

**DONAU-
KRAFTWERK
JOCHENSTEIN**
AKTIENGESELLSCHAFT

Ausstiegsbereich in den Oberhafen

Hydraulische Untersuchungen

[illegible]

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	4
2.	Grundlagen.....	4
2.1.	Geländedaten Donau	4
2.2.	Ausstieg OWH.....	5
2.3.	Abfluss OWH	6
2.4.	Randbedingungen Donau	6
2.5.	Verwendete Software	7
3.	Strömungszustände ohne Schleusungen	7
4.	Strömungszustände bei Schleusungen.....	12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Untersuchungsbereich 3D-Modell Stauraum Jochenstein (blaue Umrandung)	4
Abbildung 2:	Ausstieg OWH, Einlauf Dotation und Auslauf Dotation in die OWH	5
Abbildung 3:	Wasserspiegel Oberwasser Jochenstein und Abfluss OWH in Abhängigkeit des Abflusses Donau	6
Abbildung 4:	Einlauf Dotation, links Draufsicht, rechts Schnitt A-A.....	7
Abbildung 5:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	8
Abbildung 6:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $MQ = 1.430 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	9
Abbildung 7:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Qa = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	10
Abbildung 8:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $HSQ = 3.450 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	11
Abbildung 9:	Schleuse Jochenstein, Anzahl der Schleusungen	12
Abbildung 10:	Schleusendurchflüsse = Entnahme aus dem Oberhafen	13
Abbildung 11:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	14
Abbildung 12:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $MQ = 1.430 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	15
Abbildung 13:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Qa = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	16
Abbildung 14:	Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $HSQ = 3.450 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abflüsse und Wasserspiegellagen Donau bei Einmündung OWH	6
------------	--	---

