit dem Auftraggeber für die gesamte Untersuchungsstrecke auf -0,10 m festgesetzt (Besprechungsniederschrift RMD Wasserstraßen GmbH vom 23.3.2011). Die Summe der resultierenden Wasserspiegeländerungen bestehend aus der Wasserspiegeldifferenz aus dem Herstellzustand und der Prognose für den morphologischen Nachlauf liegt für  $RNW_{künftig}$  generell in einem Wertebereich von  $\pm 0,10$  m. Lediglich im Bereich zwischen Do-km 2276 und Do-km 2250 werden Wasserspiegeländerungen um -0,12 m bis zu vereinzelt -0,16 m prognostiziert (siehe auch Bild 12).

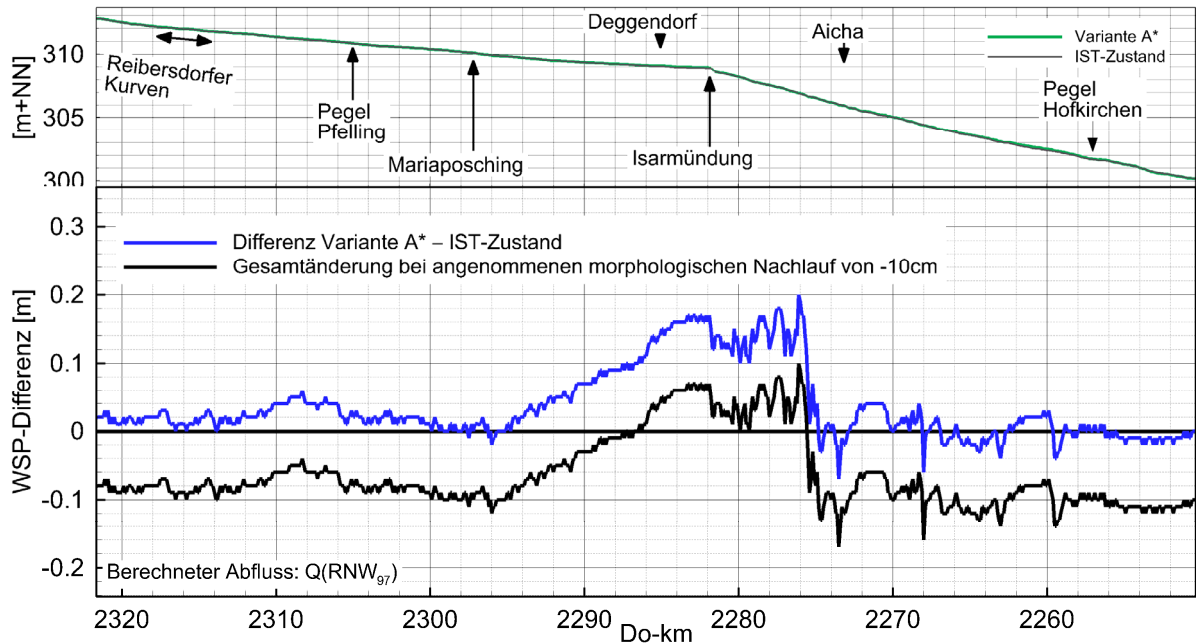


Bild 12: Wasserspiegellagen und -differenzen Variante A\* – IST-Zustand bei  $Q(RNW_{97})$

Die resultierenden Wasserspiegeländerungen für  $Q(MW)$  (Bild 13) fallen höher aus als die für  $Q(RNW_{97})$ . Im Bereich zwischen Do-km 2320 und Do-km 2290 und Do-km 2275 und Do-km 2260 liegen sie im Bereich von  $\pm 0,10$  m. Zwischen Do-km 2290 und Do-km 2275 wird ein Wasserspiegelanstieg von bis zu 0,28 m prognostiziert. Unterstrom von Do-km 2260 wird ein Wasserspiegelverfall von bis zu 0,20 m bei Do-km 2254 erreicht.



Bild 13: Wasserspiegellagen und -differenzen Variante A\* – IST-Zustand bei  $Q(MW)$

Die Wasserspiegellagen für Variante A\* für Q(HNN) sind ebenso wie die Wasserspiegeldifferenzen zum IST-Zustand in Bild 14 dargestellt. Ebenso wie für die zwei anderen Abflüsse wirkt sich auch bei Q(HNN) der geregelte Abschnitt zwischen Do-km 2280 und Do-km 2273 auf die Wasserspiegelentwicklung aus und es kommt zu einem Anstieg von bis zu 0,25 m im Herstellzustand. Die prognostizierte Gesamtwasserspiegeländerung beträgt im Abschnitt Do-km 2273 – Do-km 2250 im Mittel -0,10 m und maximal -0,20 m. Im Abschnitt oberstrom der Isar, zwischen Do-km 2282 und Do-km 2286 werden Wasserspiegelanhebungen von maximal 0,18 m prognostiziert. Weiter oberstrom bewegt sich die Wasserspiegelanhebung in einem Bereich zwischen 0 und 0,09 m.

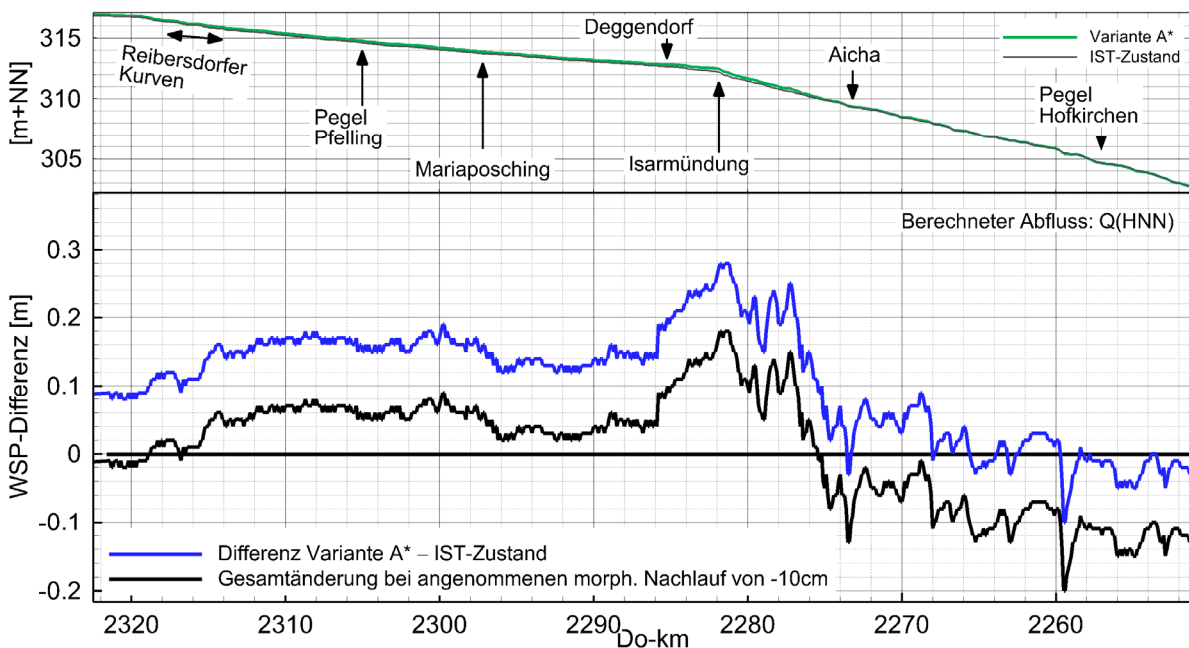


Bild 14: Wasserspiegellagen und -differenzen Variante A\* – IST-Zustand bei Q(HNN)

### 4.3 Wassertiefe

Für die Variante A\* wurde für Q(RNW<sub>97</sub>) eine Mindestwassertiefe von 2,35 m hergestellt. Bild 15 zeigt die mittlere Wassertiefe in der Fahrrinne bei den Abflüssen Q(RNW<sub>97</sub>) und Q(MW). Die Mindestwassertiefe, die für Q(MW) (obere Linie) nicht unterschritten wird, beträgt 3,35 m.

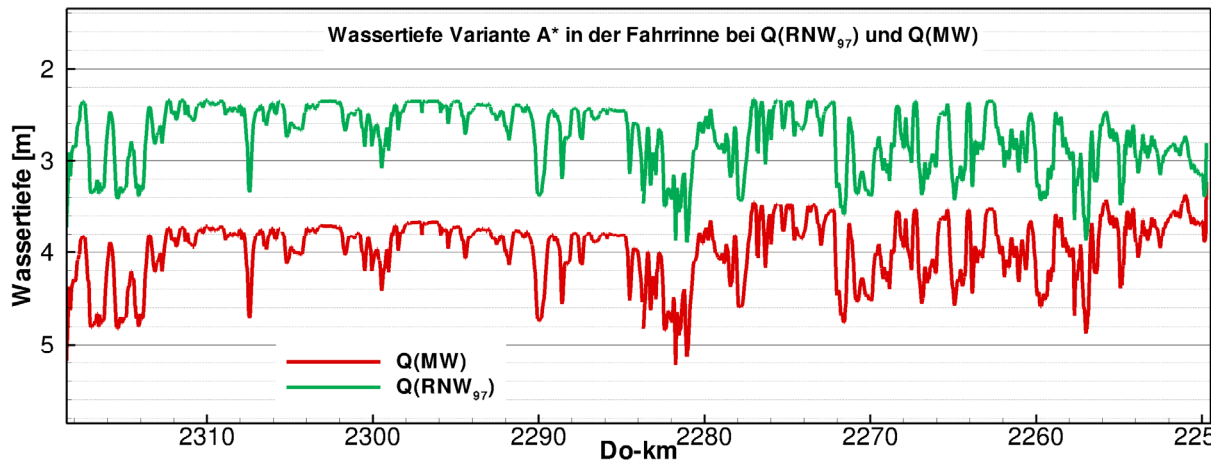


Bild 15: Mittlere Wassertiefen in der Fahrrinne für Variante A\*

#### 4.4 Durchströmte Breiten und Abflussquerschnitte

Die durchströmte Breite (DB) wird definiert als der Abstand der 0,5 m/s-Isotachen zu beiden Seiten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dieser Wert vergleichbar einer Streichlinienbreite für einen Abflusszustand ist und somit als Überprüfungs-kriterium eines Regelungskonzeptes dienen kann. In Verbindung mit dem Abflussquerschnitt und der mittleren Wassertiefe dargestellt, liefert die durchströmte Breite eine zusätzliche Information über das hydraulische Gesamtsystem. Die 0,5 m/s-Isotache wird aus den tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten extrahiert. Anschließend wird der Abstand zwischen linker und rechter Linie berechnet. In der Wendestelle bei Do-km 2285 sinken bei  $Q(RNW_{97})$  die Fließgeschwindigkeiten für Variante A\* unter 0,5 m/s ab. Das hat zur Folge, dass das verwendete Verfahren zur Ermittlung der durchströmten Breite keine sinnvollen Werte liefert und deswegen die Werte in der Grafik nicht dargestellt wurden.

Bei dem hier betriebenen Modell handelt es sich um ein Modell mit fester Sohle. Morphologische Sohlreaktionen aufgrund von Querschnittsänderungen werden nicht berücksichtigt. Es muss daher bei der Interpretation der Werte bedacht werden, dass sich eine solche Reaktion einstellt, d.h dort wo ein Querschnitt stark verbaut und die Sohle nicht befestigt wird, ist damit zu rechnen, dass sich die Querschnittsflächen wieder denen des IST-Zustandes annähern, was durch Eintiefung oder seitlichen Abtrag geschehen kann.

Anhang 4, Bild 1 zeigt, dass die durchströmte Breite für  $Q(RNW_{97})$  im Abschnitt Do-km 2280 – Do-km 2274 gegenüber dem IST-Zustand merklich verringert ist. Hier macht sich die verstärkte Regelung der Variante A\* bemerkbar. Auch oberstrom der Isar wird die durchströmte Breite aufgrund der verschärften Regelung bei  $Q(RNW_{97})$  gegenüber dem IST-Zustand verringert. Bei  $Q(MW)$  sind diese Verringerungen gegenüber dem IST-Zustand (Anhang 4, Bild 2) ebenso erkennbar. Zwischen Do-km 2303 und Do-km 2290 zeigt die durchströmte Breite bei  $Q(MW)$  lokale deutliche Erhöhungen im Vergleich zu direkt benachbarten Abschnitten,



was als Lücken im Regelungssystem interpretiert werden kann. Diese Lücken zeigen sich aufgrund der Topographie der ufernahen Bereiche erst bei Mittelwasser. Unterhalb Mittelwasser sind sie nur schwach überströmt.

Die Abflussflächen liegen für  $Q(RNW_{97})$  mit Ausnahme des Bereiches zwischen Do-km 2285 und Isarmündung im Wertebereich zwischen  $200 \text{ m}^2$  und  $300 \text{ m}^2$  und weisen kaum Schwankungen auf (Anhang 4, Bild 1). Zwischen Do-km 2280 – Do-km 2274 sind die Querschnitte ebenso wie die durchströmte Breite aufgrund der verschärften Regelung gegenüber dem IST-Zustand verringert. Ab Do-km 2268 nimmt die Abflussfläche wie beim IST-Zustand zum Auslauf hin stetig zu. Dort, wo Kolke verbaut wurden, unterscheiden sich die Querschnitte deutlich von denen des IST-Zustandes, (z.B. Do-km 2259,50, Endlauer Kurve). Die Abflussflächen weisen für  $Q(MW)$  oberstrom der Isarmündung höhere Schwankungen auf, welche sich analog zu den Werten für die durchströmte Breite verhalten. Für  $Q(MW)$  sind die Abflussflächen im Bereich Do-km 2280 – Do-km 2276 aufgrund des neuen Regelungskonzeptes gegenüber dem IST-Zustand verringert (Anhang 4, Bild 2). Ab Do-km 2268 nimmt die Abflussfläche nach unterstrom hin zwar im Trend zu, jedoch nicht so stark und kontinuierlich wie bei  $Q(RNW_{97})$ . Kolkverbaue zeigen sich auch in den Berechnungen für  $Q(MW)$  durch eine lokale Verringerung der Querschnittsflächen (z.B. Do-km 2259,50, Endlauer Kurve).

