

Organismenwanderhilfe Kraftwerk Jochenstein

DONAU-
KRAFTWERK
JOCHENSTEIN
AKTIENGESELLSCHAFT

Planfeststellungsverfahren
Technischer Bericht

RMD CONSULT

Umgehungsgerinne
Hydraulische Berechnungen

Erstellt	RMD CONSULT				S. Kanne				09.11.2011																								
Geprüft	RMD CONSULT				C. Göhl				11.11.2011																								
Freigegeben	DKJ				D. Mayr				10.10.2012																								
	Unternehmen / Abteilung				Vorname Nachname				Datum																								
Fremdfirmen-Nr.:											Aufstellungsart:	Bl. von Bl.																					
+ _____																																	
Unterlagennummer																																	
SKS			Projekt-Nr.		Ersteller		Zählteil		KKS																								
Vorzeichen	S1	S2	S3	Gliederungszeichen		Gliederungszeichen		Dokumenttyp		GA	Funktion/ Bauwerk		Aggregat/ Raum																				
										Vorzeichen			DCC(UAS)																				
										G	F0	F1	F2	F3	FN	A1	A2	AN	A3	Vorzeichen													
*	A	A	A	-	A	N	N	N	/	N	N	/	A	A	A	=	N	N	A	A	N	N	A	&	A	A	A	N	N	N			
*	J	E	S	-	A	0	0	1	-	R	M	D	C	1	-	B	6	3	1	0	0	-	0	-	A	F	E	=					

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	5
2.	Grundlagen.....	6
2.1.	Organismenwanderhilfe.....	6
2.2.	Geländedaten Donau	8
2.3.	Abfluss OWH	8
2.4.	Randbedingungen Donau.....	8
2.5.	Verwendete Software.....	9
3.	Dotation.....	10
4.	Berechnung der Wasserspiegellagen in der OWH.....	13
4.1.	Modellerstellung.....	13
4.2.	Berechnete Lastfälle	13
4.3.	Wasserspiegel OWH.....	14
5.	Entnahme Dotation im oberen Schleusenvorhafen.....	15
5.1.	Grundlagen der 3D-Berechnung	15
5.2.	Untersuchte Standorte	15
5.3.	Auswirkungen auf die Schifffahrt	16
6.	Ausströmsituation der OWH in die Donau	19
6.1.	Berechnete Lastfälle	19
6.2.	Fließgeschwindigkeiten OWH.....	19
6.3.	Querströmungen am Fahrrinnenrand.....	23
6.4.	Zusammenfassung	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsbereich 3D-Modell Stauraum Jochenstein (blaue Umrandung) und 2D-Modell OWH (rote Umrandung)	6
Abbildung 2: Regelprofile der OWH, Vorgabe des Gewässerökologen.....	7
Abbildung 3: Profile in den beengten Querschnitten (Gerinne bei Jochenstein).....	7
Abbildung 4: Wasserspiegel Oberwasser Jochenstein und Abfluss OWH in Abhängigkeit des Abflusses Donau	8
Abbildung 5: Einlauf OWH, Einlauf Dotation und Auslauf Dotation in die OWH	10
Abbildung 6: Querschnitte der Dotierung; Querschnitt Druckkanal (links) und offenes Gerinne (rechts).....	11
Abbildung 7: Einlauf Dotation, links Draufsicht, rechts Schnitt A-A.....	15
Abbildung 8: Lage der untersuchten Entnahmen aus dem Schleusenvorhafen	16
Abbildung 9: ohne OWH, Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN	17
Abbildung 10: mit OWH, Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN.....	17
Abbildung 11: HSQ ohne OWH, rot: positiver y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN, grün: negativer y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN	18
Abbildung 12: HSQ mit OWH, rot: positiver y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN, grün: negativer y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN	18
Abbildung 13: Wasserspiegel bei $Q = Q_{30} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$	20
Abbildung 14: Tiefengemittelte Strömungsgeschwindigkeiten bei $Q = Q_{30} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$	21
Abbildung 15: Tiefengemittelte Strömungsgeschwindigkeiten bei $Q = Q_{330} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abflüsse und Wasserspiegellagen Donau bei Einmündung OWH	9
Tabelle 2: Berechnete Lastfälle	13
Tabelle 3: Berechnete Lastfälle und Abflüsse	19

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Gewässerlängsschnitt OWH 1:5000/1:100	
Anlage 2: Lageplan der Wassertiefen bei Qnot OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 3: Lageplan der Wassertiefen bei Qnot OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 4: Lageplan der Wassertiefen bei Qnot OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 5: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Qnot OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 6: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Qnot OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 7: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Qnot OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 8: Lageplan der Schubspannungen bei Qnot OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 9: Lageplan der Schubspannungen bei Qnot OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 10: Lageplan der Schubspannungen bei Qnot OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 11: Lageplan der Wassertiefen bei Q30 OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 12: Lageplan der Wassertiefen bei Q30 OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 13: Lageplan der Wassertiefen bei Q30 OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 14: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Q30 OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 15: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Q30 OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 16: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Q30 OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 17: Lageplan der Schubspannungen bei Q30 OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 18: Lageplan der Schubspannungen bei Q30 OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 19: Lageplan der Schubspannungen bei Q30 OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 20: Lageplan der Wassertiefen bei Q330 OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 21: Lageplan der Wassertiefen bei Q330 OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 22: Lageplan der Wassertiefen bei Q330 OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 23: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Q330 OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 24: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Q330 OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 25: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Q330 OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 26: Lageplan der Schubspannungen bei Q330 OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 27: Lageplan der Schubspannungen bei Q330 OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 28: Lageplan der Schubspannungen bei Q330 OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 29: Lageplan der Wassertiefen bei Qmax OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 30: Lageplan der Wassertiefen bei Qmax OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 31: Lageplan der Wassertiefen bei Qmax OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 32: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Qmax OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 33: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Qmax OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 34: Lageplan der Geschwindigkeiten bei Qmax OWH km 1.9 – Ende	1:1000
Anlage 35: Lageplan der Schubspannungen bei Qmax OWH km 0 – 0.85	1:1000
Anlage 36: Lageplan der Schubspannungen bei Qmax OWH km 0.85 – 2.0	1:1000
Anlage 37: Lageplan der Schubspannungen bei Qmax OWH km 1.9 – Ende	1:1000

1. Allgemeines

RMD CONSULT wurde beauftragt, die hydraulischen Verhältnisse der geplanten Organismenwanderhilfe (OWH) zu untersuchen. Ziel der Untersuchung war:

- die Festlegung der Geometrie des Gerinnes zur zusätzlichen Beaufschlagung der OWH mit $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bei möglichst geringen Energieverlusten,
- die Berechnung des Abflusses zur Ermittlung der Wasserspiegellagen für die vom Gewässerökologen vorgegebenen Grundlagen (Querprofiltypen, Anordnung der Querprofile und angestrebtes Gefälle des Wasserspiegels in der OWH),
- Auswirkungen der Entnahme für die Dotation aus dem oberen Schleusenvorhafen auf die Schifffahrt in Folge von Querströmungen,
- Auswirkungen des Zuflusses aus der OWH in die Donau auf die Schifffahrt in Folge von Querströmungen,
- Abfuhr des Bemessungshochwassers des Hangenreuthreusenbachs (HRRB).

Der Untersuchungsbereich ist in Abbildung 1 dargestellt. Die OWH wurde mit einem numerischen 2D-Modell untersucht. Um die Verhältnisse bei Rückstau aus der Donau zu berücksichtigen, wurde im Bereich der Einmündung in die Donau das Modell etwas erweitert.

Die Untersuchungen der Entnahme für die Dotation aus dem oberen Schleusenvorhafen und der Querströmungen in der Donau wurden mit einem detaillierten numerischen 3D-Modell durchgeführt, dessen Ausdehnung ebenfalls in Abbildung 1 dargestellt ist.

Alle Untersuchungen wurden im deutschen Gauss-Krüger-Format im 4. Band durchgeführt, die Höhenangaben beziehen sich auf Normalnull. Grundlagen mit österreichischem Bezug wurden umgerechnet.