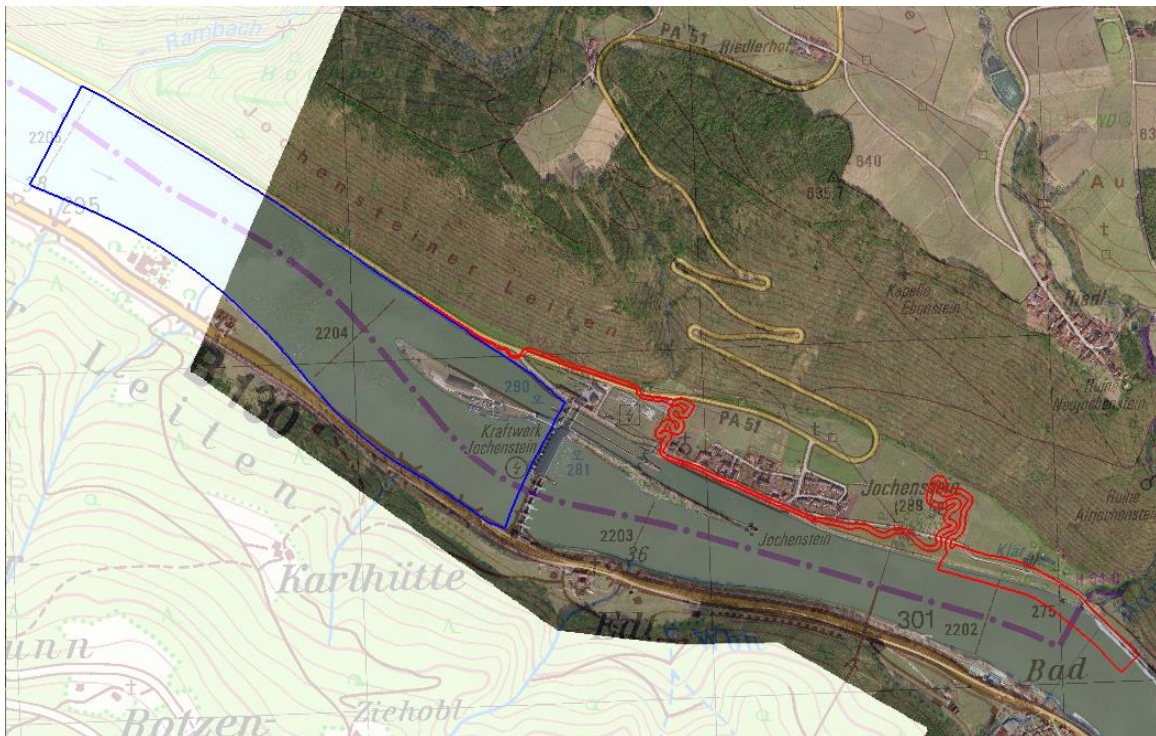
1. Allgemeines

In diesem Bericht werden die hydraulischen Verhältnisse im Ausstiegsbereich der Organismenwanderhilfe (OWH) im Bereich des Oberhafens der Schleusenanlage Jochenstein dargestellt. Die Aussagen beruhen zu einem Großteil auf Gutachten, die RMD Consult für das Projekt Energiespeicher Riedl erstellt hat (Hydraulische Verhältnisse im Oberwasser der Staustufe Jochenstein, Bericht Nr. JES-A001-RMDC1-B62001-00-_FE).

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

Diese Untersuchungen wurden im deutschen Gauss-Krüger-Format im 4. Band durchgeführt, die Höhenangaben beziehen sich auf Normalnull.

Ergänzt werden die Darstellungen um die Angabe der Häufigkeit von Schleusungsvorgängen und zugeordnete Fließgeschwindigkeitsberechnungen im Oberhafen.



2.2. Ausstieg OWH

Der Ausstieg der OWH befindet sich direkt gegenüber dem Trenndammspitz. 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 Dotationsmenge erfolgt durch ein Schütz. Eine Übersicht der OWH bis zum Auslauf der Dotation ist in Abbildung 2 enthalten.