Für  $Q(HNN)$  wurde keine durchströmte Breite im Sinne der Definition erstellt, da bei diesem hohen Abfluss die  $0,5 \text{ m/s}$ -Isotache aufgrund der Bauwerksüberströmung deutlich von der "konstruktiven" Streichlinie abweicht. Stattdessen wurden die Mittelwerte über die Streichlinienbreite ermittelt und sind in Anhang 4, Bild 3 dargestellt.

#### 4.5 Fließgeschwindigkeiten

In Bild 16 sind die Fließgeschwindigkeiten in der Fahrrinne für  $Q(RNW_{97})$  (grüne Linie),  $Q(MW)$  (rote Linie) und  $Q(HNN)$  (blaue Linie) für die Variante A\* unterlegt mit den Ergebnissen für den IST-Zustand (schwarze Linien) abgebildet (Schrittweite 500 m).

Bild 16 zeigt, dass sich die gemittelten Fließgeschwindigkeiten nicht wesentlich von denen des IST-Zustandes unterscheiden. Dort wo für die niedrigeren Abflüsse zu „Spitzen“ in der Variante kommt (z.B. Do-km 2276 oder Do-km 2260) handelt es sich um Reaktionen des Modells (feste Sohle) auf eine starke Querschnittseinengung durch die Regelungsmaßnahmen. Hier ist in der Realität von einer Sohlreaktion, einem Flächenausgleich und einem damit verbundenem Rückgang der Geschwindigkeit nach einer gewissen Zeit auszugehen.

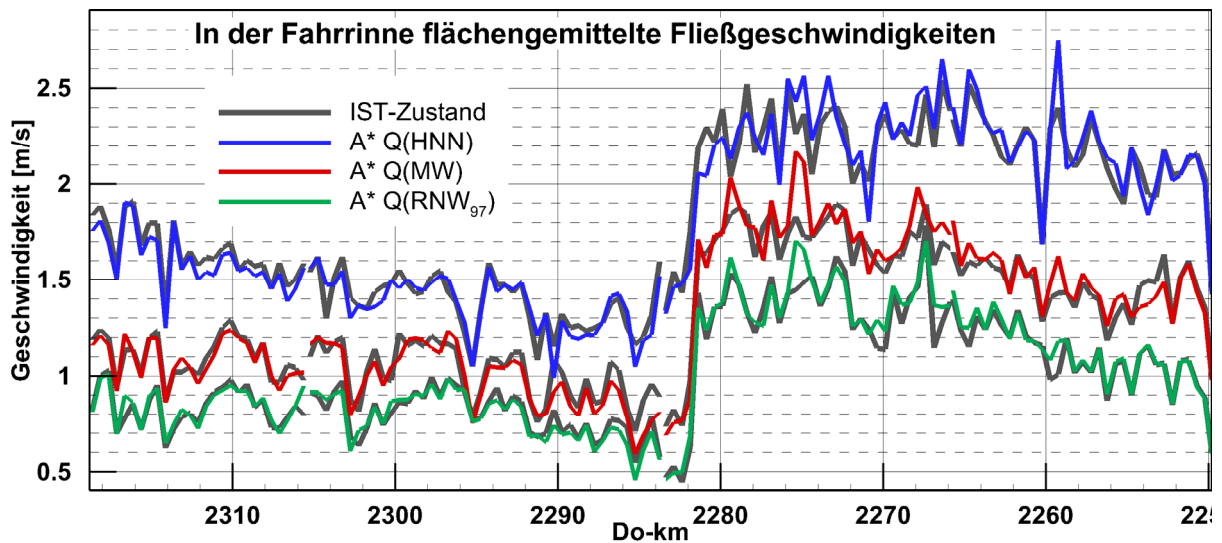


Bild 16: Längsschnitt der Fließgeschwindigkeiten für Variante A\* und IST-Zustand in der Fahrrinne

Von Do-km 2300 bis Do-km 2282 oberstrom der Isarmündung fällt die im Vergleich zum IST-Zustand geringfügig verringerte Fließgeschwindigkeit bei Q(MW) auf. Hier spielt das in die Variante A\* eingebaute Längsbauwerk am Isar-Schüttkegel eine Rolle, welches bei Q(MW) besonders wirksam wird und zu einem Rückstau in diesem Bereich führt. Außerdem hat die tieferliegende Sohle und der damit, wenn auch nur leicht, erhöhte Abflussquerschnitt einen Geschwindigkeit reduzierenden Einfluss. Zwischen Do-km 2279 und Do-km 2265 sind die Geschwindigkeiten geringfügig erhöht. Hier ist die verschärfte Regelung verursachend. Tabelle 5 fasst die Ergebnisse für die untersuchte Strecke in verschiedene Bereiche zusammen und liefert mittlere Geschwindigkeiten für die drei Hauptabflüsse. Die oben diskutierten Aussagen finden sich auch in den Resultaten der Tabelle wieder.

Variante A*	Mittlere Fließgeschwindigkeiten für die Abflusszustände		
	Q(RNW <sub>97</sub> )	Q(MW)	Q(HNN) <sup>1</sup>
<b>Streckenabschnitt Do-km</b>	[m/s]	[m/s]	[m/s]
Straubing – Mariaposching 2318,7 – 2296,4	0,79	0,97	1,40
Mariaposching – Isarmündung 2296,42 – 2281,7	0,68	0,81	1,19
Isarmündung – Aicha 2281,7 – 2273,0	1,27	1,64	2,07
Aicha – Winzer 2273,0 – 2265,2	1,17	1,57	1,99
Winzer – Hofkirchen 2265,2 – 2255,5	1,05	1,31	2,06
Hofkirchen - Vilshofen 2255,5 – 2249,7	0,92	1,22	1,81
<b>Straubing - Isarmündung</b>	<b>0,74</b>	<b>0,91</b>	<b>1,31</b>
<b>Isarmündung – Winzer</b>	<b>1,22</b>	<b>1,60</b>	<b>2,03</b>
<b>Gesamt</b>	<b>0,91</b>	<b>1,16</b>	<b>1,63</b>

<sup>1</sup>: auf der Streichlinienbreite gemittelt

Tabelle 5: Mittlere Fließgeschwindigkeiten [m/s] auf der durchströmten Breite für Streckenabschnitte der Variante A\*

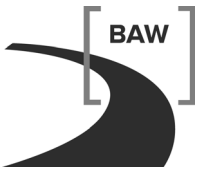
In Anhang 4, Bild 1 bis Bild 3 sind die Fließgeschwindigkeiten auf der durchströmten Breite für Q(RNW<sub>97</sub>), Q(MW) und für Q(HNN) auf der Streichlinienbreite für die Variante A\* abgebildet.

#### 4.6 Herstellfläche und –volumen

Für die Herstellung der Variante A\* mit einer Herstelltiefe von 2,35 m unter RNW<sub>künftig</sub> müssen ca. 35% der Gesamtfahrrinnenfläche mit einer mittleren Tiefe von 0,19 m gebaggert werden. Das hierfür notwendige Baggervolumen beläuft sich auf ca. 330.000 m<sup>3</sup>.

#### 4.7 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

- Die Mindestwassertiefen von 2,35 m bei  $Q(RNW_{97})$  für den Herstellzustand werden erreicht.
- Wasserspiegelanhebung (Do-km 2286 - 2276) von ca. 0,05 m bei  $Q(RNW_{97})$  und ein Wasserspiegelverfall auf den restlichen Streckenabschnitten um ca. 0,10 m nach Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs.
- Wasserspiegelabsenk bei  $Q(MW)$  auf der Strecke zwischen Do-km 2286 – Do-km 2276 um ca. 0,10 m, oberstrom kommt es zu einer Anhebung des Wasserspiegels um bis zu 0,28 m nach Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs.
- Die berechneten Fließgeschwindigkeiten weichen nicht erheblich von denen des IST-Zustandes ab.
- Für die Herstellung der Variante A\* müssen im Modell ca. 35% der Gesamtfahrriinfläche mit einer mittleren Tiefe von 0,19 m gebaggert werden.



## 5 Modellerstellung und -betrieb der Variante A

### 5.1 Allgemeines

Nach der Berechnung und Analyse der hydraulischen Parameter für die Variante A\* wurden Streckenabschnitte mit Weiterentwicklungspotenzial identifiziert und Modifikationen des Regelungskonzeptes erarbeitet.

Zu den Kriterien für die Weiterentwicklung gehörten:

- Einhaltung der Sicherheitsabstände zu den Regelungsbauwerken,
- Überprüfung der Bauwerkshöhen (auch Bestandsbauwerke),
- Wasserspiegelstützung,
- Reduzierung der Fräsflächen,
- Vergleichmäßigung des Wasserspiegelgefälles
- Vergleichmäßigung des Geschwindigkeitslängsprofils
- Vergleichmäßigung des Geschiebetransportes,
- Reduzierung der Unterhaltungsbaggermengen
- Entschärfung des Unfallschwerpunktes Mühlhamer Schleife

Demgegenüber standen schiffahrtsrelevante Zwangspunkte wie Wendestellen, Warteplätze und auch der Unterhaltung dienende Kieslagerplätze. Durch die im Zuge der Weiterentwicklung gleichzeitig durchgeführte Konfliktanalyse zur Vermeidung und Minimierung von Auswirkungen auf die Fischfauna [B13], wurden einige im Sinne einer flussbaulichen Optimierung angedachte Maßnahmen für die Planungen modifiziert oder nicht weiter untersucht. Die hydraulische Wirkung fischökologisch optimierter Regelungsbauwerke wurde im Rahmen dieses Auftrages nicht untersucht.

Weiterhin wurde das Hochwasserschutzkonzept [U12], welches von der RMD Wasserstraßen GmbH entwickelt und im Frühjahr 2011 in Form eines Lageplanes und 3D-Polylinien übergeben wurde, in die Varianten integriert.

Das Kapitel 5 beschreibt den Aufbau des Modells der im Rahmen der EU-Studie weiterentwickelten Variante A. Dazu gehört die Erstellung des Modells (Unterkapitel 5.2). Die Definition der zum Betrieb des numerischen Modells wichtigen Parameter Rauheiten und Randbedingungen erfolgt in den Kapiteln 5.3 und 5.4.

## 5.2 Geometrie und Berechnungsgitter

Die Rechengitter waren zu Beginn des Projektes derart konzipiert worden, dass für den Aufbau der verkehrswasserbaulichen Varianten keine Änderungen an den Gittern notwendig wurden. Damit konnten numerische Effekte infolge einer Anpassung der Gittertopologie in den Berechnungsergebnissen vermieden werden.

Das Regelungskonzept ist ausführlich in [B14] beschrieben. Einen Überblick über die Regelungsmaßnahmen liefert Anhang 2.

Im Laufe des Projektes zeigte sich, dass durch das von der RMD Wasserstraßen GmbH erarbeitete Hochwasserschutzkonzept (Erläuterungen siehe [B14]) doch Anpassungen der Rechengitter notwendig wurden. Die Änderungen betrafen jedoch nur die Vorlandbereiche und sind in der Hauptsache auf die Teilmodelle SV1 und SV2 begrenzt. Die aufgrund des Hochwasserschutzkonzeptes durchgeführten Erweiterungen der Gitternetze können in Anhang 3 eingesehen werden.

Der Neubau der Eisenbahnbrücke bei Deggendorf sowie die modifizierte ehemalige Eisenbahnbrücke wurden in das Modell übernommen [U13].

Das weiterentwickelte Regelungssystem wurde in die digitalen Geländemodelle übernommen und die neuen Höheninformationen der DGM-Geometrie auf die Rechengitter interpoliert.

### 5.2.1 Digitales Geländemodell und Topographie

Im Bereich der Mühlhamer Schleife (Do-km 2273 – Do-km 2266) wurden 2010 Flachwasserpeilungen durchgeführt. Diese wurden in das DGM für die Variante A eingebaut. Eine Beschreibung Flachwasserpeilungen findet sich in [B10].

### 5.2.2 Herstelltiefe im Modell

Die iterative Vorgehensweise zur Bestimmung einer definierten Herstellsohle unter dem  $RNW_{\text{künftig}}$  für die Variante A wird in Kapitel 3.2 dargelegt.

Aufgrund der Empfehlung aus den „Vertieften Untersuchungen“ zur Gleichwertigkeit der Strecke bezüglich der Abladetiefen [B5] wurde die Strecke unterhalb der Isarmündung bis zur Felsstrecke auf eine Tiefe von 2,40 m unter  $RNW_{\text{künftig}}$  hergestellt. Mit dieser Vertiefung um 0,05 m gegenüber der Strecke oberstrom der Isarmündung soll das durch die größeren Gefälle erhöhte fahrdynamische Einsinken im Abschnitt unterhalb der Isarmündung kompensiert werden.

Eine Besonderheit bildet die Felsstrecke im Teilmodell SV1 (Bereich von Do-km 2256,70 – Do-km 2249,70). Für diesen Bereich wurde unter der Annahme eines voll funktionsfähigen Kiesfangs bei Do-km 2256,60 eine Herstelltiefe im Bereich der Fahrrinne von 2,55 m unter

RNW<sub>künftig</sub> angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass im Felsbereich aufgrund des geplanten Kiesfangs bei Hofkirchen die Kiesüberdeckung abgetragen wird. Aus diesem Grund wird für die Felsstrecke das Flottwasser um 0,20 m erhöht (Tabelle 6).

Modellabschnitt Do-km	Herstelltiefe
2329,80S – 2281,70 (Kiesstrecke oberstrom der Isar)	2,35 m unter RNW <sub>künftig</sub>
2281,70 – 2256,70 (Kiesstrecke unterstrom der Isar)	2,40 m unter RNW <sub>künftig</sub>
2256,70 – 2249,70 (Felsstrecke unterstrom der Isar)	2,55 m unter RNW <sub>künftig</sub>

Tabelle 6: Herstelltiefen der Variante A

### 5.3 Rauheiten

Das für die Berechnungen verwendete Rauheitsmodell entspricht dem Rauheitsmodell aus der Kalibrierung [B9]. Ausnahmen sind die Bereiche in denen die Fahrrinne im Modell hergestellt (Fräsen) bzw. Kolke verbaut wurden.