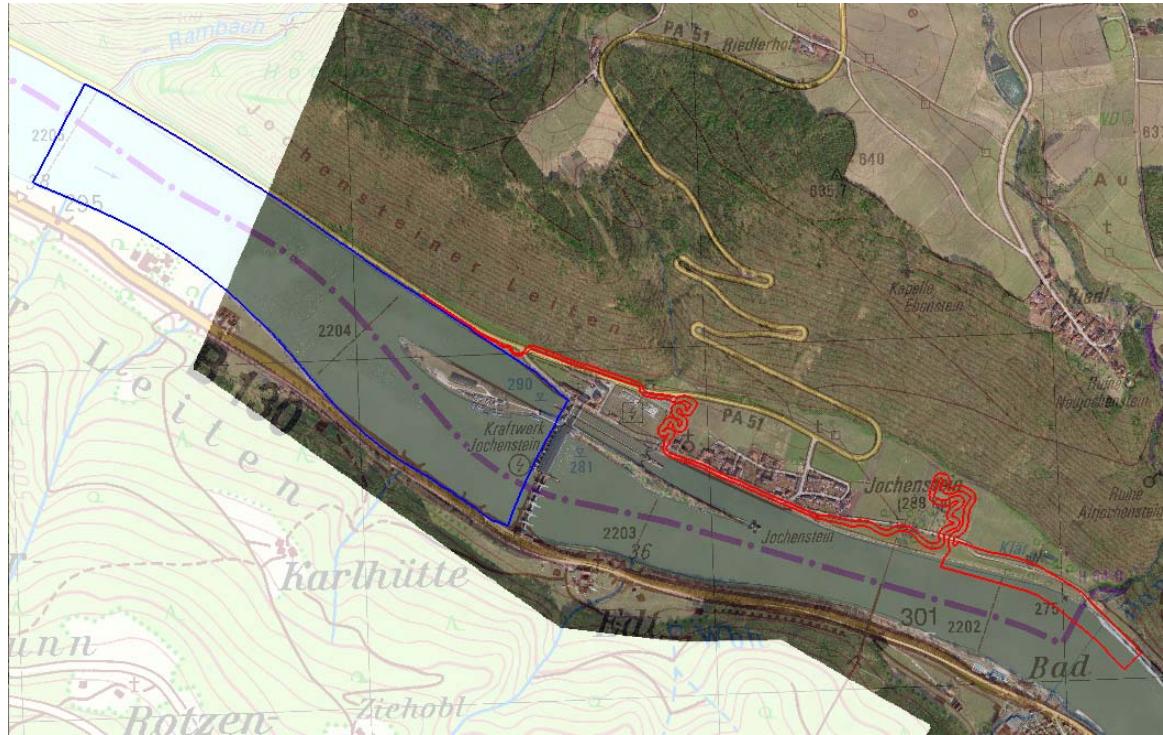


Abbildung 1: Untersuchungsbereich 3D-Modell Stauraum Jochenstein (blaue Umrandung) und 2D-Modell OWH (rote Umrandung)

2. Grundlagen

2.1. Organismenwanderhilfe

Der Gewässerökologe hat als Grundlage für die Berechnung folgende Daten zur Verfügung gestellt:

- Planung der Lage der Achse der OWH,
- Regelprofile (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3) mit teilw. Angabe der Lage
- Lage der geplante Achse der OWH
- vorgesehenes Wasserspiegelgefälle

Die Anordnung der Profile, d.h. die Abfolge der Furt- und Kolkprofile, wurde so gewählt, dass ein Mäandrieren des Talweges in der Lage als auch in der Sohlhöhe erreicht wurde. Diese Anordnung wurde mit dem Gewässerökologen abgestimmt.

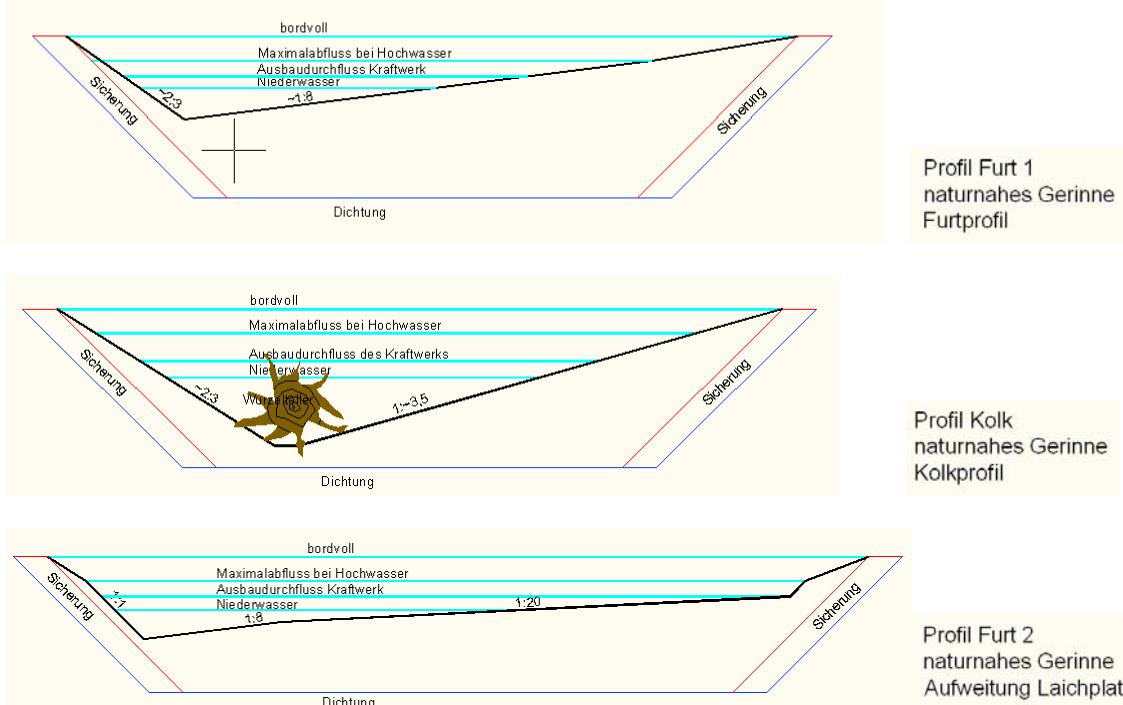
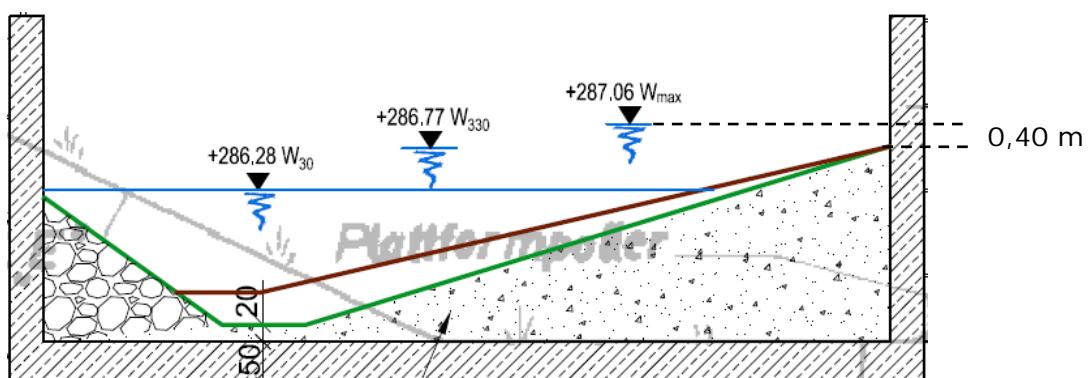


Abbildung 2: Regelprofile der OWH, Vorgabe des Gewässerökologen



Das Längsgefälle wurde für den obersten Abschnitt bis zur Dotation und für die Mündungsstrecke mit 0,4 % vorgegeben. In den übrigen Abschnitten sollte das Gefälle in den beengten Abschnitten (vgl. Abbildung 3) etwas flacher ausfallen als in den mäandrierenden Abschnitten. Dadurch soll vermieden werden, dass die Sohlschubspannungen in den beengten Abschnitten größer sind als in den übrigen Abschnitten.

Das Gefälle wurde anhand dieser Vorgaben wie folgt gewählt:

- Abschnitt zwischen Einlauf/Ausstieg u. Dotation, ca. 350 m: 0,40 %
- Beengter Abschnitt parallel der PA51, ca. 475 m: 0,24 %
- Mäandrierender Abschnitt bis Jochenstein, ca. 425 m: 0,28 %
- Beengter Abschnitt entlang Jochenstein, ca. 500 m: 0,24 %
- Abschnitt zwischen Jochenstein und Beginn Mündungsstrecke, ca. 1300 m: 0,28 %
- Mündungsstrecke, ca. 350 m: 0,30 %

2.2. Geländedaten Donau

Grundlage des 3D-Berechnungsmodells im Oberwasser der Staustufe Jochenstein sind Daten einer Sohlpeilung vom Juli 2009, die von Donau-km 2205,0 bis zur Staustufe Jochenstein vorlagen (vgl. Abbildung 1).

2.3. Abfluss OWH

Der Abfluss in der OWH ist abhängig vom Abfluss in der Donau. Als Vorgabe wurde vom Gewässerökologen die in Abbildung 4 dargestellte Abflussbeziehung verwendet. In das Gerinne der OWH fließen an der Ausleitung stets 2,0 m³/s, der restliche Abfluss wird durch eine gesteuerte Entnahme etwa 350 m weiter unten am Dotationsbauwerk zugegeben.