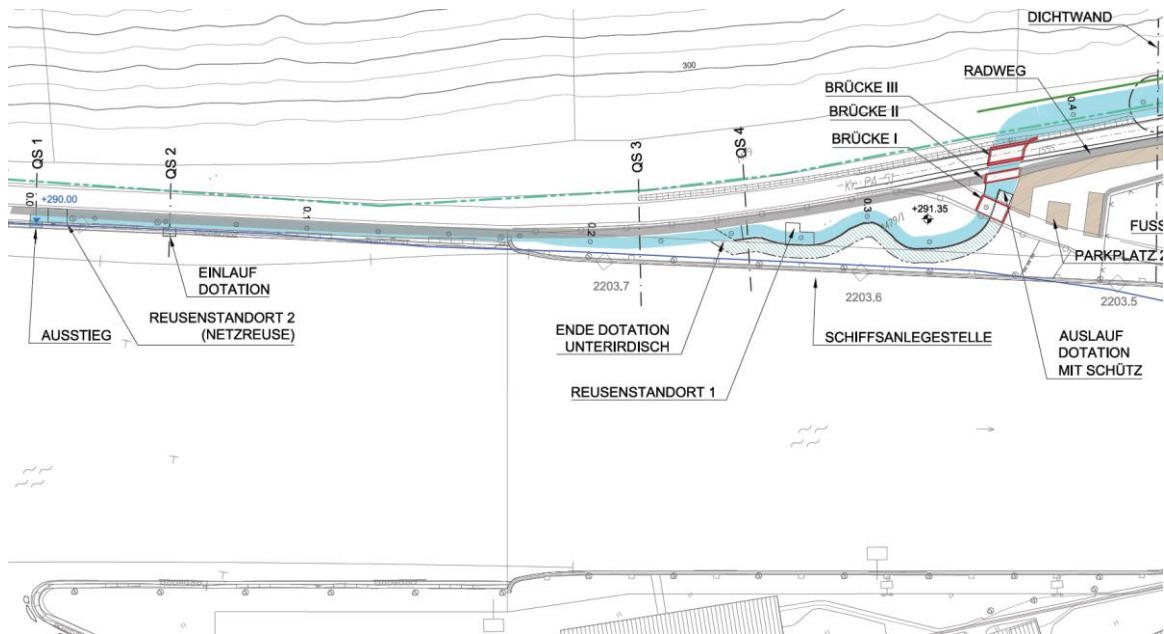


Abbildung 2: Ausstieg OWH, Einlauf Dotation und Auslauf Dotation in die OWH

2.3. Abfluss OWH

Der Abfluss in der OWH ist abhängig vom Abfluss in der Donau. Als Vorgabe wurde vom Gewässerökologen die in Abbildung 3 dargestellte Abflussbeziehung verwendet. In das Gerinne der OWH fließen an der Ausleitung stets $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, der restliche Abfluss wird durch eine gesteuerte Entnahme etwa 350 m weiter unten am Dotationsbauwerk zugegeben.

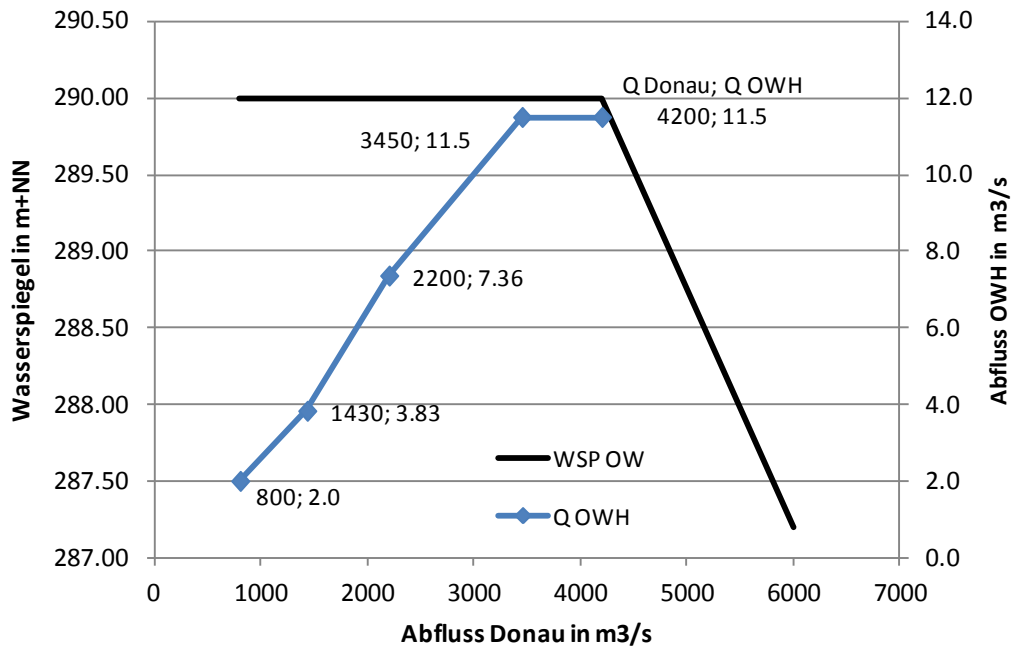


Abbildung 3: Wasserspiegel Oberwasser Jochenstein und Abfluss OWH in Abhängigkeit des Abflusses Donau

2.4. Randbedingungen Donau

Bei Stauzielhaltung liegt der Wasserstand am Kraftwerk Jochenstein auf Höhe 290,00 m ü.NN. Ab einem Abfluss von $4.200 \text{ m}^3/\text{s}$ wird der Wasserspiegel an der Staustufe Jochenstein abgesenkt. Die Abflüsse in der Donau sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