#### Rauheiten in der gefrästen Felsstrecke

Modelltechnisch führt die Eintiefung der Sohle im Bereich der Fahrrinne (Herstellung, "Fräsen") zu einer Glättung der Modellsohle (Felsoberfläche) und in der Folge zu einem Verlust an Formrauheit im Modell. Diese muss durch eine geeignete Wahl des Rauheitsbeiwertes ausgeglichen werden. In einer Sensitivitätsstudie anhand sowohl einer Systemrinne als auch eines Flussmodells wurde der Einfluss des Verlustes an Formrauheit auf den berechneten Wasserspiegel untersucht und ein Rauheitsbeiwert zur Kompensation ermittelt. Dieser Rauheitsbeiwert wurde für die gefrästen Flächen im Modell angesetzt. Tabelle 7 fasst die verwendeten Rauheitsbeiwerte zusammen.

#### Rauheiten in der gefrästen Kiesstrecke

Durch das Einfräsen der Fahrrinne in die Variantenmodelle kommt es, wie oben bereits erläutert, zu einer Glättung der Sohle in diesen Bereichen. Durch eine Sensitivitätsstudie konnte der Einfluss der Glättung in den Kiesstrecken auf das Berechnungsergebnis ermittelt werden. Dieser beträgt bezogen auf den Wasserspiegel bei  $Q(RNW_{97})$  unterstrom der Isar bis zu -0,04 m und oberstrom der Isar bis zu -0,03 m. Für die folgenden Berechnungen der Variante A wird als Ergebnis dieser Studie der Rauheitsbeiwert auf  $k_s = 3,5$  mm für die Bereiche oberstrom der Isar und auf  $k_s = 10$  mm für die Bereiche unterstrom der Isar innerhalb der geglätteten Bereiche erhöht (siehe auch Tabelle 7).



## Rauheiten im Kolkverbau

In Bereichen mit Kolkverbau ist die Sohle im Modell praktisch eben (siehe Bild 7). Diese Sohlbereiche können sich wie auch bei der Fräsung der Fahrrinne im Sinne einer modellbedingten Wasserspiegelabsenkung auswirken. Untersuchungen für die gefrästen Fahrinnen haben gezeigt, dass sich diese Absenkung im Bereich von 0,01 m-0,02 m bewegt.

Da für die Untersuchungen der weiterentwickelten Variante A Erkenntnisse darüber vorliegen, wie eine modellbedingte glatte Fläche über einen erhöhten  $k_s$ -Wert kompensiert werden kann, wurde dieses Vorgehen auch für die Bereiche der Kolkverbaue angewendet.

Auf eine Berücksichtigung von angenommenen Änderungen des Rauheitsbeiwertes aufgrund des Einbringens von Wasserbausteinen im Kolkverbau wurde im Sinne einer für die Schifffahrt relevanten Abschätzung hin zu kleineren Wassertiefen verzichtet.

Variante A	Äquivalente Sandrauheit $k_s$ nach Nikuradse	
	$k_s$ auf ungefrästen Flächen	$k_s$ auf gefrästen Flächen
<b>Felsstrecke</b>	0,05 m	0,08 m
<b>Felsstrecke</b>	0,10 m	0,12 m
<b>Kies unterhalb Isarmündung</b>	0,002 m	0,0035 m
<b>Kies oberhalb Isarmündung</b>	0,006 m	0,01 m
<b>Kolkverbau unterhalb Isarmündung</b>	0,002 m	0,0035 m
<b>Kolkverbau oberhalb Isarmündung</b>	0,006 m	0,01 m

Tabelle 7: Rauheitsbeiwerte  $k_s$  für die HN-Modellierung

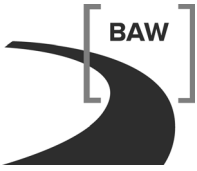
## 5.4 Randbedingungen

Tabelle 8 listet analog zu Tabelle 4 sämtliche ober- und unterstromigen Randbedingungen für die vier Teilmodelle auf. Das Vorgehen zur Ermittlung der Wasserstandsrandbedingung am Auslauftrand entspricht dem Vorgehen aus Abschnitt 3.4.

	Q oberstrom Isar	Q Isar	Q unterstrom Isar	W(SV1)	W(SV2) (aus SV1 übergeben)	W(SV3) (aus SV2 übergeben)	W(SV4) (aus SV3 übergeben)
Bezeichnung	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m+NN]	[m+NN]	[m+NN]	[m+NN]
NQ03	168	97	265	300.000	303.512	308.628	311.550
<b>Q(RNW<sub>97</sub>)</b>	<b>211</b>	<b>113</b>	<b>324</b>	<b>300.100</b>	<b>303.799</b>	<b>308.984</b>	<b>310.908</b>
SLNG	251	107	358	300.150	303.951	309.190	311.170
Öko6	310	133	443	300.265	304.303	309.571	311.550
WA	410	130	540	300.400	304.656	309.943	312.056
<b>Q(MW)</b>	<b>463</b>	<b>179</b>	<b>642</b>	<b>300.600</b>	<b>304.993</b>	<b>310.257</b>	<b>312.294</b>
MQ März/April	595	192	787	300.800	<b>307.355</b>	<b>312.435</b>	<b>314.828</b>
HA	750	260	1010	301.100	304.303	309.571	311.550
<b>Q(HNN)</b>	<b>1375</b>	<b>390</b>	<b>1765</b>	<b>302.200</b>	305.425	310.670	310.590

Tabelle 8: Randbedingungen für die Teilmodelle SV1 – SV4 für die Variante A

Die berechneten Abflüsse mit Kürzel NQ03 (MNQ<sub>2003</sub>), SLNG (biotischer Bezugswasserstand „Schlammling“), WA (biotischer Bezugswasserstand „Weichholzaue“), Öko6 (biotischer Bezugswasserstand „Untergrenze Büchsenkrautfluren 2003“), MQ März/April und HA (biotischer Bezugswasserstand „Hartholzaue“) werden von an der EU-Studie beteiligten und für die Untersuchung ökologischer Fragenstellungen beauftragten Umweltplanern genutzt. Sie wurden durch die am Verfahren beteiligten Naturschutzfachbehörden und Gutachter festgelegt. Zusätzlich zu den Rechnungen mit Variante A\* wurden für die Variante A von den Umweltplanern zwei weitere Abflüsse (Öko6, MQ März/April) angefordert. Die Übergabe der zu berechnenden Abflüsse und die Aufteilung auf Donau und Isar erfolgten durch die RMD Wasserstraßen GmbH.



## 6 Ergebnisse der Variante A

### 6.1 Allgemeines

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Variante A analog zu den Ergebnissen von Variante A\* (Kapitel 4) dargestellt. Die Gesamtdarstellung der Längsschnitte findet sich in Anhang 4, Bild 4 bis Bild 6.

### 6.2 Wasserspiegel

Die Wasserspiegellage für Variante A ist Bild 17 für  $Q(RNW_{97})$  und Bild 18 für  $Q(MW)$  ebenso zu entnehmen wie die Wasserspiegeldifferenz zum IST-Zustand. Die dargestellten Differenzen umfassen sowohl die Änderungen der Variante im Herstellzustand zum IST-Zustand (blaue Linie) als auch die Änderungen, die sich aufgrund des morphologischen Nachlaufs ergeben (rote Linie). Der morphologische Nachlauf wurde auf Grundlage eines 1D-Feststofftransportmodells für die Gesamtstrecke berechnet [B11]. Die schwarze Linie stellt die Gesamtänderung des Wasserspiegels dar.

Bild 17 zeigt die Wasserspiegellagen und –differenzen für die Variante A bei  $Q(RNW_{97})$ . Die prognostizierten Änderungen liegen generell in einem Wertebereich von  $\pm 0,10$  m. Lediglich im Bereich zwischen Do-km 2268 und 2260 werden Gesamt-Wasserspiegelländerungen von bis zu  $+0,16$  m prognostiziert.

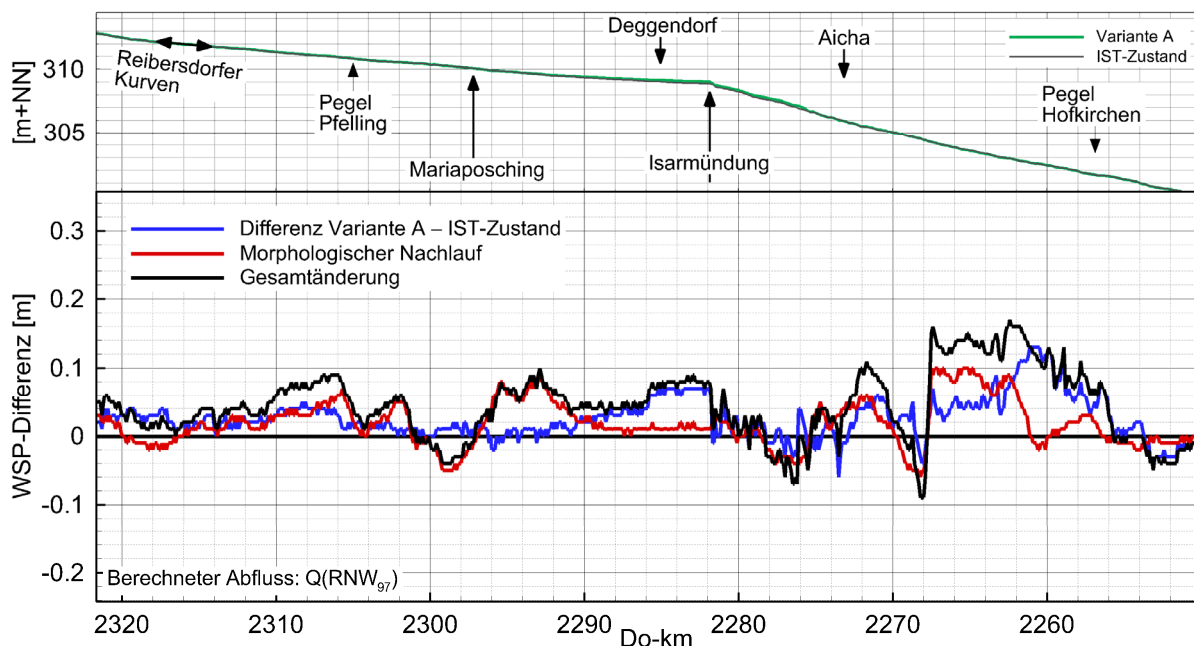


Bild 17: Wasserspiegellagen und –differenzen A – IST-Zustand bei  $Q(RNW_{97})$

Bild 18 zeigt die Wasserspiegellagen und –differenzen für die Variante A bei Q(MW). Für den Herstellzustand ergibt sich eine Anhebung des Wasserspiegels um 0,10 m – 0,20 m auf der gesamten Strecke. Der berechnete morphologische Nachlauf führt auf dem Abschnitt Do-km 2276 – 2262 zu einer weiteren Anhebung um bis zu 0,10 m. Damit liegt die Wasserspiegelanhebung auf der gesamten Strecke nach Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs zwischen 0,10 m und 0,20 m.

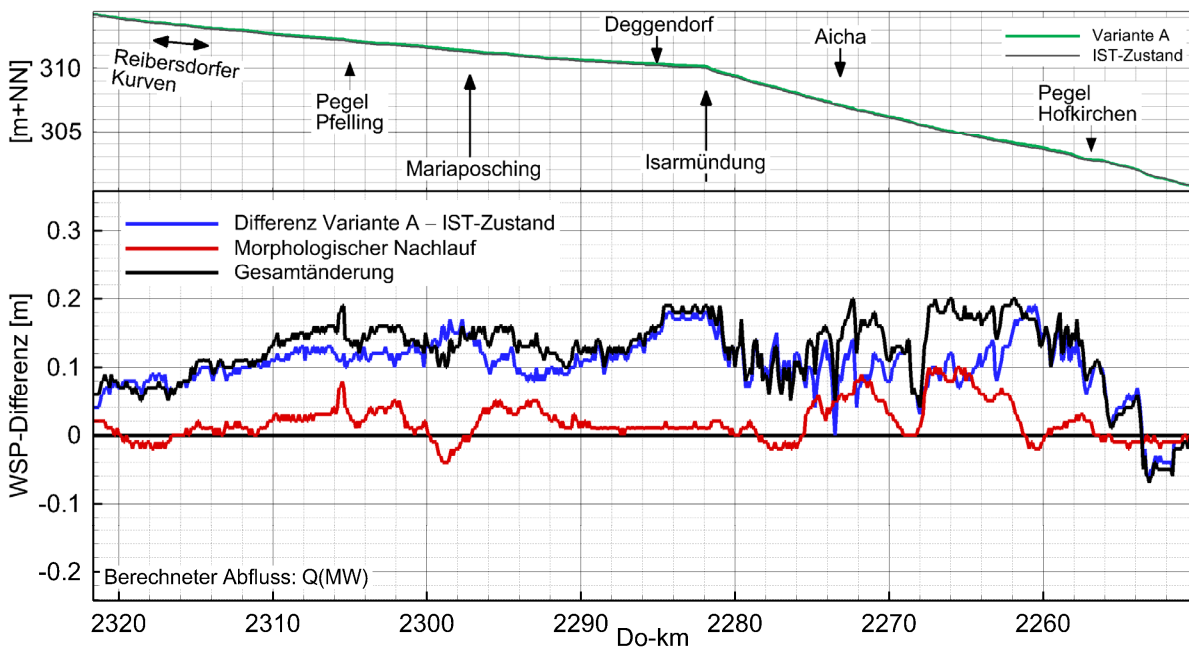


Bild 18: Wasserspiegellagen und –differenzen A – IST-Zustand bei Q(MW)

Bild 19 zeigt die Wasserspiegellagen und –differenzen für die Variante A bei Q(HNN). Die Wasserspiegelanhebung bei Q(HNN) im Herstellzustand bewegt sich im Bereich zwischen 0,10 m und 0,20 m. Generell sind die Wasserspiegeländerungen bei Q(HNN) bereits durch Maßnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzkonzeptes beeinflusst und zeigen somit eine andere Charakteristik als jene bei Q(MW). Bei Do-km 2261 kommt es relativ zum IST-Zustand zu einer lokalen Wasserspiegelanhebung von 0,18 m. Diese Anhebung hat ihre Ursache in der oberstrom vorgesehenen Deichrückverlegung und der Rückführung des Abflusses in einen kleineren Querschnitt bei Do-km 2261. Nach oberstrom bis zur Isarmündung bewegt sich die Anhebung im Bereich von 0,10 m. Ab Do-km 2291 wirken sich in Variante A vorgesehenen Regelungsbauwerke stützend auf den Wasserspiegel aus. Nach der Überlagerung mit dem morphologischen Nachlauf bleiben die Wasserspiegelanhebungen bis oberstrom der Isar im wesentlichen im Bereich von 0,10 m, oberstrom Do-km 2291 wird eine Gesamtänderung von bis zu +0,20 m prognostiziert.