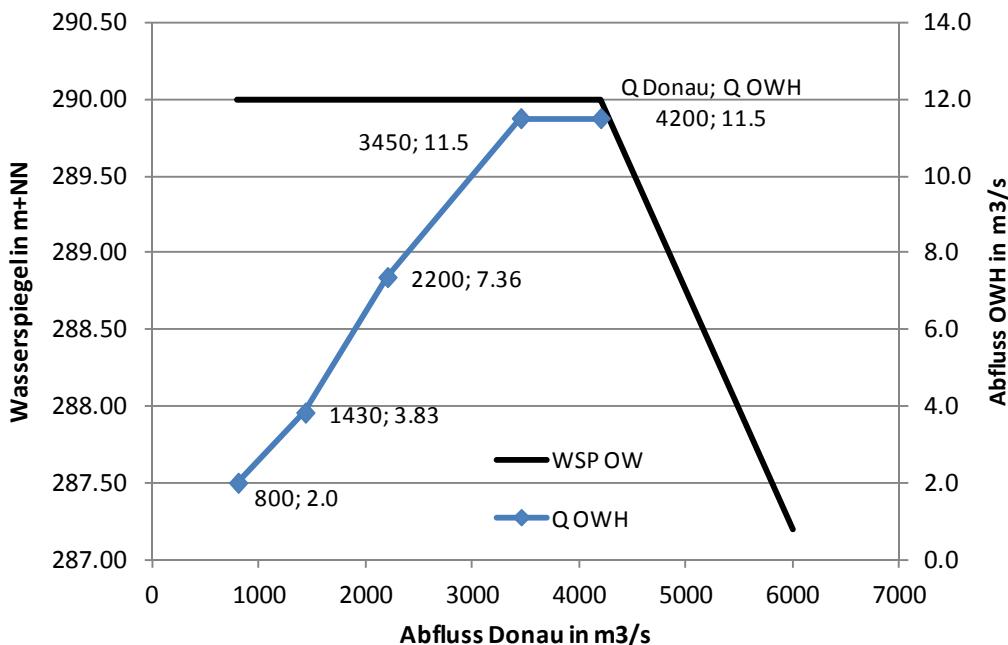


Abbildung 4: Wasserspiegel Oberwasser Jochenstein und Abfluss OWH in Abhängigkeit des Abflusses Donau

2.4. Randbedingungen Donau

Der Wasserstand am Kraftwerk Jochenstein ist mit dem Stauziel 290,00 m ü.NN angesetzt. Es sollen jedoch Wasserspiegelschwankungen von 17,5 cm im Oberwasser berücksichtigt werden, d.h. der Wasserspiegel liegt maximal ca. +/- 9 cm über und unter dem Stauziel.

Die Wasserspiegel im Unterwasser sind abhängig vom Abfluss in der Donau und vom Betrieb des Wehres an der Stauhaltung Aschach. Als Vorgabe des Gewässerökologen wurde für die Berechnung der Wasserspiegel in der OWH die Wasserspiegelmessungen am Pegel Dandlbach herangezogen. Der Pegel ist nur wenige 100 m von der zukünftigen Einmündung der OWH in die Donau entfernt. Aus der Zeitreihe von 12 Monaten (08.2010 bis 07.2011) wurde jeweils der untere Wert der Schwankungsbreite für den Wasserspiegel verwendet. Die Abflüsse in der Donau sowie die entsprechenden Wasserspiegellagen in der Donau bei der Einmündung der OWH sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

	Abfluss	Wasserspiegel bei Einmündung OWH
Q30 Abfluss mit Unterschreitungsdauer von 30 Tagen	800 m ³ /s	280,53 m ü.NN
MQ Mittlerer Abfluss	1430 m ³ /s	281,07 m ü.NN
Q330 Abfluss mit Unterschreitungsdauer von 330 Tagen	2200 m ³ /s	281,70 m ü.NN
HSQ Höchster schiffbarer Abfluss	3450 m ³ /s	282,65 m ü.NN

Tabelle 1: Abflüsse und Wasserspiegellagen Donau bei Einmündung OWH

Da der Wasserspiegel an der Staustufe Jochenstein ab einem Abfluss von 4200 m³/s abgesenkt werden muss (Abbildung 4), kann die OWH nicht mehr im freien Abfluss aus der Donau beaufschlagt werden. In diesem Fall erfolgt eine Notdotation über Pumpen, die mit 1 m³/s in die OWH fördern.

2.5. Verwendete Software

Die Wassertiefen und die Fließgeschwindigkeiten in der OWH wurden mit dem 2D-Programmen Hydro_AS-2D Version 2.1 (Dr. Nujic, Rosenheim) berechnet. Das Programm wird ebenfalls in der bayerischen Wasserwirtschaft eingesetzt.

Die Entnahme der Dotation für die OWH aus dem oberen Schleusenvorhafen sowie die Ausströmsituation der OWH in die Donau wurden mit dem 3D-Programm FLOW-3D, Version 9.4.5 (Flow Science, USA) berechnet. Im Gegensatz zu anderen Strömungslösern wurde das Programm speziell für die Berechnung von Strömungen mit freien Oberflächen entwickelt und optimiert.

Das Programm bietet verschiedenste Berechnungsmethoden und Diskretisierungsmöglichkeiten an, um die physikalischen Randbedingungen zu beschreiben. In der verwendeten Programmkonfiguration löst Flow3D die inkompressiblen Navier-Stokes- Gleichungen auf einem kartesischen Gitter mit einem Finite-Volumen-Verfahren: Die räumliche Approximation der Flüsse erfolgte mit der Monotonicity-Preserving-Second-Order Methode. Diese stellt eine Kombination aus einem Zentraldifferenzenverfahren (CDS, zweiter Ordnung) und einem Upwind-Verfahren (erster Ordnung) dar. Die Zeitintegration wird mit einem expliziten Verfahren durchgeführt, wobei der Druck implizit durch eine iterative Berechnung gelöst wird. Die Länge der Zeitschritte wurde automatisch durch das Programm über eine Betrachtung der Courant-Zahl bestimmt. Für die Berechnung der freien Oberfläche wird der Algorithmus von Hirt und Nichols benutzt.

In Flow3D wird die Strömung an kartesischen strukturierten Gittern nach dem Finite-Volumen-Verfahren berechnet. Um Hindernisse in der Strömung zu beschreiben, bedient sich das Programm der Fractional Area/ Volume Obstacle Representation Methode (FAVORTM-Methode). Es wird hierbei an jeder Zelle der Anteil bestimmt, der mit Fluid gefüllt werden kann. Dieser Bereich wird durch Flächen- und Kantenanteile der Zelle beschrieben. Die im Programm verwendeten Interpolationen werden derart modifiziert, dass die im Finite-Volumen-Verfahren verwendeten Erhaltungsgleichungen weiterhin gültig sind.

3. Dotation

Das Wasser für die zusätzliche Dotierung der OWH wird ca. 50 m unterhalb des Ausstiegs der OWH aus dem oberen Schleusenvorhafen entnommen. Das Wasser wird auf ca. 200 m durch einen Kanal unter der OWH geleitet und weitere ca. 100 m bis zur Stelle der Zugabe in die OWH parallel daneben geführt. Die Steuerung der Dotonationsmenge erfolgt durch ein Schütz. Eine Übersicht der OWH bis zum Auslauf der Dotation ist in Abbildung 5 enthalten.

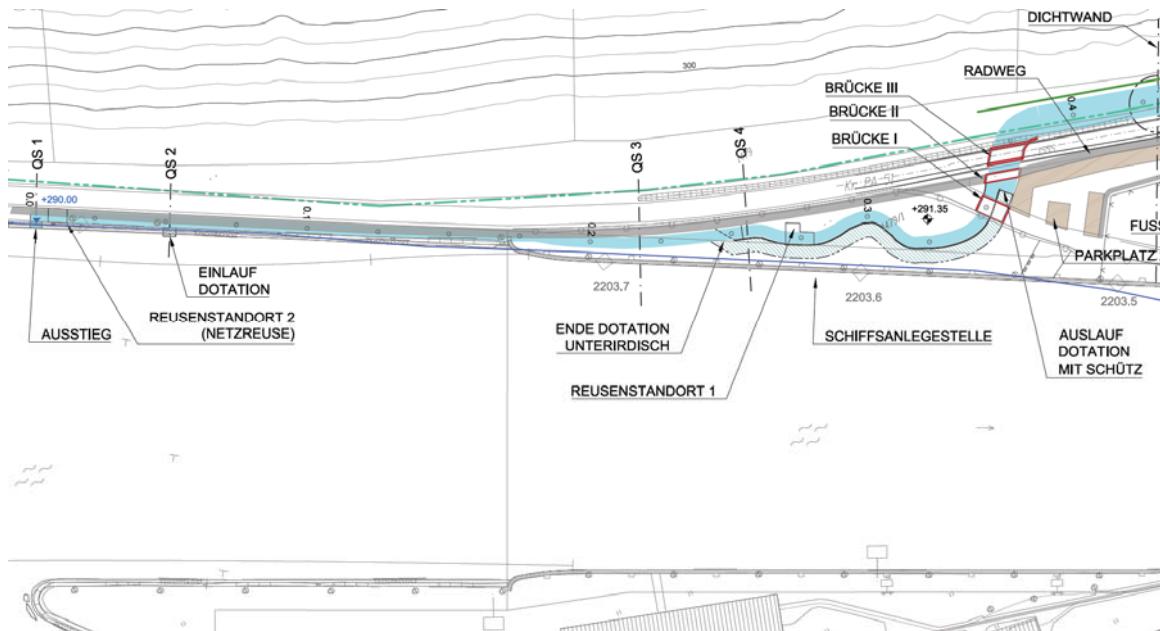


Abbildung 5: Einlauf OWH, Einlauf Dotation und Auslauf Dotation in die OWH

Für die Dotation wurden die Energieverluste beim maximalen Durchfluss von 9,5 m³/s berechnet. Der Wasserspiegel der OWH am Auslauf der Dotation liegt auf maximal 289,40 m ü.NN (vgl. Kapitel 4). Der Wasserspiegel im oberen Schleusenvorhafen liegt auf 290,00 m ü.NN und stellt für die OWH und das Dotonationsgerinne auch die maximale Energiehöhe dar.