	Abfluss	Wasserspiegel bei Ausstieg OWH
NNQ Niederster Abfluss	$535 \text{ m}^3/\text{s}$	290,00 m ü.NN
Q30 Abfluss mit Unterschreitungsdauer von 30 Tagen (Untere Grenze Arbeitsbereich OWH)	$800 \text{ m}^3/\text{s}$	290,00 m ü.NN
MQ Mittlerer Abfluss	$1.430 \text{ m}^3/\text{s}$	290,00 m ü.NN
Qa Ausbaudurchfluss KW Jochenstein	$2.050 \text{ m}^3/\text{s}$	290,00 m ü.NN
Q330 Abfluss mit Unterschreitungsdauer von 330 Tagen (Obere Grenze Arbeitsbereich OWH)	$2.200 \text{ m}^3/\text{s}$	290,00 m ü.NN
HSQ Höchster schiffbarer Abfluss	$3.450 \text{ m}^3/\text{s}$	290,00 m ü.NN

Tabelle 1: Abflüsse und Wasserspiegellagen Donau bei Einmündung OWH

2.5. Verwendete Software

Die Strömungssituation im 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 Zentralknotenverfahren (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. Strömungszustände ohne Schleusungen

Mit dem 3D-Modell wurden die Strömungen im Schleusenvorhafen ohne überlagerte Schleusungsvorgänge untersucht.

Die Sohle der Donau wurde entsprechend den in Kapitel 2.1 genannten Grundlagen modelliert. Die Geometrie des Einlaufs wurde entsprechend den Abmessungen in Abbildung 4 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.

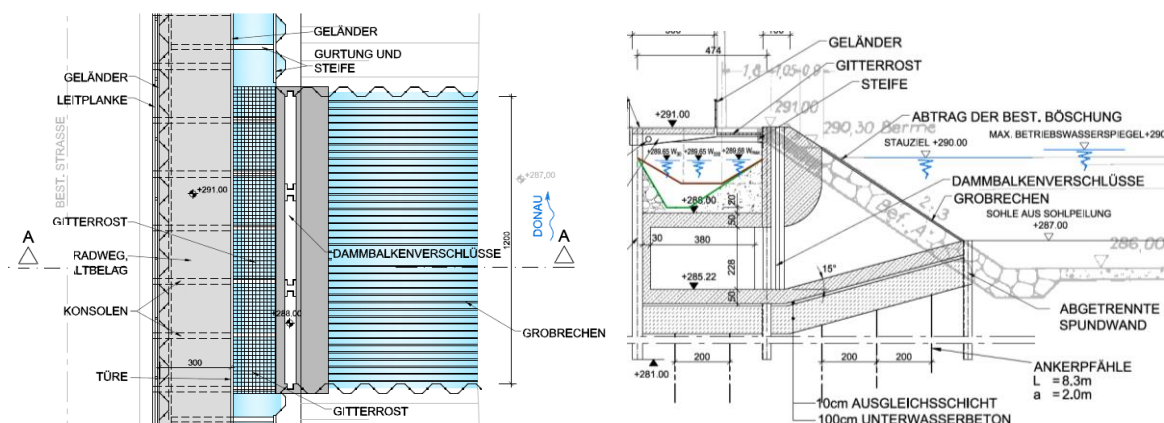


Abbildung 4: Einlauf Dotation, links Draufsicht, rechts Schnitt A-A

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die horizontalen Fließgeschwindigkeiten für den Donauabfluss von $800 \text{ m}^3/\text{s}$ (Abfluss Q30), $MQ = 1.430 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_a = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$ und $HSQ = 3.450 \text{ m}^3/\text{s}$.