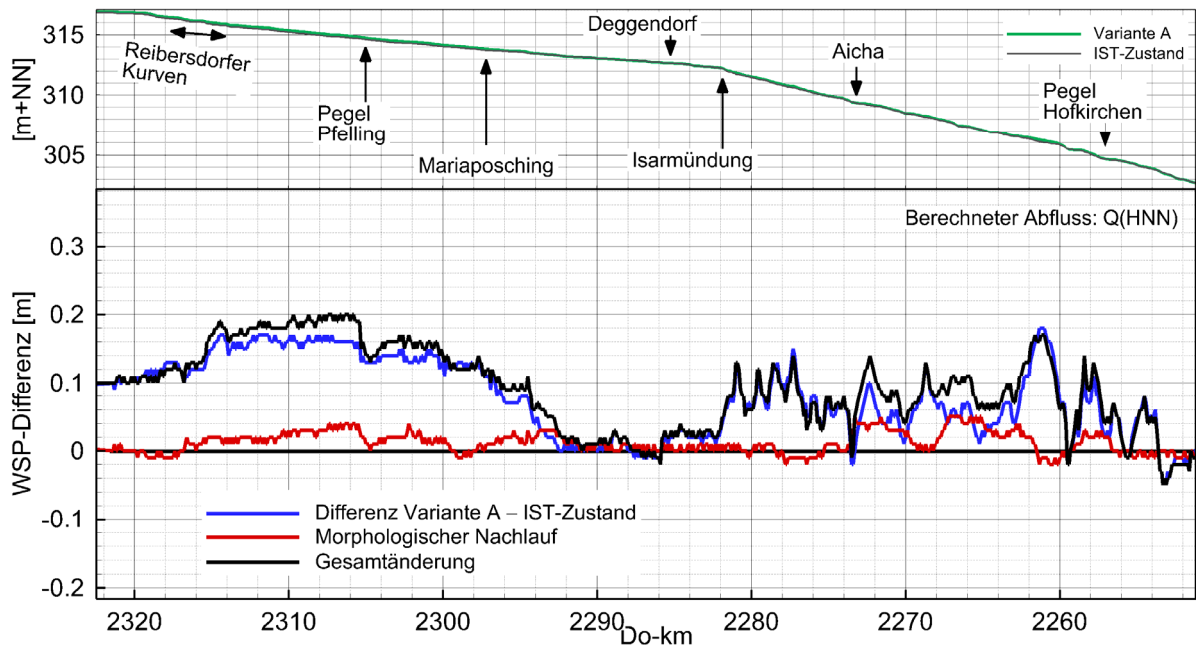


Bild 19: Wasserspiegellagen und -differenzen A – IST-Zustand bei Q(HNN)

### 6.3 Wassertiefe

Für die Variante A wurde für  $Q(RNW_{97})$  eine Mindestwassertiefe von 2,35 m oberhalb der Isarmündung und 2,40 m unterhalb der Isarmündung hergestellt. In Bild 20 ist die mittlere Wassertiefe in der Fahrrinne bei den Abflüssen  $Q(RNW_{97})$  und  $Q(MW)$  dargestellt. Die Mindestwassertiefe, die für  $Q(MW)$  (obere Linie) nicht unterschritten wird, beträgt 3,35 m.

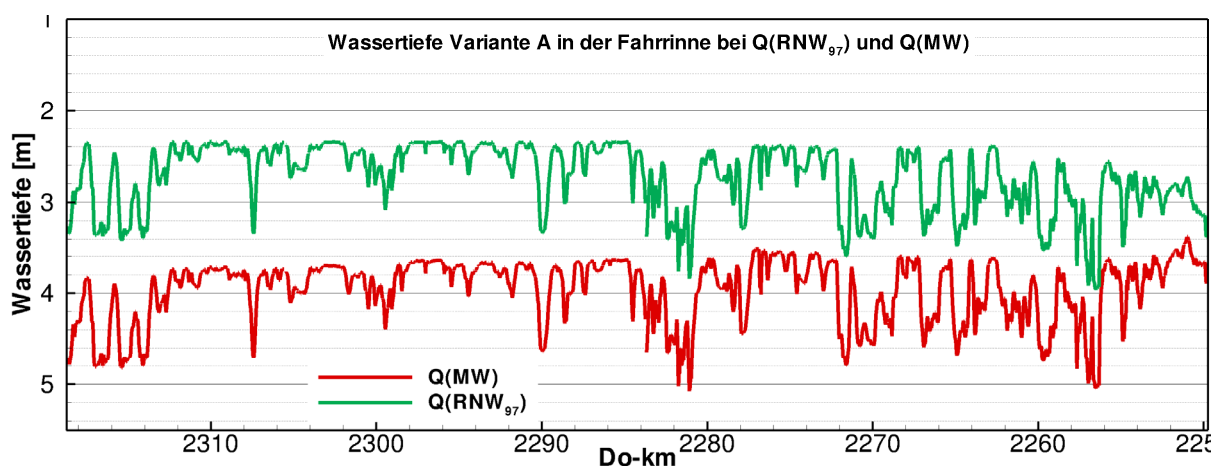


Bild 20: Mittlere Wassertiefen in der Fahrrinne für Variante A

## 6.4 Durchströmte Breiten und Abflussquerschnitte

Die Werte für die durchströmte Breite wurden, wie in Kapitel 4.4 beschrieben, ermittelt. In der Wendestelle bei Do-km 2285 sinken bei  $Q(RNW_{97})$  die Fließgeschwindigkeiten für Variante C/C<sub>2,80</sub>\* unter 0,5 m/s ab. Das hat zur Folge, dass das verwendete Verfahren zur Ermittlung der durchströmten Breite keine sinnvollen Werte liefert und deswegen die Werte in der Grafik nicht dargestellt wurden.

Anhang 4, Bild 4 zeigt, dass sich die durchströmte Breite für  $Q(RNW_{97})$  im Abschnitt Do-km 2280 und Do-km 2276 gegenüber dem IST-Zustand merklich verringert. Hier macht sich die verstärkte Regelung bemerkbar. Auch oberstrom der Isar ist die durchströmte Breite aufgrund der schärferen Regelung bei  $Q(RNW_{97})$  gegenüber dem IST-Zustand verringert. Bei  $Q(MW)$  sind diese Verringerungen ebenso erkennbar (Anhang 4, Bild 5). Zwischen Do-km 2303 und Do-km 2290 zeigt die durchströmte Breite bei  $Q(MW)$  lokal deutliche Erhöhungen gegenüber den angrenzenden Abschnitten, welche als Lücken im Regelungssystem interpretiert werden können. Diese Lücken zeigen sich aufgrund der Topographie der ufernahen Bereiche erst bei Mittelwasser. Unterhalb Mittelwasser sind sie nur schwach überströmt. Gleichzeitig ist die durchströmte Breite zwischen Do-km 2300 und Do-km 2292 durch die Weiterentwicklung gegenüber dem IST-Zustand vergleichmäßigt worden. Die Optimierung des Abschnittes um die Mühlhamer Schleife zeigt sich in den Berechnungen durch eine relative Vergleichmäßigung der durchströmten Breite gegenüber dem IST-Zustand.

Die Abflussflächen liegen für  $Q(RNW_{97})$  mit Ausnahme des Bereiches zwischen Do-km 2285 und Isarmündung im Wertebereich zwischen 200 und 300 m<sup>2</sup> und weisen kaum Schwankungen auf (Anhang 4, Bild 4). Zwischen Do-km 2280 und Do-km 2275 sind die Querschnitte ebenso wie die durchströmte Breite aufgrund der weiterentwickelten Regelung in der Variante A\* gegenüber dem IST-Zustand nur unwesentlich verringert. Ab Do-km 2268 nimmt die Abflussfläche wie beim IST-Zustand zum Auslauf hin im Trend zu. Dort, wo Kolke verbaut wurden unterscheiden sich die Querschnitte deutlich von denen des IST-Zustands (z.B. Do-km 2259,50, Endlauer Kurve). Die Abflussflächen weisen für  $Q(MW)$  analog zu den Werten für die durchströmte Breite oberstrom der Isarmündung höhere Schwankungen auf. Für  $Q(MW)$  sind die Abflussflächen im Bereich Do-km 2280 – Do-km 2276 aufgrund des weiterentwickelten Regelungskonzeptes gegenüber dem IST-Zustand kaum verringert (Anhang 4, Bild 5). Ab Do-km 2268 nimmt die Abflussfläche zum Auslauf hin zwar stetig zu, jedoch nicht so stark und kontinuierlich wie bei  $Q(RNW_{97})$ . Kolkverbaue zeigen sich auch in den Berechnungen für  $Q(MW)$  durch eine lokale Verringerung der Querschnitte (z.B. Do-km 2259,50, Endlauer Kurve).

Für  $Q(HNN)$  wurde keine durchströmte Breite im Sinne der Definition erstellt, da bei diesem hohen Abfluss die 0,5 m/s-Isotache aufgrund der Bauwerksüberströmung deutlich von der "konstruktiven" Streichlinie abweicht. Stattdessen wurden die Mittelwerte über die Streichlinienbreite ermittelt und sind in Anhang 4, Bild 6 dargestellt.

## 6.5 Fließgeschwindigkeiten

In Bild 21 sind die Fließgeschwindigkeiten in der Fahrrinne für  $Q(RNW_{97})$  (grüne Linie),  $Q(MW)$  (rote Linie) und  $Q(HNN)$  (blaue Linie) für die Variante A unterlegt mit den Ergebnissen für den IST-Zustand (schwarze Linien) abgebildet (Schrittweite 500 m). Lücken in den Linien können dort entstehen, wo zwei Teilmodelle aneinander gesetzt sind.

Bei allen drei untersuchten Abflüssen kommt es zu keiner nennenswerten Abweichung der Fließgeschwindigkeiten gegenüber dem IST-Zustand. Lokal sind Unterschiede dort zu erkennen, wo entweder deutliche Veränderungen im Regelungssystem vorliegen (z.B. Ausgang Mühlhamer Schleife, Do-km 2268 bis Do-km 2266; Queranschluss des Parallelwerkes an der Isarmündung (Do-km 2282)) oder Maßnahmen des Hochwasserschutzkonzeptes wirken (z.B. Deichrückverlegung oberstrom Do-km 2261 bei  $Q(HNN)$ ).

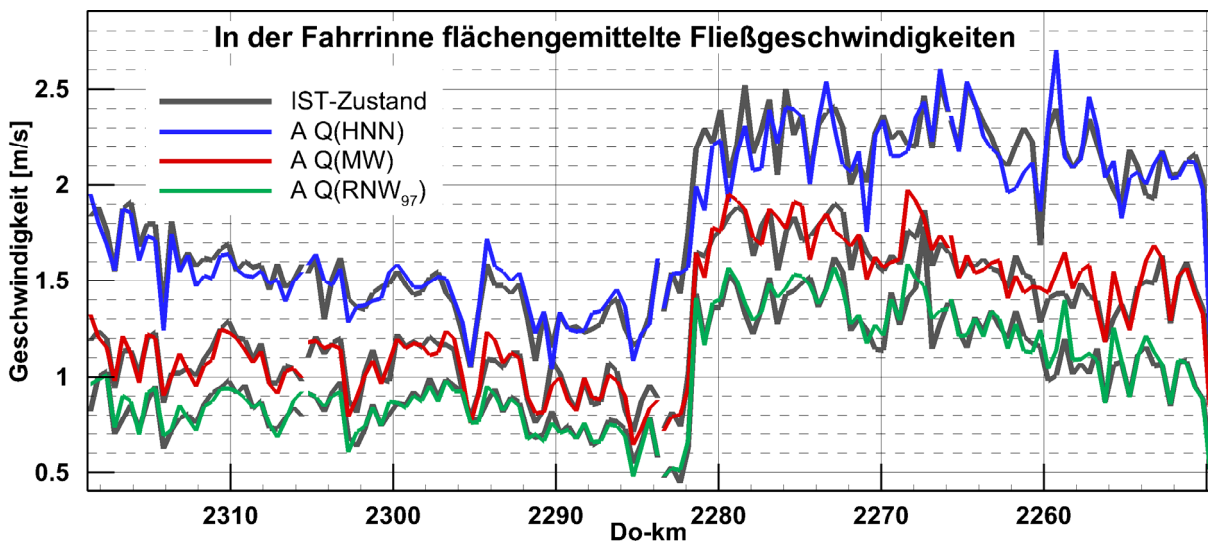


Bild 21: Längsschnitt für Variante A und IST-Zustand der Fließgeschwindigkeiten in der Fahrrinne

In Anhang 4, Bild 4 bis Bild 6 sind die Fließgeschwindigkeiten auf der durchströmten Breite für  $Q(RNW_{97})$ ,  $Q(MW)$  und für  $Q(HNN)$  auf der Streichlinienbreite für die Variante A abgebildet.

Tabelle 9 fasst die Ergebnisse für die untersuchte Strecke in verschiedene Streckenabschnitte zusammen und liefert mittlere Geschwindigkeiten für die drei Hauptabflüsse.



Variante A	Mittlere Fließgeschwindigkeiten für die Abflusszustände		
	Q(RNW <sub>97</sub> )	Q(MW)	Q(HNN) <sup>1</sup>
<b>Streckenabschnitt Do-km</b>	[m/s]	[m/s]	[m/s]
Straubing – Mariaposching 2318,7 – 2296,4	0,79	0,97	1,40
Mariaposching – Isarmündung 2296,42 – 2281,7	0,69	0,84	1,19
Isarmündung – Aicha 2281,7 – 2273,0	1,25	1,49	2,07
Aicha – Winzer 2273,0 – 2265,2	1,18	1,43	1,99
Winzer – Hofkirchen 2265,2 – 2255,5	1,04	1,29	2,06
Hofkirchen - Vilshofen 2255,5 – 2249,7	0,94	1,26	1,82
<b>Straubing - Isarmündung</b>	<b>0,75</b>	<b>0,92</b>	<b>1,31</b>
<b>Isarmündung – Winzer</b>	<b>1,22</b>	<b>1,46</b>	<b>2,03</b>
<b>Gesamt</b>	<b>0,92</b>	<b>1,13</b>	<b>1,63</b>

<sup>1</sup>: auf der Streichlinienbreite gemittelt

Tabelle 9: Mittlere Fließgeschwindigkeiten [m/s] auf der durchströmten Breite für Streckenabschnitte der Variante A

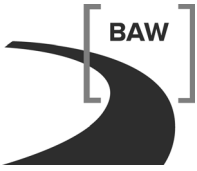
## 6.6 Herstellfläche und -volumen

Für die Herstellung der Variante A mit einer Herstelltiefe von 2,35 m unter RNW<sub>künftig</sub> müssen ca. 35% der Gesamtfahrrinnenfläche mit einer mittleren Tiefe von 0,24 m gebaggert werden. Das hierfür notwendige Baggervolumen beläuft sich auf ca. 420.000 m<sup>3</sup>. Hiervon entfallen ca. 43.000 m<sup>3</sup> auf die Felsstrecke, die gebaggert oder gemeißelt werden müssen. Bei der Ermittlung des Herstellvolumens in der Felsstrecke wurde nicht unterschieden, ob es sich tatsächlich um Felsabtrag oder zu baggernde überkieste Bereiche handelt.