Mit den in Abbildung 6 dargestellten Querschnitten wurden die Energieverluste durch Wandreibung auf 0,14 m für die Länge des Druckkanals und auf ca. 0,07 m im Bereich des offenen Gerinnes berechnet. In beiden Gerinnen beträgt die Fließgeschwindigkeit nur ca. 1 m/s. Die Umlenkungsverluste am Einlauf und im Bereich des offenen Gerinnes werden auf max. ca. 0,15 m geschätzt. Die Summe der Energieverluste beträgt damit in Druckkanal und Gerinne der Dotierung ca. 0,36 m. Berücksichtigt man zudem die Geschwindigkeitshöhe von ca. 0,06 m, dann ergibt sich ein Wasserspiegel im Dotonationsgerinne vor dem Auslauf in die OWH von 290,00 m ü.NN – 0,42 m = 289,58 m ü.NN. Mit der um ca. 9 cm tieferen unteren Stauzieltoleranz von 289,91 m ü.NN ergibt sich ein Wasserspiegel im Dotonationsgerinne vor dem Auslauf in die OWH von 289,49 m ü.NN.

Damit ist in jedem Fall sichergestellt, dass die Dotierwassermenge von max. 9,5 m³/s auch tatsächlich in die OWH eingeleitet werden kann.

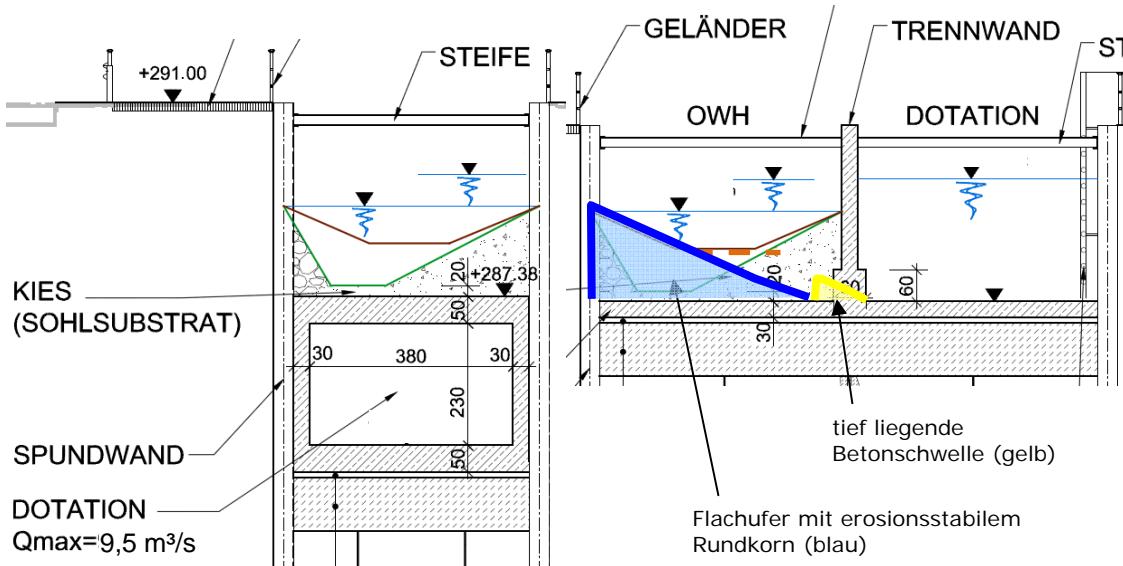


Abbildung 6: Querschnitte der Dotierung; Querschnitt Druckkanal (links) und offenes Gerinne (rechts)

Die Höhe der Sohle am Absperrschatz der Dotierung muss so gewählt werden, dass die Dotation ohne schießenden Abfluss und ohne Wechselsprung in der OWH erfolgt. Hierfür sind kleine Abflüsse in der OWH und kleine Dotierungen zu betrachten, da dabei das Energiegefälle am Schütz am größten ist. Dies wurde für die unterschiedlichen Abflüsse untersucht und ist beispielhaft für einen Abfluss von 5 m³/s, d.h. etwas über MQ erläutert.

Bei $Q = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ in der OWH müssen $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ durch die Dotierung in die OWH gegeben werden. Der Wasserspiegel im Dotationsgerinne wird mit dem maximalen Wert von 290,09 m ü.NN angenommen. Der Wasserspiegel in der OWH liegt auf 288,90 m ü.NN (vgl. Kapitel 4).

Mit dem Energiegefälle am Schütz von 1,19 m beträgt die Fließgeschwindigkeit des Strahls unter dem Schütz ca. 4,8 m/s, die Froudezahl beträgt 4,4. Aus dem Verhältnis der konjugierten Wassertiefen eines Wechselsprungs folgt, dass die Wassertiefe unterstrom des Schützes mindestens 0,71 m betragen muss, damit das Schütz vom Unterwasser her eingestaut ist und kein schießender Abfluss herrscht.

Die maximale Höhe der Sohle unter dem Schütz beträgt damit ca. 288,90 m ü.NN – 0,71 m = 288,19 m ü.NN.

Die Sohlhöhe des Betongerinnes, in dem die OWH liegt, beträgt am Schütz ca. 286,80 m ü. NN und liegt damit ausreichend tief für eine möglichst gleichmäßige Energieumwandlung. Da im oberen, nicht dynamisch dotierten Abschnitt der OWH kein Geschiebetrieb zu erwarten ist, ist grundsätzlich kein Eintrag von Geschiebe in den Bereich des Schutzes zu befürchten. Die ggf. erforderliche Zugabe mit Geschiebe zur Verhinderung der Sohleintiefung und zur Auffrischung des Substrats erfolgt flussab der dynamischen Dotation. Die Sohle der OWH und der Unterwasserbereich des Schutzes können somit weitgehend sohlgleich verbunden werden. Etwaige Trennbauwerke in diesem Bereich die für Organismen, die der Leitströmung der dynamischen Dotation folgen, zu Sackgasseneffekten führen könnten, können vermieden werden.

Der Bereich zwischen der OWH und dem Unterwasser des Schützes muss durch eine tiefliegende Betonstruktur getrennt werden, um ein Freihalten des Bereichs der Energieumwandlung von Kies jedenfalls sicherzustellen. Dies ist in der Abbildung 6 rechts skizzenhaft dargestellt. Aufgrund der geringen Höhe der Betonschwelle ist keine Barrierefunktion für flussauf ziehende Fische zu erwarten. Fische die zum teilweise geöffneten Schütz ziehen, dieses aber nicht durchschwimmen können,

werden daher von der direkt seitlich davon ansetzenden Leitströmung des oberen Teils der OWH weiter geleitet. Substratgebundene Organismen können in den Bereich vor dem Schütz nicht vordringen, weil sich hier keine Substratauflage befindet. Sie werden bereits weiter flussab in den linken Gerinneteil weitergeleitet der seine Fortsetzung im oberen Teil der OWH hat.

4. Berechnung der Wasserspiegellagen in der OWH

4.1. Modellerstellung

Die Modellierung und Berechnung erfolgte mit einem hydrodynamischen 2D-Berechnungsmodell. Bei der Modellerstellung wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Verteilung der verschiedenen Regelprofile entlang der geplanten Achse
- Ermittlung der Höhe des Niederwasserspiegels in jedem Profil auf Grundlage des vorgegebenen Gefälles
- Ermittlung der Höhe des jeweiligen Regelprofils auf Grundlage der jeweiligen Niederwasserspiegel
- Erstellung des Berechnungsnetzes und Definition der Randbedingungen

Bei der Verteilung der Regelprofile entlang der Achse der OWH wurde darauf geachtet, ein Mäandrieren des Talweges in der Lage als auch in der Sohlhöhe zu erreichen. In Krümmungen wurde die tiefste Stelle eines Kolkprofils immer auf der Außenseite angeordnet.

Die Sohlrauheit wurde mit einem k_{st} -Wert von $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ so gewählt, dass der Einbau von Wurzelstöcken etc. (vgl. Abbildung 2) berücksichtigt wird.

4.2. Berechnete Lastfälle

Es wurden die in Tabelle 2 genannten Lastfälle berechnet.