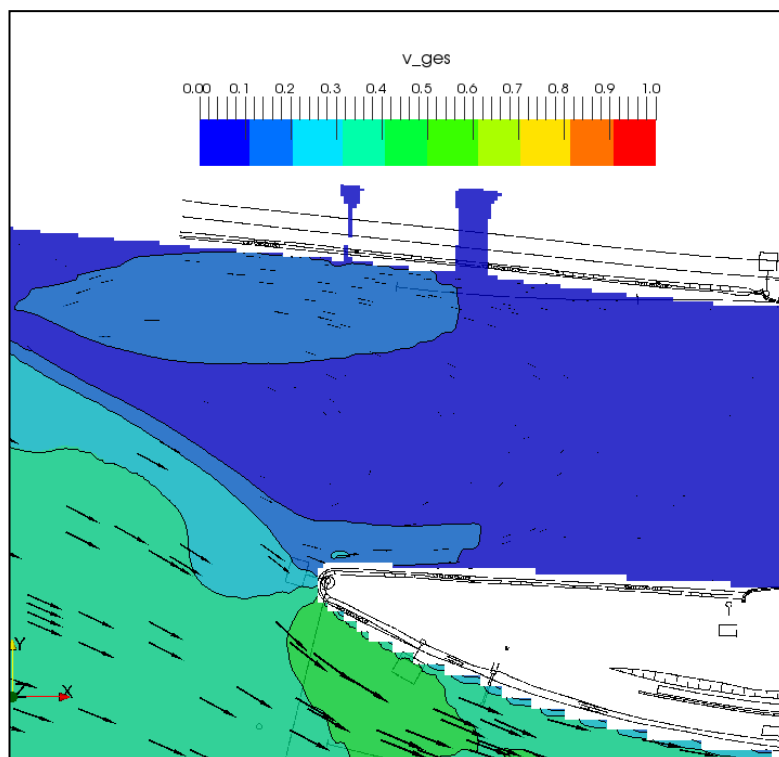
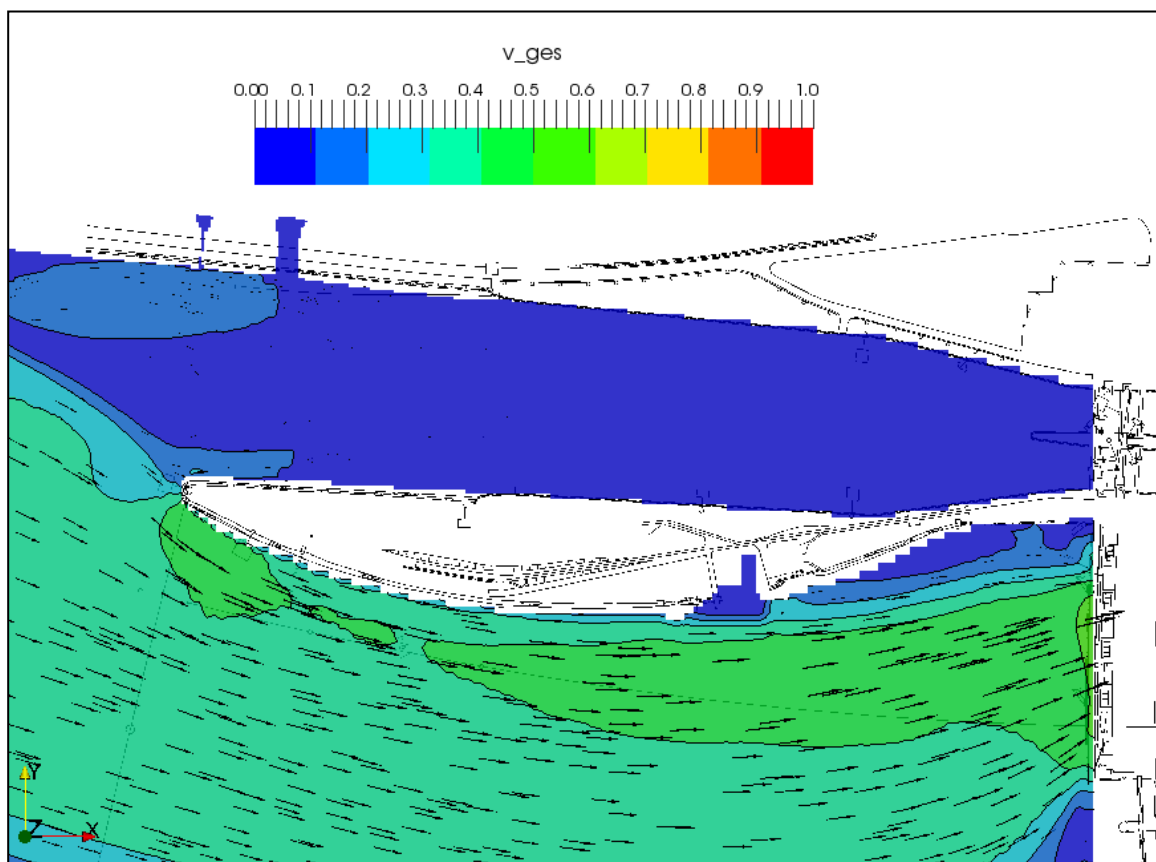