## 6.7 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Zusammenfassend die wichtigsten Ergebnisse:

- Die Mindestwassertiefen von 2,35 m oberstrom der Isar, 2,40 m unterstrom der Isar und 2,50 m in der Felsstrecke bei  $Q(RNW_{97})$  für den Herstellzustand werden erreicht.
- Wasserspiegelanhebungen von bis zu 0,16 m werden im Bereich zwischen Do-km 2267 und Do-km 2258 bei  $Q(RNW_{97})$  nach Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs erreicht.
- Wasserspiegelanhebungen zwischen 0,10 m und 0,20 m werden auf der gesamten Strecke bei  $Q(MW)$  nach Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs erreicht.
- Die berechneten Fließgeschwindigkeiten weichen nicht erheblich von denen des IST-Zustandes ab.
- Für die Herstellung der Variante A müssen ca. 35% der Gesamtfahrrinnenfläche mit einer mittleren Tiefe von 0,24 m gebaggert werden.



## **7 Datenübergabe**

### **7.1 Allgemeines**

Die berechneten hydraulischen Größen für die Varianten werden von verschiedenen, an der EU-Studie beteiligten Fachgruppen genutzt. Aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsmethoden waren auch die Anforderungen an die Datensätze jeweils verschieden. Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die notwendigen Arbeitsschritte im Postprocessing und dokumentieren die übergebenen Datensätze.

### **7.2 Datenaufbereitung**

Die Berechnungsergebnisse liegen in einem verfahrensspezifischen Datenformat vor. Das zur Modellierung verwendete numerische Verfahren UnTRIM rechnet auf einem versetzten Gitter, d.h. die Lage der freien Wasserspiegeloberfläche wird in der Elementmitte berechnet, die Geschwindigkeiten jedoch auf den Elementkanten. Ebenso wird die Topografie auf den Kanten gespeichert. Das Element bekommt den Wert der niedrigsten umliegenden Kante zugewiesen.

Das mit dem Auftraggeber vereinbarte Format zur Auslieferung der Daten ist ein knotenbasiertes xyz-ASCII-Format. Zur Erzeugung einer solchen knotenbasierten Datei müssen alle Informationen von den Kanten und den Mitten der Elemente auf die Gitterknoten interpoliert werden. Ferner müssen die in den einzelnen horizontalen z-Schichten berechneten Fließgeschwindigkeiten über die Tiefe gemittelt werden.

Die Ermittlung der Grenze zwischen nassen und trockenen Bereichen im Modell (Uferlinie) erfordert die Berücksichtigung eines Schwellenwerts für die Mindestwassertiefe. Dieser wurde mit 0,1 m angenommen. Zur Erkennung hydraulisch abgekoppelter Flächen, welche durch den Initialisierungswasserspiegel im Modellgebiet entstehen können, aber hydraulisch nicht wirksam sind, wurde ein Algorithmus implementiert, welcher es erlaubt, diese aus dem Datensatz zu entfernen.

Für die Auswertung der Rechenergebnisse der Variante A\* stand der Algorithmus zur automatischen Separation von hydraulisch abgekoppelten Flächen noch nicht zur Verfügung. Für diese Datensätze wurden diese Flächen in Handarbeit entfernt.

### **Flächige Datenaufbereitung**

Die Einzeldatensätze der Teilmodelle SV1 – SV4 für Wasserspiegel und Fließgeschwindigkeiten wurden zu einem Datensatz für die Gesamtstrecke zusammengefügt. Dabei wurden die Überlappungsbereiche der Teilmodelle aus den Ergebnisdateien der unterstromigen

Modelle entfernt. Alle Wasserspiegellagen wurden in der SI-Basiseinheit Meter (m) auf die zweite Nachkommastelle gerundet.

Die tiefengemittelten Geschwindigkeitskomponenten werden mit  $u$  in  $x$ - (positiv nach Osten) und  $v$  in  $y$ -Richtung (positiv nach Norden) bezeichnet.  $v$ Betrag bezeichnet den Betrag der resultierenden Fließgeschwindigkeit, welche sich aus den Komponenten  $u$  und  $v$  ergibt.

*Informationen zum Dateiformat für die Übergabe der berechneten Fließgeschwindigkeiten im flächigen Format: xyuvvBetrag-ASCII-Dateien, mittlerer Abstand zwischen den Datenpunkten: 3 m im Flussbett, 5 – 10 m auf dem Vorland, Rundung in der SI-Basiseinheit Meter (m) auf die zweite Nachkommastelle.*

*Informationen zum Dateiformat für die Übergabe der berechneten Wasserspiegel im flächigen Format: xyz-ASCII-Dateien, Höhe in m+NN, mittlerer Abstand zwischen den Datenpunkten: 3 m im Flussbett, 5 – 10 m auf dem Vorland, Rundung in der SI-Basiseinheit Meter (m) auf die zweite Nachkommastelle.*

### **Linienbasierte Datenaufbereitung**

Die geometrische Lage des Ausgabelängsschnittes wurde von der RMD Wasserstraßen GmbH geliefert und liegt im ASCII-Format „x y Wasserspiegellage Kommentar“ vor. Die Längsschnitte wurden mittels Interpolation der Werte des flächigen Wasserspiegels auf den Längsschnitt generiert. Alle Wasserspiegellagen wurden in der SI-Basiseinheit Meter (m) auf die zweite Nachkommastelle gerundet.

*Informationen zum Dateiformat für die Übergabe der berechneten Wasserspiegel im Längsschnitt: Höhe in m+NN, ASCII-Format, Intervall 1 km, ergänzt um Pegelorte.*

### **Wasserspiegeländerungsprognose unter Berücksichtigung des morphologischen Nachlaufs auf Basis des 1D-FT-Modells**

Der mittels 1D-FT-Modell berechnete morphologische Nachlauf [B11] wurde mit den im 3D-HN-Modell berechneten Wasserspiegeln (Herstellzustand 3D-HN-Modell) überlagert, um morphologische Anpassungen an das Regelungssystem in die weitergehenden Untersuchungen, u.a. der Umweltplaner, einfließen zu lassen. Zu diesem Zweck wurde eine direkte Superposition der Wasserspiegel aus Herstellzustand und der Änderungen aus der Berechnung des morphologischen Nachlaufs gewählt, um eine flächige Datengrundlage für die Umweltplaner zu schaffen.

Zur Überlagerung wird die mit dem 1D-FT-Modell berechnete Wasserspiegeldifferenz (Dokm bezogene Linie) zu einer Fläche, die sich in der Grundgeometrie aus den Hektometer-Punkten generiert, erweitert. Bei der Herstellung dieser Flächen wurden die hydraulischen Besonderheiten der Uferbereiche (voll- oder teilweise durchströmte Nebengewässer, von unterstrom eingestaute Wasserflächen) berücksichtigt.

### **Extrapolation des morphologischen Nachlaufs in die Isar**

Für die Isar liegt kein 1D-FT-Modell vor, so dass hier die Berechnung eines morphologischen Nachlaufs nicht direkt möglich ist. Als Randbedingung für das Grundwassermodell wird jedoch vom Auftraggeber auch eine Berücksichtigung der Wirkung der Wasserspiegeländerung aufgrund des morphologischen Nachlaufs der Donau auf den Isar-Wasserspiegel gefordert. Dazu wurde die Annahme einer unabhängig von der Wasserspiegelentwicklung der Donau stabilen Sohle in der Isar getroffen.

Es erfolgte eine analytische Berechnung der Senkungslinie für ein Rechteckgerinne ( $\Delta x/\Delta h$ -Methode, Eisenhauer, N. (2002/ 2003)) auf Grundlage der aus dem 3D-Modell bekannten Fließverhältnisse und Wasserspiegeländerungen an der Mündung der Isar. Diese auf die Mitte der Hektometerprofile der Isar bezogenen Werte wurden entsprechend dem Vorgehen für die Donau flächig mit den Wasserspiegeländerungen aus dem Herstellzustand überlagert.

### **7.3 Variante A\***

#### **Korrektur der Wasserspiegel im Bereich der Mühlhamer Schleife**

Aufgrund aktueller geometrischer Informationen in den Flachwasserbereichen der Mühlhamer Schleife wurden die Wasserspiegel, wie im Ergänzungsbericht [B10] empfohlen, im Bereich zwischen Do-km 2266,00 und Do-km 2277,00 für alle Abflüsse zwischen  $Q(RNW_{97})$  und  $Q=1010 \text{ m}^3/\text{s}$  korrigiert.

#### **Übergebene Datensätze**

Die in Tabelle 10 und Tabelle 11 aufgelisteten Datensätze wurden an die RMD Wasserstraßen GmbH übergeben.

Var. A*	Wasserspiegel – flächig			
	Format	hydabkF <sup>(1)</sup>	FWP <sup>(2)</sup>	Zustand
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyz	x	x	Herstellung
Q(MW)	xyz	x	x	Herstellung
Q(HNN)	xyz	x		Herstellung
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyz	x	x	Herstellzustand – 0,10 m
Q(MW)	xyz	x	x	Herstellzustand – 0,10 m
	Wasserspiegel – Längsschnitt			
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyePos		x	Herstellung
Q(MW)	xyePos		x	Herstellung
Q(HNN)	xyePos			Herstellung
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyePos		x	Herstellzustand – 0,10 m
Q(MW)	xyePos		x	Herstellzustand – 0,10 m
	Geschwindigkeiten – flächig			
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyuvvBetrag	x		Herstellung
Q(MW)	xyuvvBetrag	x		Herstellung
Q(HNN)	xyuvvBetrag	x		Herstellung

<sup>(1)</sup>: hydraulisch abgekoppelte Nassflächen entfernt

<sup>(2)</sup>: der Wasserspiegel wurde korrigiert (siehe Bericht Nr. A39530210127-07, Stichworte: Flachwasserpeilungen, Do-km 2271,00 – 2267,00 , links)

Tabelle 10: Übergabene Datensätze für die berechneten verkehrswasserbaulich relevanten Abflüsse für Variante A\*

Für Q(HNN) lag zum Zeitpunkt der Übergabe kein Ergebnis zum morphologischen Nachlauf vor.

Var. A* Q[m³/s]	Wasserspiegel – flächig				
	Format	hydabkF <sup>(1)</sup>	FWP <sup>(2)</sup>	Zustand	Abflusskürzel
265	xyz	x	x	Herstellung	NQ03
358	xyz	x	x	Herstellung	SLNG
540	xyz	x	x	Herstellung	WA
1010	xyz	x		Herstellung	HA
265	xyz	x	x	Mit morph. Nachlauf	NQ03
358	xyz	x	x	Mit morph. Nachlauf	SLNG
540	xyz	x	x	Mit morph. Nachlauf	WA
1010	xyz	x		Mit morph. Nachlauf	HA
	Wasserspiegel – Längsschnitt				
265	xyePos		x	Herstellung	NQ03
358	xyePos		x	Herstellung	SLNG
540	xyePos		x	Herstellung	WA
1010	xyePos			Herstellung	HA
265	xyePos		x	Mit morph. Nachlauf	NQ03
358	xyePos		x	Mit morph. Nachlauf	SLNG
540	xyePos		x	Mit morph. Nachlauf	WA
1010	xyePos			Mit morph. Nachlauf	HA
	Geschwindigkeiten – flächig				
265	xyuvvBetrag	x		Herstellung	NQ03
358	xyuvvBetrag	x		Herstellung	SLNG
540	xyuvvBetrag	x		Herstellung	WA
1010	xyuvvBetrag	x		Herstellung	HA

<sup>(1)</sup>: hydraulisch abgekoppelte Nassflächen entfernt

<sup>(2)</sup>: der Wasserspiegel wurde korrigiert (siehe Bericht Nr. A39530210127-07, Stichworte: Flachwasserpeilungen, Do-km 2271,00 – 2267,00, links)

Tabelle 11: Übergebene Datensätze für die berechneten ökologisch relevanten Abflüsse für Variante A\*

### Übergabe der Wasserspiegel für Variante A\* zur Prognose der Unterhaltsbaggermengen

Im ersten Schritt zur Berechnung von Baggermengen wird im 2D-FT-Modell eine Sohle unterhalb des RNW<sub>künftig</sub> hergestellt. Dieser Baggerhorizont wurde aus den berechneten Wasserspiegeln des 3D-HN-Modells generiert. Zu diesem Zweck wurden die Wasserspiegel für die Berechnungen von Q(RNW<sub>künftig</sub>) für die Herstelltiefen von 2,25 m und 2,35 m in Form von



Längsschnitten an die 2D-FT-Modellierung [B12] sowie die Auftragnehmer Hunziker, Zarn und Partner übergeben. übergeben.

## 7.4 Variante A

### Übergebene Datensätze

Die in Tabelle 12 und Tabelle 13 aufgelisteten Datensätze wurden an die RMD Wasserstraßen GmbH übergeben.