	Abfluss Donau	Abfluss OWH
Q_{not} , Notdotation	$>4200 \text{ m}^3/\text{s}$	$1,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Q_{30} , Abfluss mit Unterschreitungsdauer von 30 Tagen (maßgebender Minimalwert für die Funktionsfähigkeit der OWH)	$800 \text{ m}^3/\text{s}$	$2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
MQ , Mittlerer Abfluss	$1430 \text{ m}^3/\text{s}$	$3,83 \text{ m}^3/\text{s}$
Q_{330} , Abfluss mit Unterschreitungsdauer von 330 Tagen (maßgebender Maximalwert für die Funktionsfähigkeit der OWH)	$2200 \text{ m}^3/\text{s}$	$7,36 \text{ m}^3/\text{s}$
$HSQ = Q_{max}$, Höchster schifffbarer Abfluss, maximaler planmäßiger Abfluss in der OWH	$3450 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,5 \text{ m}^3/\text{s}$
$Q_{max} + 4$, Maximaler planmäßiger Abfluss (bei HSQ in der Donau) plus $4 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Hangenreuthreusenbach	$3450 \text{ m}^3/\text{s}$	$15,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabelle 2: Berechnete Lastfälle

Die entsprechenden Wasserspiegellagen in der Donau bei der Einmündung im Unterwasser der Stufe Jochenstein sind in Tabelle 1 gelistet. Für die Notdotation wurde ein Wasserspiegel von 283,00 m ü.NN angesetzt.

4.3. Wasserspiegel OWH

Alle berechneten Wasserspiegellagen sind im Gewässerlängsschnitt, Anlage 1, dargestellt. Der angestrebte Wasserspiegel bei Niedrigwasserabfluss Q30 wird im Mittel eingehalten. Bei kleinen Abflüssen in der OWH ist an den Furtprofilen entsprechend einer naturnahen Gerinnehydromorphologie ein höheres Gefälle vorhanden als an den Kolkprofilen.

Die Berechnung des Q_{not} , d.h. des minimalen Abflusses mit einer Dotierung von 1 m^3/s ergibt die minimale Wassertiefe, die sich in der OWH einstellen kann. In den Kolkbereichen sind in diesem Fall Wassertiefen bis etwas über einem Meter vorhanden (vgl. Anlage 2 bis Anlage 4).

Die Berechnung des Q30 ergibt in den Kolkbereichen Wassertiefen von bis zu 1,2 m Meter und in den Furtbereichen von etwa 0,6 m (vgl. Anlage 11 bis Anlage 13). Die Fließgeschwindigkeiten betragen maximal ca. 1,2 m/s (vgl. Anlage 14 bis Anlage 16). Die Sohlschubspannungen erreichen in den Furtbereichen maximal ca. 30 N/m^2 (vgl. Anlage 17 bis Anlage 19).

Die Berechnung des Q330 ergibt in den Kolkbereichen Wassertiefen bis zu 1,5 m und in den Furtbereichen von etwa 0,7 m (vgl. Anlage 20 bis Anlage 22). Die Fließgeschwindigkeiten betragen maximal ca. 1,3 m/s (vgl. Anlage 23 bis Anlage 25). Die Sohlschubspannungen erreichen in den Furtbereichen max. ca. 40 N/m^2 (vgl. Anlage 26 bis Anlage 28).

Die Berechnung des Q_{max} ergibt in den Kolkbereichen Wassertiefen bis zu 2,0 Meter und in den Furtbereichen von etwa 1,1 m (vgl. Anlage 29 bis Anlage 31). Die Fließgeschwindigkeiten betragen maximal ca. 1,4 m/s (vgl. Anlage 32 bis Anlage 34). Die Sohlschubspannungen erreichen in den Furtbereichen max. ca. 40 N/m^2 (vgl. Anlage 35 bis Anlage 37).

Für den maximal möglichen Abfluss in der OWH $Q_{\text{max plus4}} = 15,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ist nur sicher zu stellen, dass keine Ausuferung auftritt. Wie der Längsschnitt in Anlage 1 zeigt, ist dies gewährleistet.

5. Entnahme Dotation im oberen Schleusenvorhafen

Durch die Entnahme des Wassers für die OWH von bis zu $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ können im oberen Vorhafen der Schleuse Jochenstein Querströmungen in Bezug auf die Längsachse des Vorhafens entstehen. Vor allem im Bereich einer Schiffslänge („Spargelverband“ von ca. 180 m Länge) von der Schleuse entfernt bis zur Schleuse sind Querströmungen nicht zulässig, da hierdurch ein „Verklemmen“ eines ein- oder ausfahrenden Schiffes verursacht werden kann.

Mit einem 3D-Modell wurden die Querströmungen im Schleusenvorhafen untersucht, welche durch die gesamte maximale Entnahme für die OWH erzeugt werden. Die Untersuchung erfolgte unter Rücksprache mit der Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe (BAW), welche bei der Wahl des gewählten Standorts Unterstützung bot.

5.1. Grundlagen der 3D-Berechnung

Die Sohle der Donau wurde entsprechend den in Kapitel 2.2 genannten Grundlagen modelliert. Die Geometrie des Einlaufs wurde entsprechend den Abmessungen in Abbildung 7 mit Vereinfachungen modelliert. Es wurde die Breite des Einlaufs von 12 m sowie die Schwellenhöhe auf 287,00 m ü.NN berücksichtigt, jedoch nicht die anschließende Beschleunigung und Umlenkung in den Druckkanal.

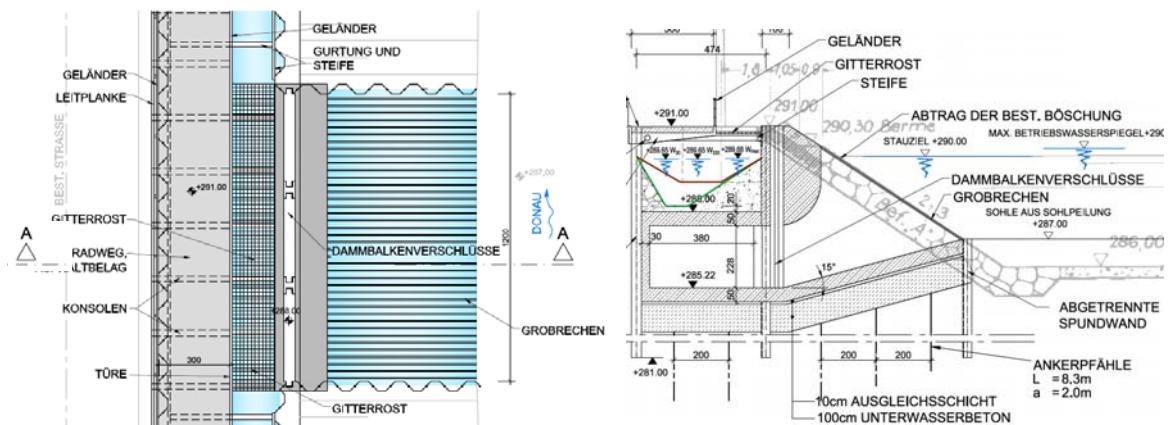


Abbildung 7: Einlauf Dotation, links Draufsicht, rechts Schnitt A-A

5.2. Untersuchte Standorte

Der Ausstieg in die OWH sowie die Lage des Dotationseinlaufs stromabwärts ist in Abbildung 8 ersichtlich. Hierfür wurde mit dem 3D-Modell die Strömung im oberen Schleusenvorhafen untersucht. Am Ausstieg in die OWH wurde dabei eine Entnahme von $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt.

Der Abfluss in der Donau wird mit einem HSQ = $3450 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen. Bei diesem Abfluss erreicht der Abfluss in der OWH mit insgesamt $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ den größten Wert (vgl. Abbildung 4). Die Entnahme aus dem Schleusenvorhafen am Einlauf Dotation beträgt dabei $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Der Wasserstand am Kraftwerk Jochenstein ist mit dem Stauziel 290,00 m ü.NN angesetzt.

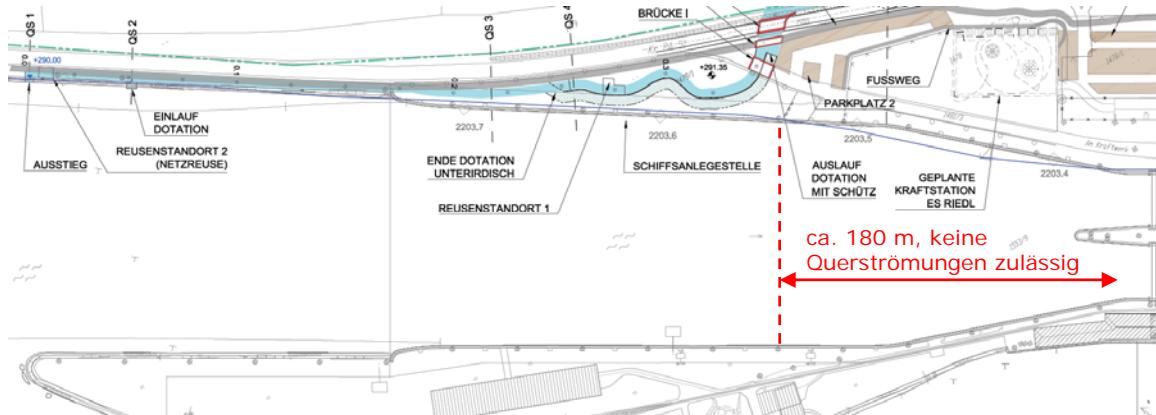


Abbildung 8: Lage der untersuchten Entnahmen aus dem Schleusenvorhafen

5.3. Auswirkungen auf die Schifffahrt

Die Ergebnisse der Berechnungen für den Istzustand ohne Entnahme und den Zustand mit max. Entnahme von $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ für einen Donauabfluss HSQ ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

In Abbildung 9 sind die Fließgeschwindigkeiten im Schleusenvorhafen für den Zustand ohne OWH dargestellt. Die vorhandene starke Querströmung am Eingang des Vorhafens bewirkt eine leichte Durchströmung des Eingangsbereiches des Vorhafens. Nahe der Schleuse ist nahezu keine Strömung vorhanden. Dies ändert sich auch nicht mit der Entnahme für die OWH (Abbildung 10).