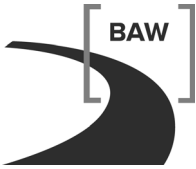
Var. A	Wasserspiegel – flächig		
	Format	hydabkF <sup>(1)</sup>	Zustand
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyz	x	Herstellung
Q(MW)	xyz	x	Herstellung
Q(HNN)	xyz	x	Herstellung
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyz	x	Mit morph. Nachlauf
Q(MW)	xyz	x	Mit morph. Nachlauf
Q(HNN)	xyz	x	Mit morph. Nachlauf
	Wasserspiegel – Längsschnitt		
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyePos		Herstellung
Q(MW)	xyePos		Herstellung
Q(HNN)	xyePos		Herstellung
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyePos		Mit morph. Nachlauf
Q(MW)	xyePos		Mit morph. Nachlauf
Q(HNN)	xyePos		Mit morph. Nachlauf
	Geschwindigkeiten – flächig		
Q(RNW <sub>97</sub> )	xyuvvBetrag	x	Herstellung
MQ	xyuvvBetrag	x	Herstellung
Q(HNN)	xyuvvBetrag	x	Herstellung

<sup>(1)</sup>: hydraulisch abgekoppelte Nassflächen entfernt

Tabelle 12: Übergebene Datensätze für die berechneten verkehrswasserbaulich relevanten Abflüsse für Variante A

Var. A	Format	hydabkF <sup>(1)</sup>	Zustand	Abflusskürzel
<b>Q [m³/s]</b>	<b>Wasserspiegel – flächig</b>			
265	xyz	x	Herstellung	NQ03
358	xyz	x	Herstellung	SLNG
443	xyz	x	Herstellung	Öko6
540	xyz	x	Herstellung	WA
787	xyz	x	Herstellung	MQ März/April
1010	xyz	x	Herstellung	HA
358	xyz	x	Mit morph. Nachlauf	SLNG
443	xyz	x	Mit morph. Nachlauf	Öko6
540	xyz	x	Mit morph. Nachlauf	WA
787	xyz	x	Mit morph. Nachlauf	MQ März/April
1010	xyz	x	Mit morph. Nachlauf	HA
	<b>Wasserspiegel – Längsschnitt</b>			
265	xyePos		Herstellung	NQ03
358	xyePos		Herstellung	SLNG
443	xyePos		Herstellung	Öko6
540	xyePos		Herstellung	WA
787	xyePos		Herstellung	MQ März/April
1010	xyePos		Herstellung	HA
265	xyePos		Mit morph. Nachlauf	NQ03
358	xyePos		Mit morph. Nachlauf	SLNG
443	xyePos		Mit morph. Nachlauf	Öko6
540	xyePos		Mit morph. Nachlauf	WA
787	xyePos		Mit morph. Nachlauf	MQ März/April
1010	xyePos		Mit morph. Nachlauf	HA
	<b>Geschwindigkeiten – flächig</b>			
265	xyuvvBetrag	x	Herstellung	NQ03
358	xyuvvBetrag	x	Herstellung	SLNG
443	xyuvvBetrag	x	Herstellung	Öko6
540	xyuvvBetrag	x	Herstellung	WA
787	xyuvvBetrag	x	Herstellung	MQ März/April
1010	xyuvvBetrag	x	Herstellung	HA

Tabelle 13: Übergebene Datensätze für die berechneten ökologisch relevanten Abflüsse für Variante A



## **Übergabe der Wasserspiegel für Variante A zur Prognose der Unterhaltsbaggermen- gen**

Im ersten Schritt zur Berechnung von Baggermengen im 2D-Feststofftransportmodell wird eine Sohle unterhalb des  $RNW_{\text{künftig}}$  hergestellt. Dieser Baggerhorizont wurde aus den berechneten Wasserspiegeln des 3D-HN-Modells generiert. Zu diesem Zweck wurde der Wasserspiegel für die Berechnungen von  $Q(RNW_{97})$  für die Herstelltiefe von 2,35/2,40/2,55 m in Form eines Längsschnittes an die 2D-FT-Modellierung übergeben.

## **Eingangswerte für die fahrdynamischen Untersuchungen**

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen sowie die zugrundeliegenden Geometrien und Rauheitsbeiwerte wurden für die fahrdynamischen Untersuchungen mit dem Verfahren BSQUAT querprofilbasiert aufbereitet und für die Abflüsse  $Q(RNW_{97})$ , Öko6,  $Q(MW)$ , HA und  $Q(HNN)$  übergeben. Die Ergebnisse der fahrdynamischen Untersuchungen sind in [B15] dokumentiert.

Bundesanstalt für Wasserbau

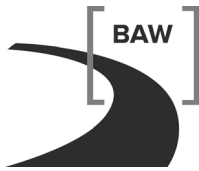
Karlsruhe, 15.11.2012

Im Auftrag

Bearbeiterin

gez. Dr.-Ing. Thomas Brudy-Zippelius

gez. Dr. Regina Patzwahl



## 8 Literaturverzeichnis

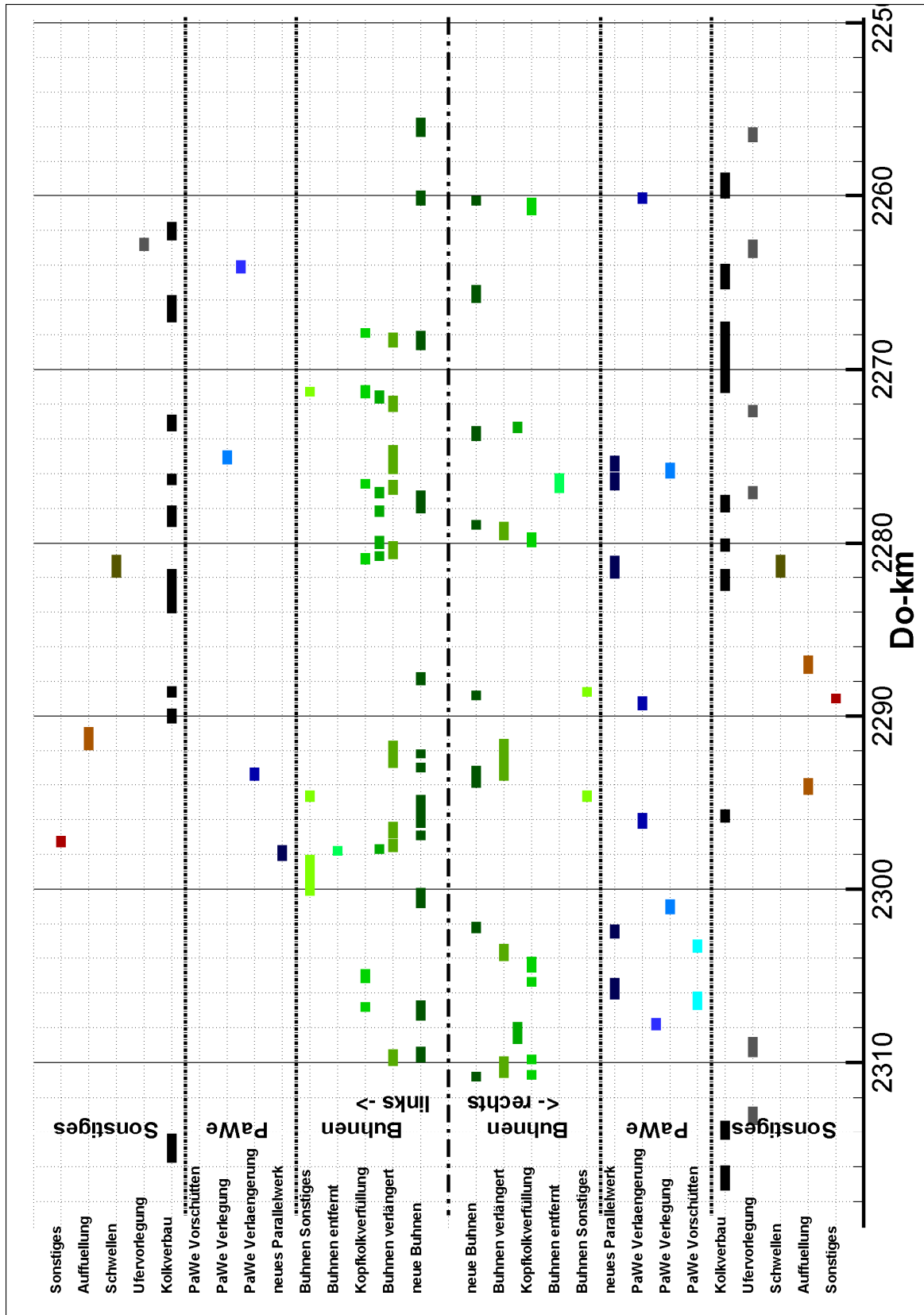
Casulli, V., Zanolli, P. (2002): Semi-implicit numerical modelling of non-hydrostatic free-surface flows for environmental problems. *Mathematical and Computer Modelling*, 36: 1131 – 1149

Eisenhauer, N. (2002/ 2003), Umdruck Hydromechanik, Hochschule Karlsruhe

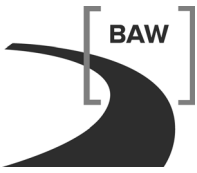
Malcherek, A.: Fließgewässer – Hydromechanik und Wasserbau, Skript zur Vorlesung, Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Institut für Wasserwesen, Version 5.6



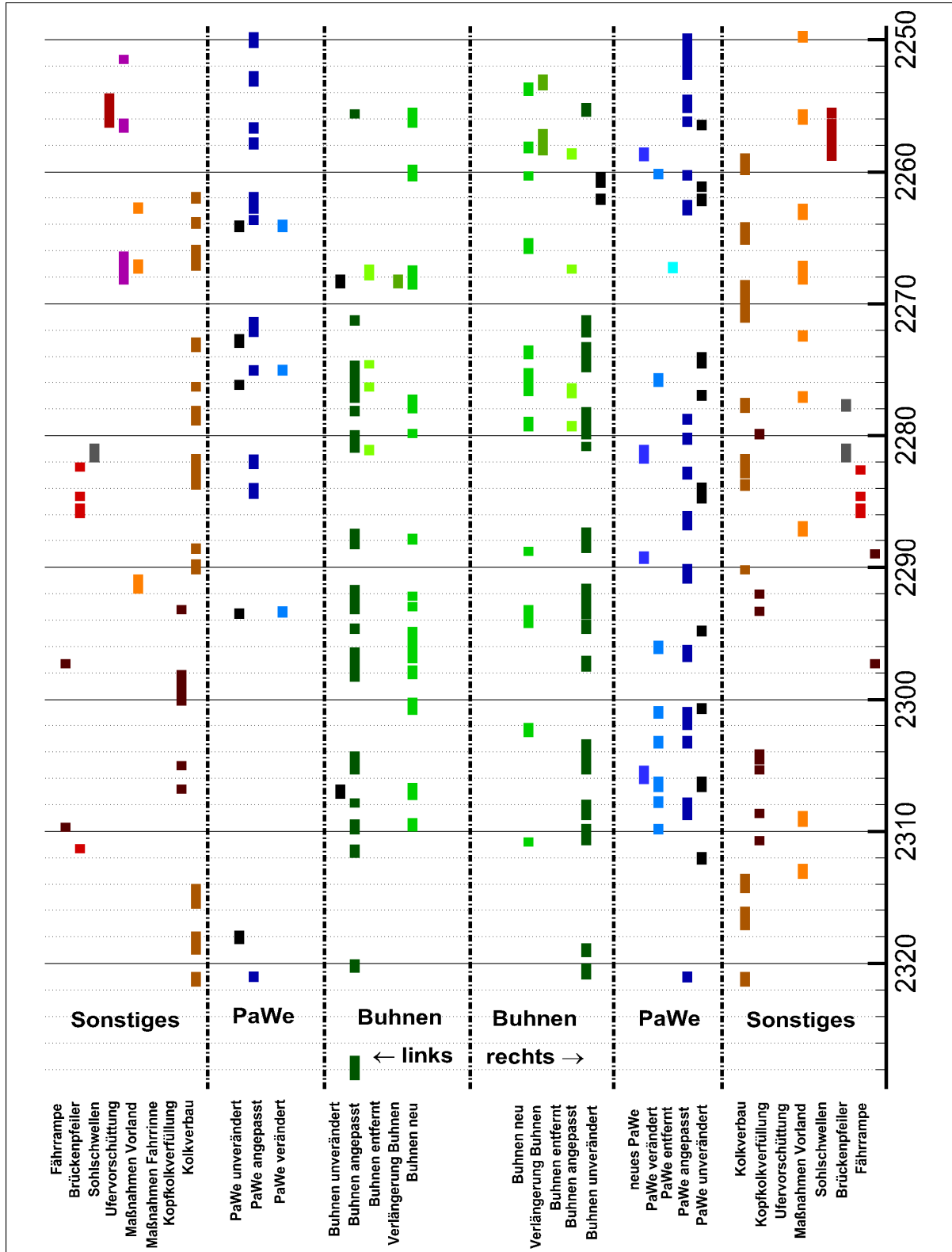
### Anhang 1: Flussbauliche Maßnahmen der Variante A\*