In Abbildung 11 ist der y-Anteil der Fließgeschwindigkeit ohne Entnahme in die OWH farblich dargestellt. Da die Längsachse des Schleusenvorhafens fast parallel zur x-Achse liegt, kann der y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten als Querströmungsanteil betrachtet werden. In Abbildung 12 ist die entsprechende Darstellung für den Fall mit Entnahme in die OWH enthalten. In beiden Fällen sind nahe der Schleuseneinfahrt keine nennenswerten Querströmungen vorhanden.

Die Entnahme von bis zu $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ im Eingangsbereich des oberen Vorhafens der Schleuse Jochenstein beeinträchtigt die Sicherheit der in die Schleuse ein- und ausfahrenden Schifffahrt nicht. Auch im Eingangsbereich des Vorhafens wird die Strömung durch die OWH nur sehr wenig beeinflusst.

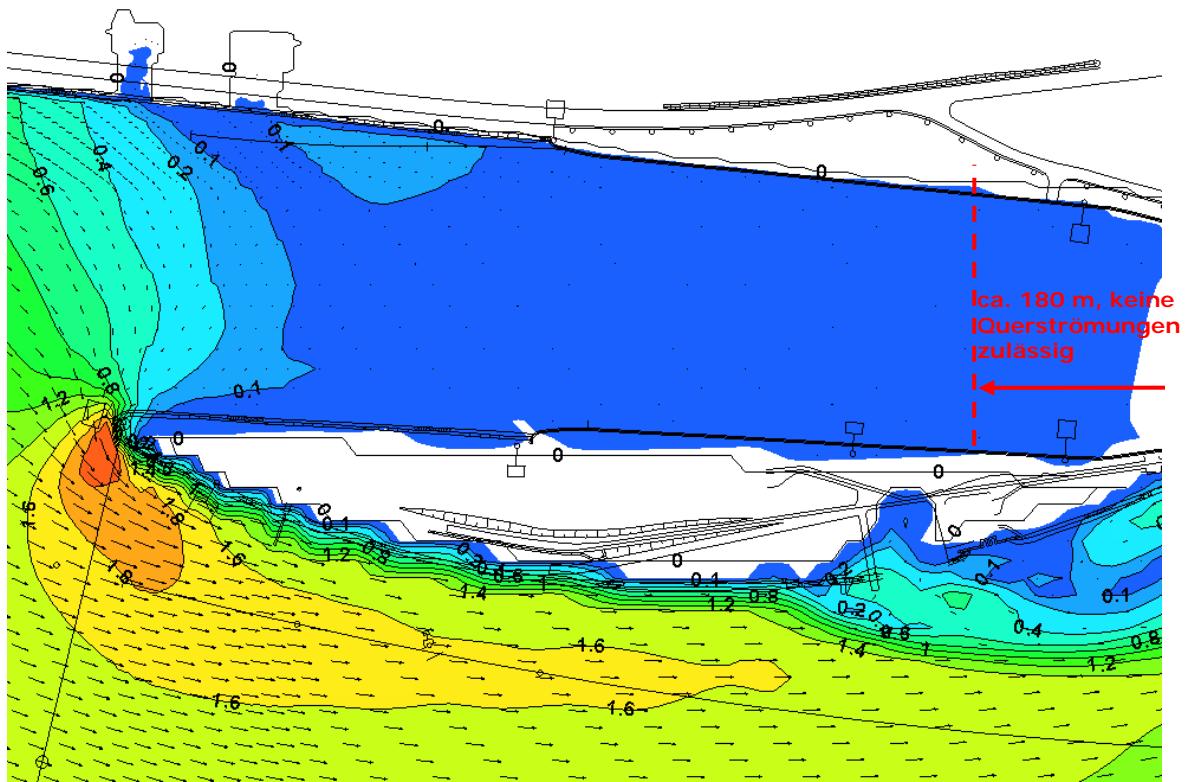


Abbildung 9: ohne OWH, Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN

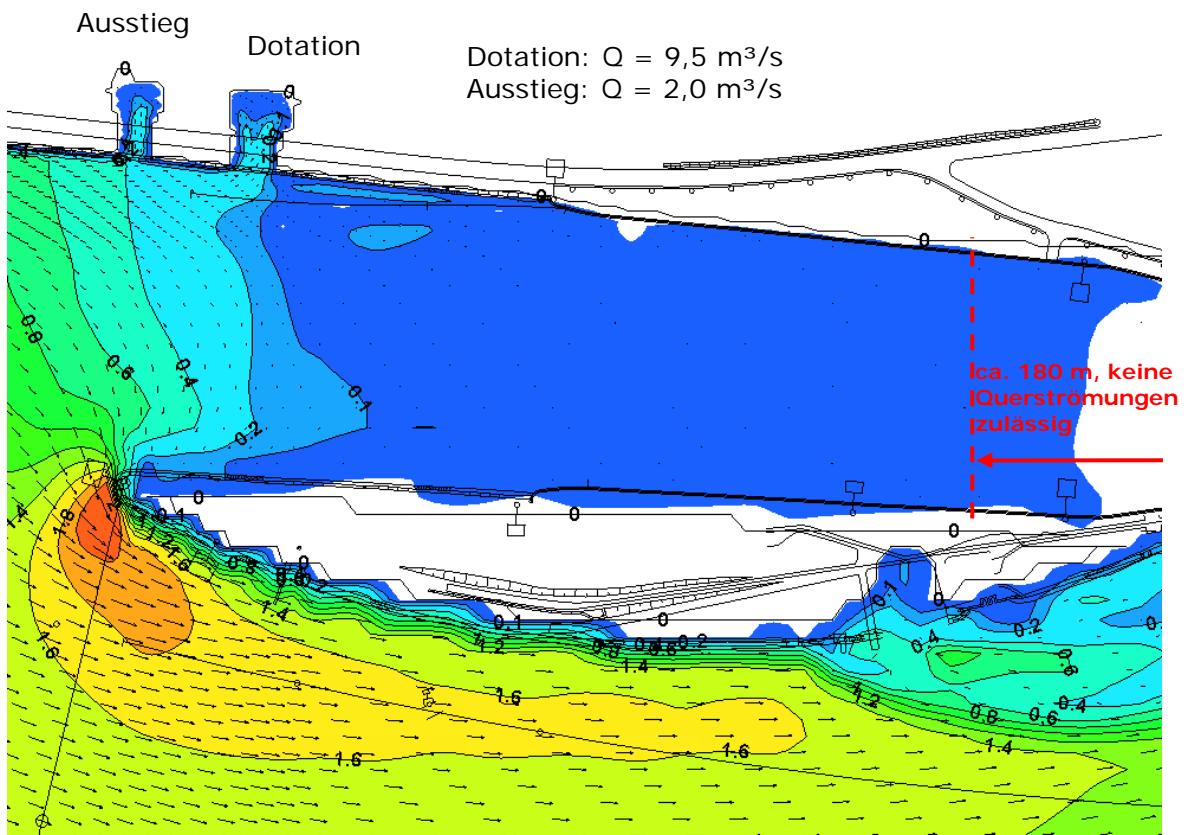


Abbildung 10: mit OWH, Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN

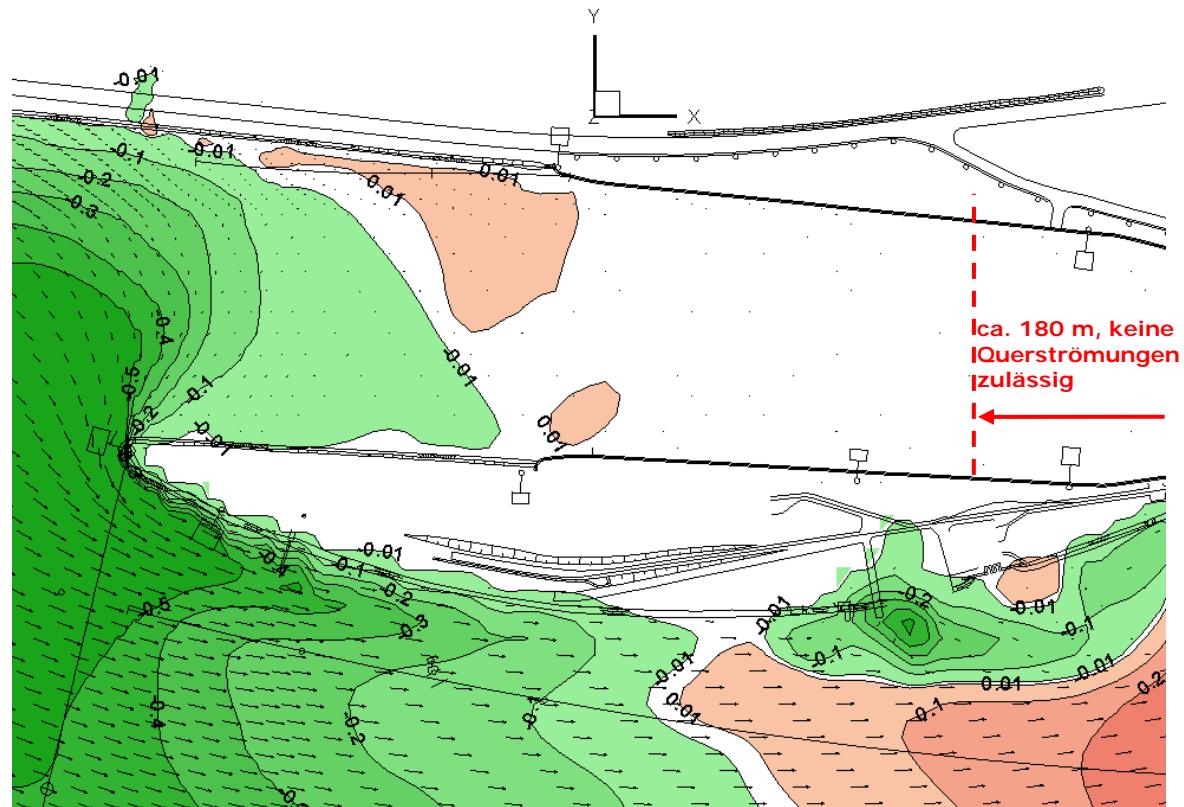


Abbildung 11: HSQ ohne OWH, rot: positiver y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN, grün: negativer y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN

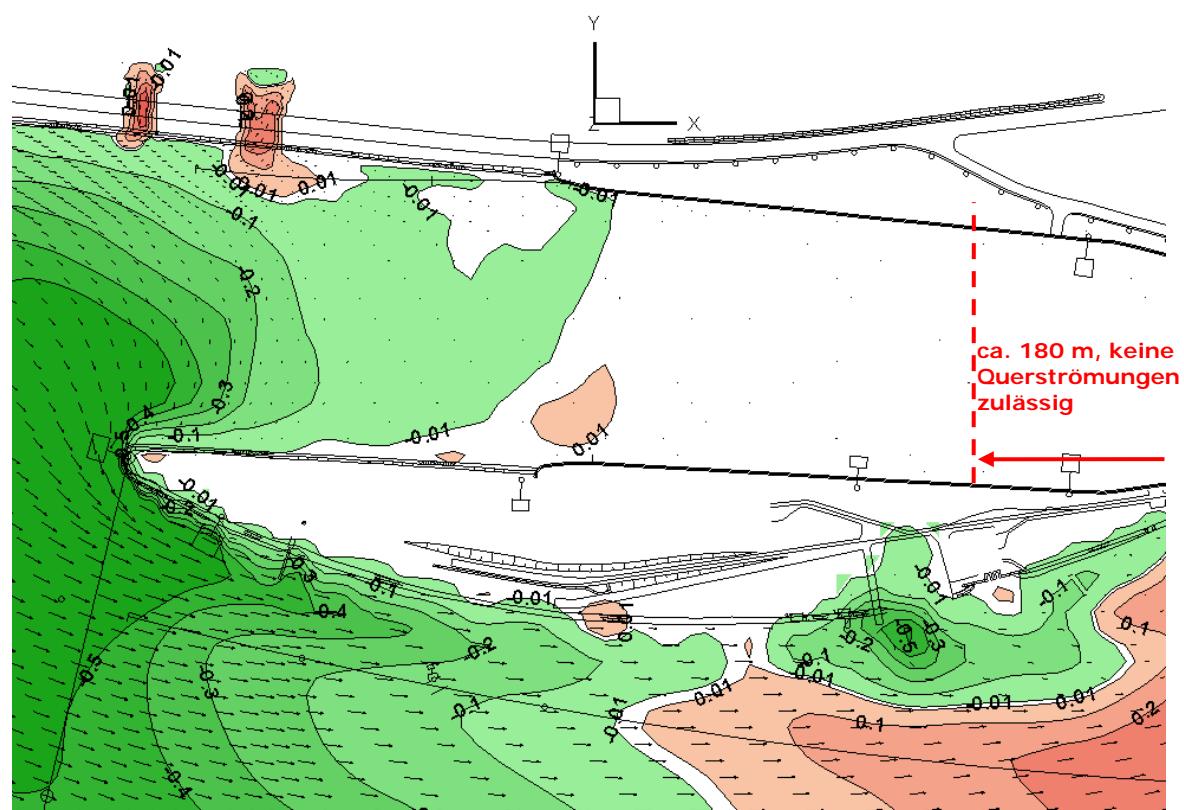


Abbildung 12: HSQ mit OWH, rot: positiver y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN, grün: negativer y-Anteil der Fließgeschwindigkeiten auf Höhe 289,00 m ü.NN

6. Ausströmsituation der OWH in die Donau

Im Rahmen des Projektes wurde die Ausströmsituation der OWH in die Donau untersucht. Um die Einflüsse in der Nähe des Ufers möglichst genau abzubilden, wurden die Strömungsverhältnisse dreidimensional berechnet.

Zur Modellierung eines Flussschlauchs wurde die Geometrie der Sohle anhand eines digitalen Geländemodells erstellt.

6.1. Berechnete Lastfälle

Die Strömungsbedingungen wurden bei zwei unterschiedlichen Randbedingungen berechnet:

Q30	$Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$
Q330	$Q = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabelle 3: Berechnete Lastfälle und Abflüsse

Für die Berechnung wurde am östlichen Rand des Berechnungsgebietes eine Druckrandbedingung gesetzt, an der ein festgesetzter Wasserspiegel gehalten wurde. Die einzustellenden Höhen des Wasserspiegels im Berechnungsgebiet wurden im Vorfeld der 3D Berechnungen mit 2D Simulationen ermittelt.

Am westlichen Rand des Berechnungsgebietes wurde der Durchfluss bei Durchflüssen unter $Q = QA = 2050 \text{ m}^3/\text{s}$ uniform über die vertikale Fläche des Saugschlauches verteilt. Der restliche Teil des westlichen Randes wurde mit Wänden versehen, so dass weder durch das Wehr noch durch die Schleuse Wasser aus dem Berechnungsgebiet ausfließen konnte.

Sobald der Abfluss der Donau höher als der Ausbaudurchfluss des Kraftwerks ist, kommt es zu Wehrüberfall. Zur Simulation dieses Strömungsfalles wurde der Abfluss der Donau aufgeteilt um eine möglichst realitätsnahe Berechnung der Strömungsverhältnisse zu erreichen. Der Ausbaudurchfluss von $2050 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde wieder uniform über die vertikale Fläche des Saugschlauches verteilt. Der Abfluss über das Wehr wurde über eine Öffnung in der Sohle vor dem Wehr hinzugegeben. Dieses Vorgehen vermeidet einen ungewollten Eintrag von horizontalem Impuls durch das Wehr. Die mittlere horizontale Strömungsgeschwindigkeit im Tosbecken ist sehr klein, so dass die gewählte Randbedingung mit den in der Realität vorzufindenden Verhältnissen vergleichbar ist.

6.2. Fließgeschwindigkeiten OWH

Im Folgenden sind die Strömungsverhältnisse bei unterschiedlichen Abflüssen dargestellt. Die Ergebnisse wurden aus instationären dreidimensionalen Simulationen gewonnen, wobei sich quasistationäre Stromungsverhältnisse einstellten.

Der Mündungsbereich der OWH in die Donau stellt eine Engstelle dar, in der bei niedrigen Wasserständen der Donau so hohe Geschwindigkeiten auftreten können, dass sich dort eine hydraulische Barriere für schwimmschwächere Fische ergibt. Um diese Barriere zu entschärfen wird vor dem Mündungsbereich Wasser über eine Bypassleitung (siehe Abbildung 13) aus der OWH entnommen und nach dem Mündungsbereich wieder zugegeben. Für den unteren Funktionsgrenzwert der OWH von Q30 werden so beispielsweise 410 l/s entnommen. Der sich einstellende Wasserspiegelunterschied zwischen der Entnahmestelle und dem Donauwasserstand bedingt dabei einen Rohrdurchmesser der Bypassleitung von ca. 700 mm.

Die in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellten Simulationen wurden mit $Q_{30} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q_{330} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$ durchgeführt. Die Dotation der OWH betrug 1,59 (also $2,0 - 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$) bzw. $7,36 \text{ m}^3/\text{s}$. Die lokale Abgabe in die Bypass-Leitung wurde aus Programm-Stabilitätsgründen in den 3D-Berechnungen nicht nachgebildet, da das Hauptinteresse der Simulationen auf der Strömung im Mündungsbereich lag. Die oben diskutierte Dotationsmenge der Bypass-Leitung von 410 l/s wurde punktuell im Mündungsbereich der OWH zugegeben, wobei eine Mindestüberdeckung der Leitung von etwa 50 cm berücksichtigt wurde. Die 2D-Berechnungen erfolgten bei Q_{30} durchgehend mit einem Abfluss von $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Folglich sind die Ergebnisse der 2D und 3D Simulationen in diesem Strömungsfall im Auslaufbereich nur bedingt vergleichbar.