Anhang 1, Bild 1: Flussbauliche Maßnahmen der Variante A\* im Überblick

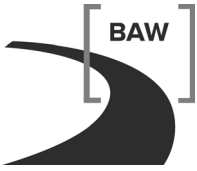


## Anhang 2: Flussbauliche Maßnahmen der Variante A

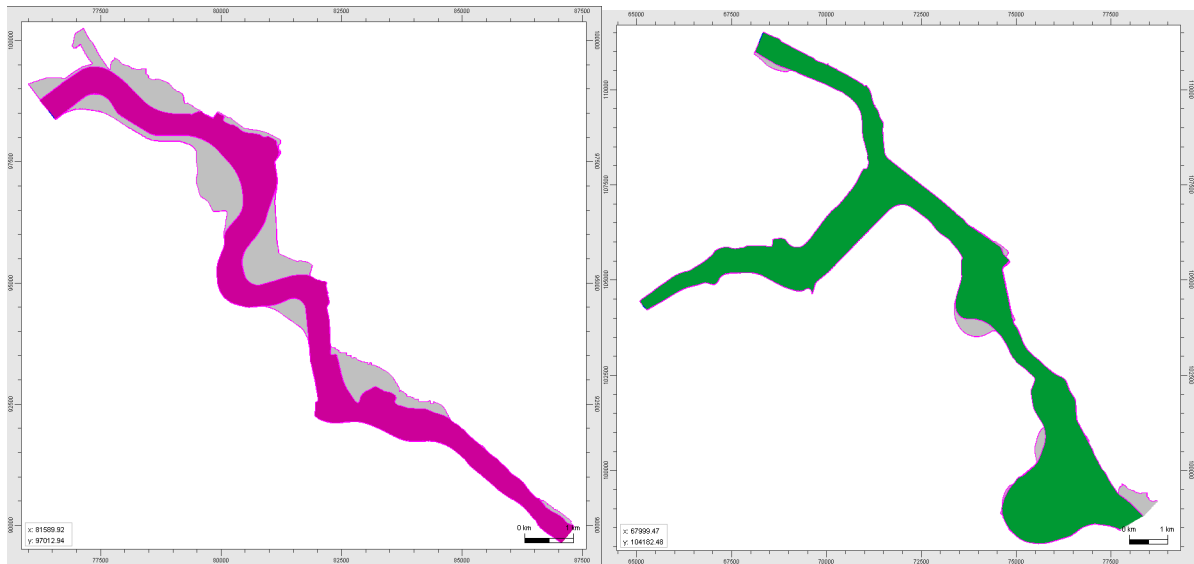


Anhang 2, Bild 1: Flussbauliche Maßnahmen der Variante A im Überblick

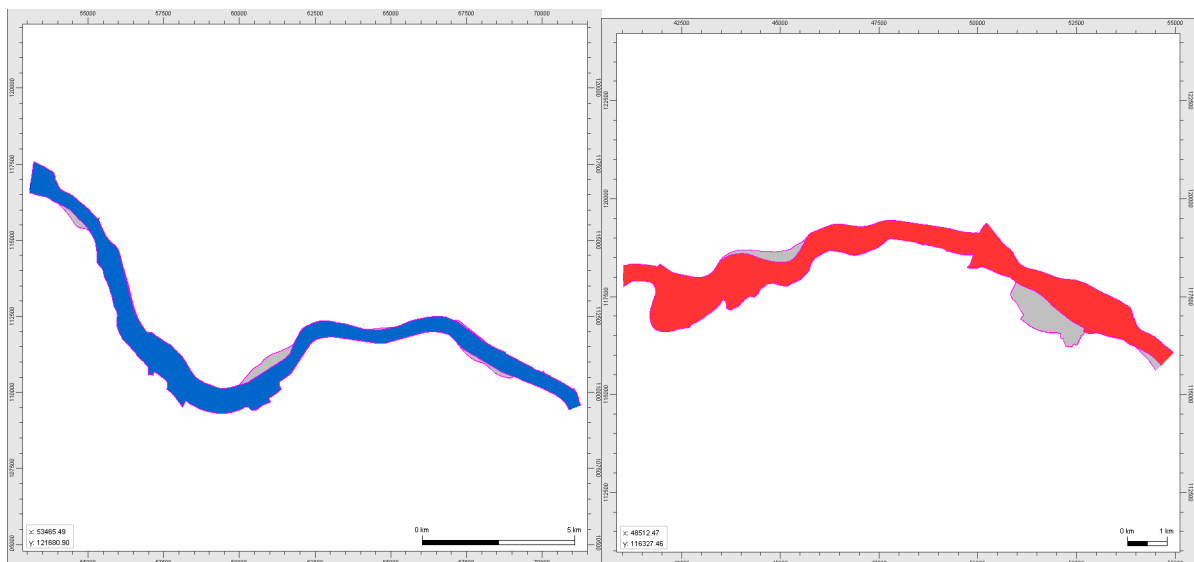




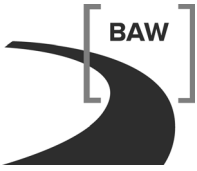
### Anhang 3: Anpassung der Berechnungsgitter an das Hochwasserschutzkonzept



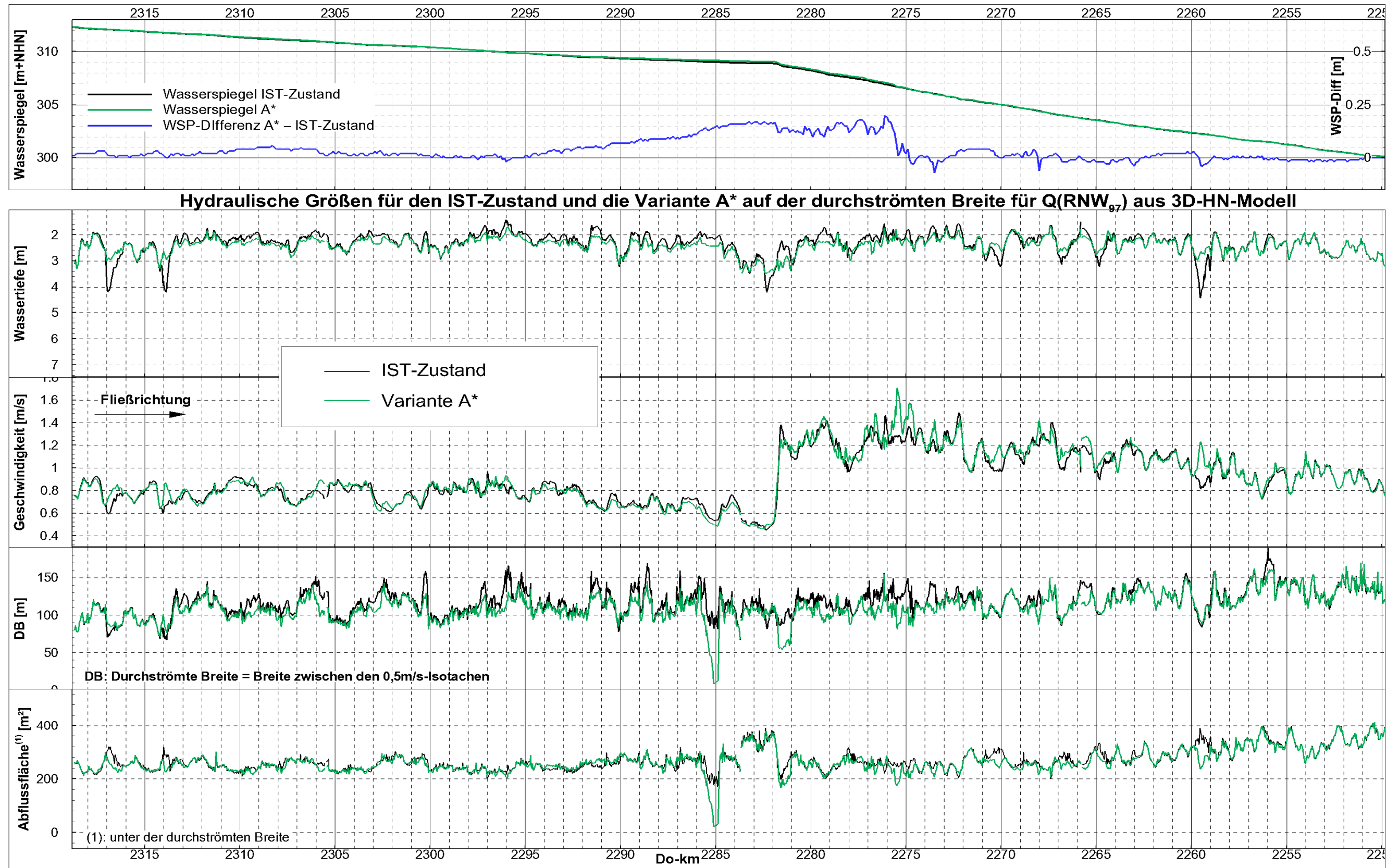
Anhang 3, Bild 1: Rechengitter Variante A\* (farbig) und Weiterentwicklung (grau) für SV1 (links) und SV2 (rechts)



Anhang 3, Bild 2: Rechengitter Variante A\* (farbig) und Weiterentwicklung (grau) für SV3 (links) und SV4 (rechts)

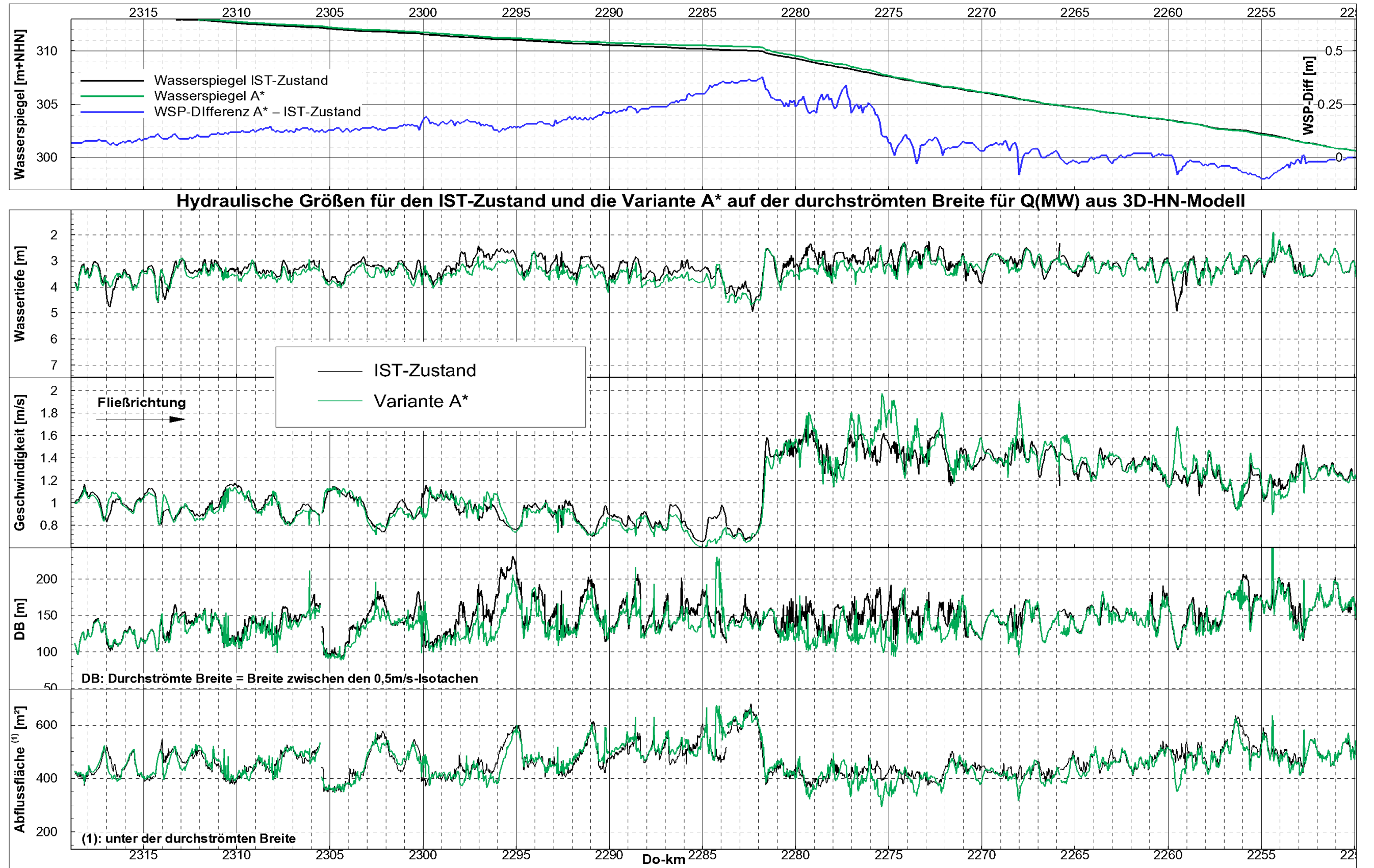


Anhang 4: Ergebnisse für Variante A\* und Variante A im Längsschnitt



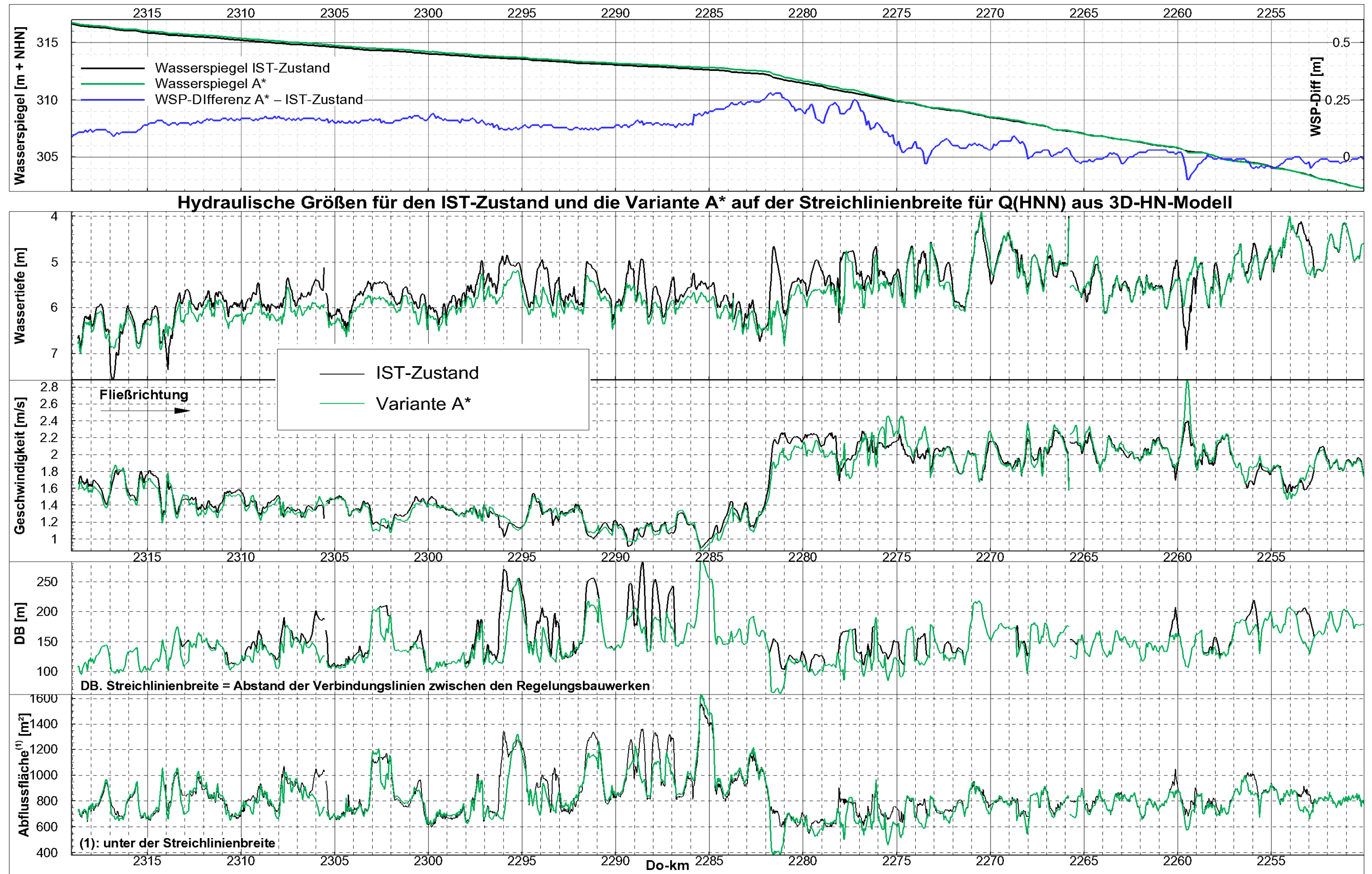
Anhang 4, Bild 1: Hydraulische Größen für den IST-Zustand und die Variante A\* aus 3D-HN-Modell für  $Q(RNW_{97})$





Anhang 4, Bild 2: Hydraulische Größen für den IST-Zustand und die Variante A\* aus 3D-HN-Modell für Q(MW)

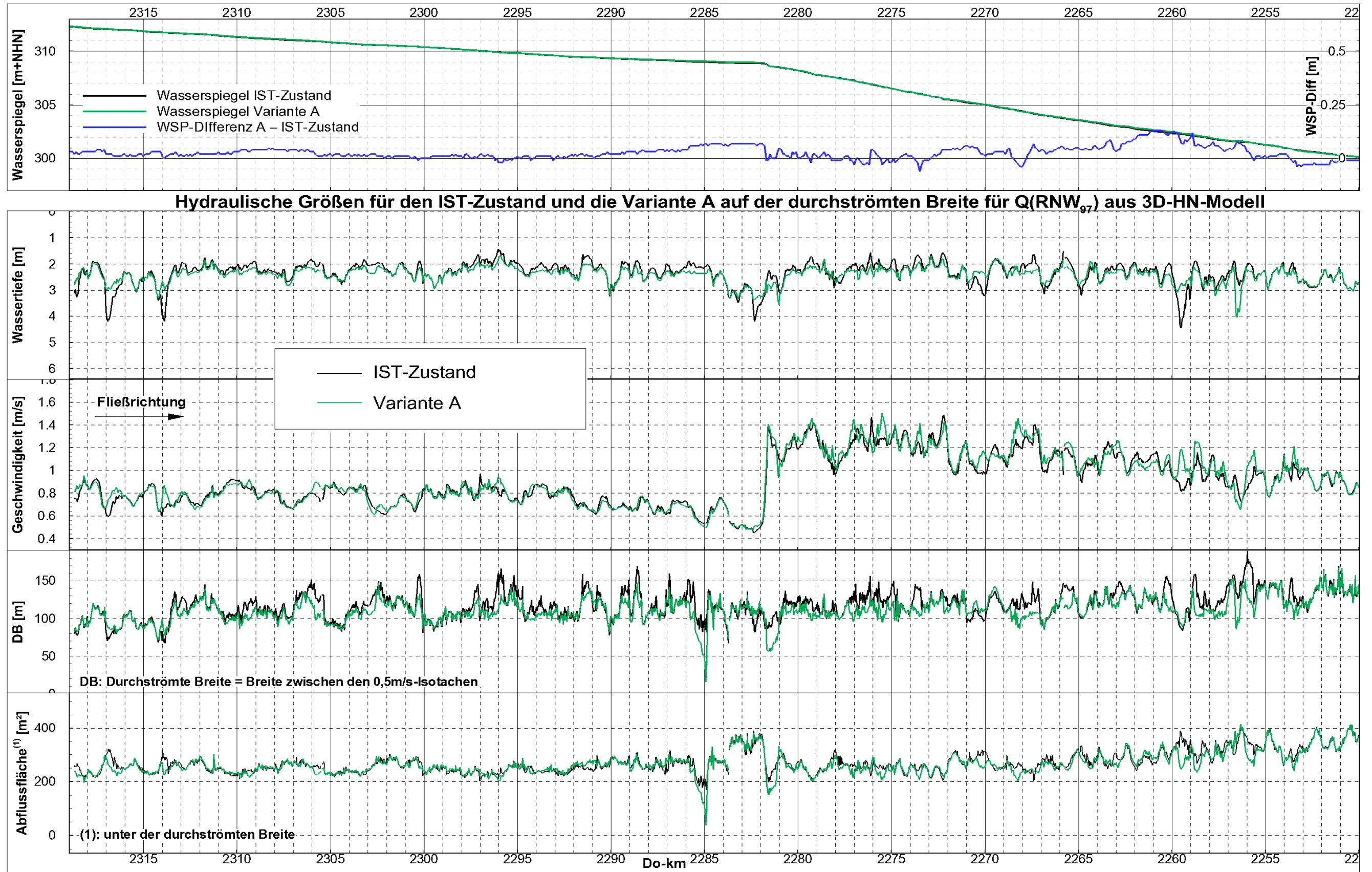




Anhang 4, Bild 3: Hydraulische Größen für den IST-Zustand und die Variante A\* aus 3D-HN-Modell für Q(HNN)

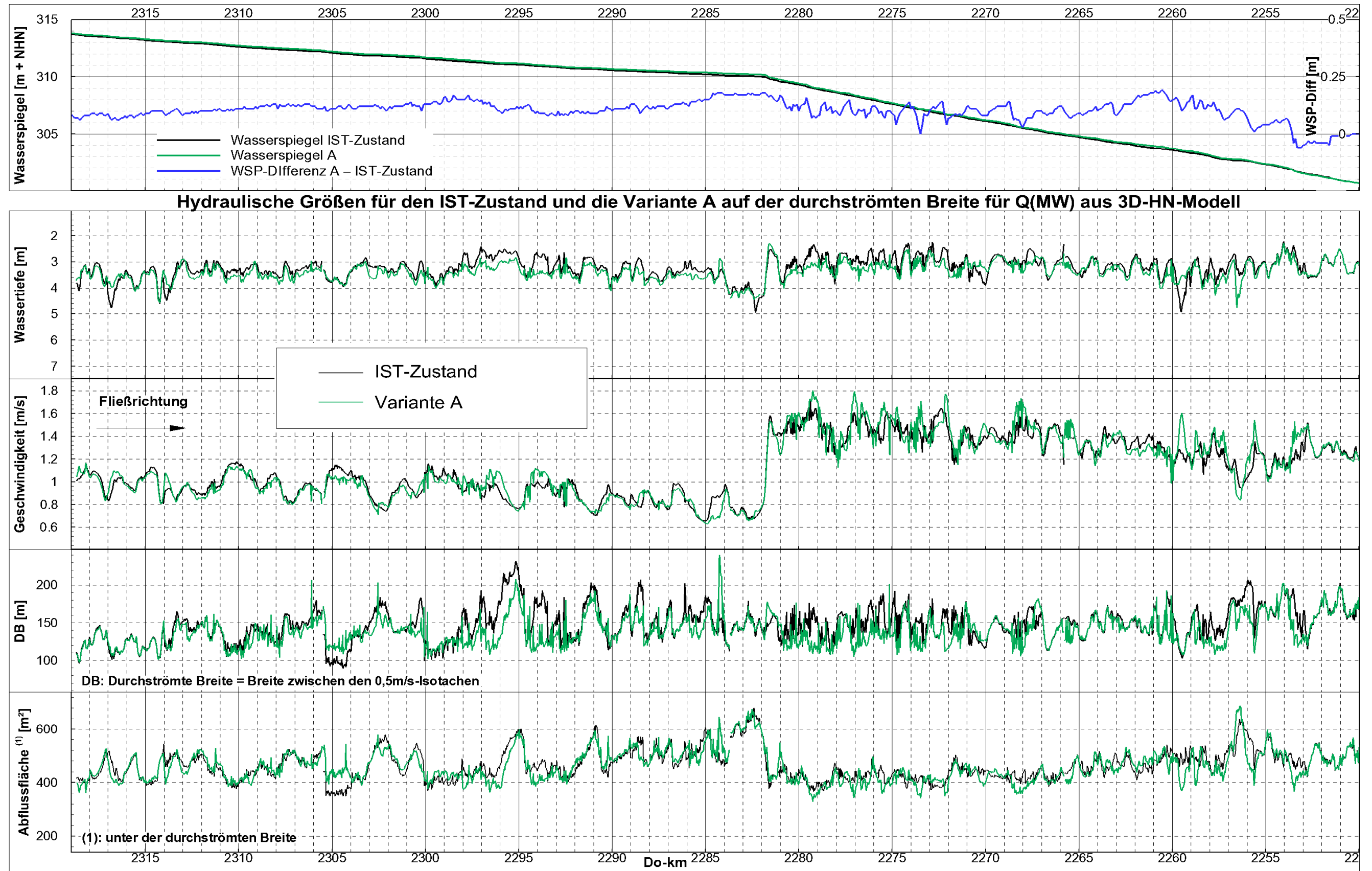






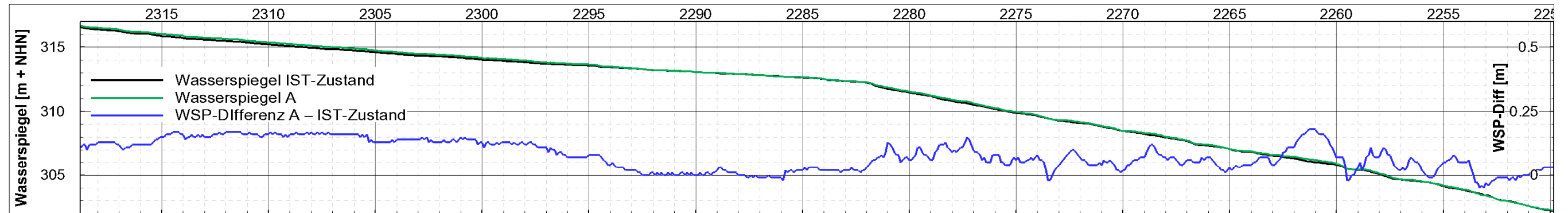
Anhang 4, Bild 4: Hydraulische Größen für den IST-Zustand und die Variante A aus 3D-HN-Modell für  $Q(RNW_{97})$



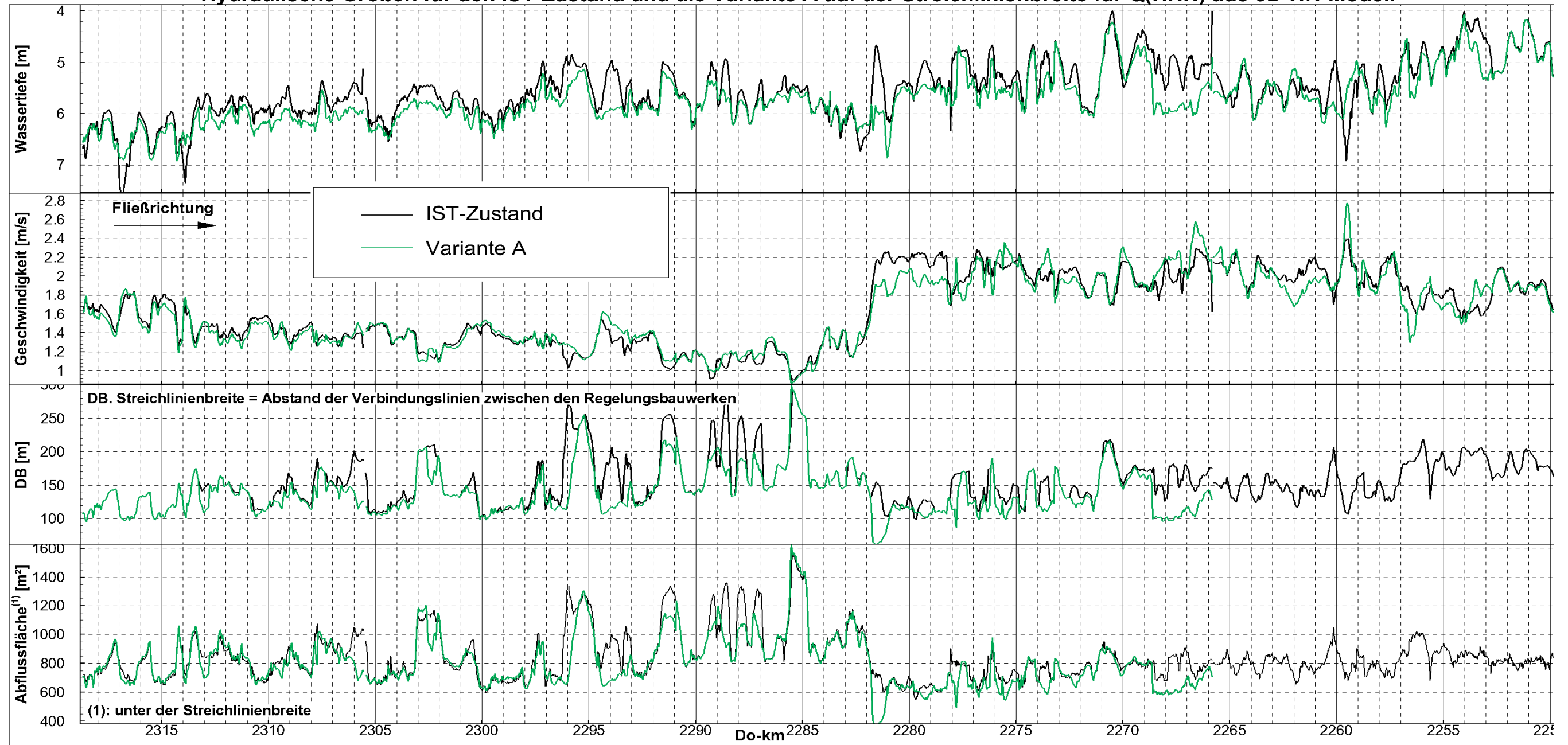


Anhang 4, Bild 5: Hydraulische Größen für den IST-Zustand und die Variante A aus 3D-HN-Modell für Q(MW)





Hydraulische Größen für den IST-Zustand und die Variante A auf der Streichlinienbreite für Q(HNN) aus 3D-HN-Modell



Anhang 4, Bild 6: Hydraulische Größen für den IST-Zustand und die Variante A aus 3D-HN-Modell für Q(HNN)









**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)