Abbildung 13: Wasserspiegel bei $Q = Q_{30} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$.

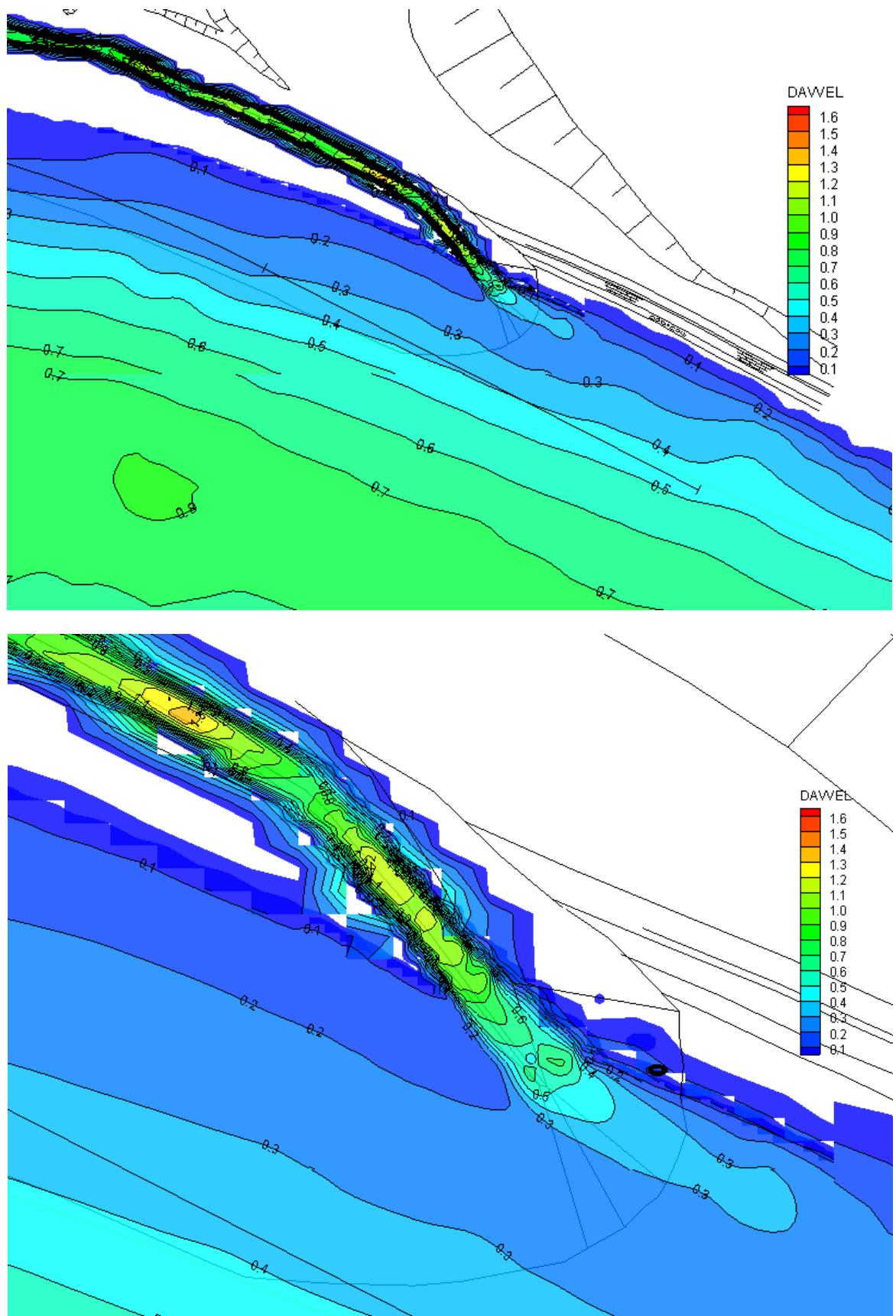


Abbildung 14: Tiefengemittelte Strömungsgeschwindigkeiten bei $Q = Q_{30} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$.

Oben: Übersichtsdarstellung; Unten: Detaildarstellung

Die Diskontinuität der Isotachen ist auf einen Netzübergang des Berechnungsprogramms zurückzuführen.

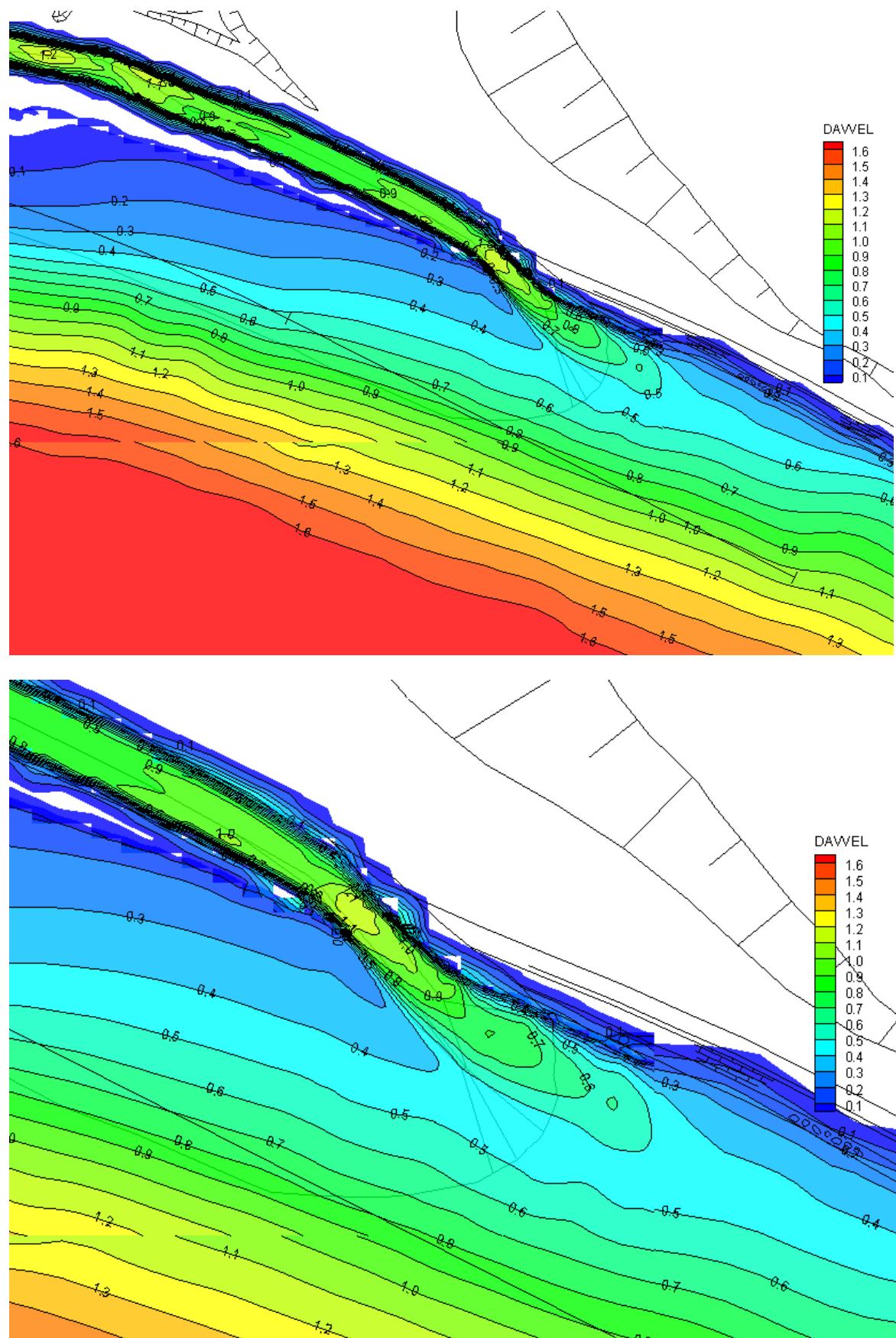


Abbildung 15: Tiefengemittelte Strömungsgeschwindigkeiten bei $Q = Q_{330} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$.

Oben: Übersichtsdarstellung; Unten: Detaildarstellung

Die Diskontinuität der Isotachen ist auf einen Netzübergang des Berechnungsprogramms zurückzuführen.

6.3. Querströmungen am Fahrrinnenrand

Durch die in spitzem Winkel einmündende OWH ist am Fahrrinnenrand keine für die Schifffahrt relevante Änderung der Strömungsrichtung zu erwarten. Wie in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt, wird die Strömungsrichtung des aus der OWH einmündenden Abflusses zur Hauptströmungsrichtung abgelenkt und verläuft damit parallel zum Ufer und zum Fahrrinnenrand.

6.4. Zusammenfassung

Bei der Betrachtung der Simulationsergebnisse aus Kapitel 6.2 wird erkenntlich, dass sich eine für Fische wahrnehmbare Strömung einstellt. Unter der Annahme, dass sie Fische am Ufer orientieren, kann aufgrund der Ergebnisse angenommen werden, dass die Auffindbarkeit der OWH gegeben ist.

Eine Beeinflussung der Schifffahrt an der Mündung der OWH durch Querströmungen ist nicht gegeben.