Abbildung 5: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

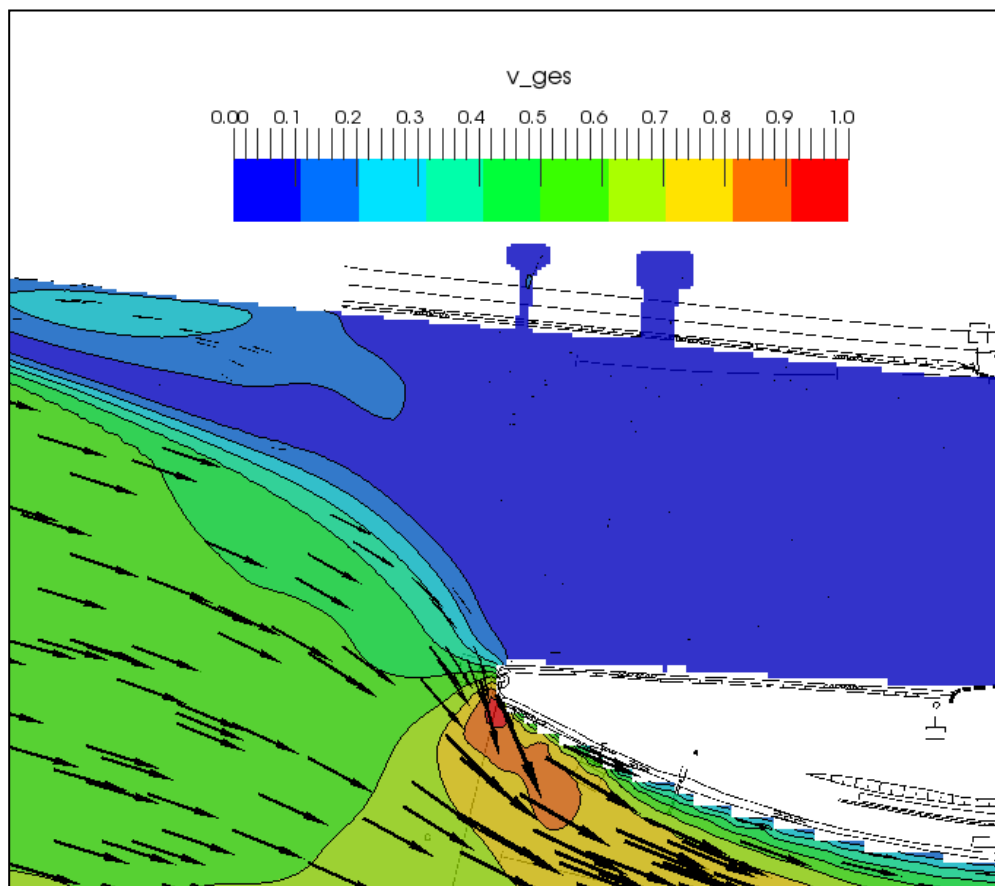
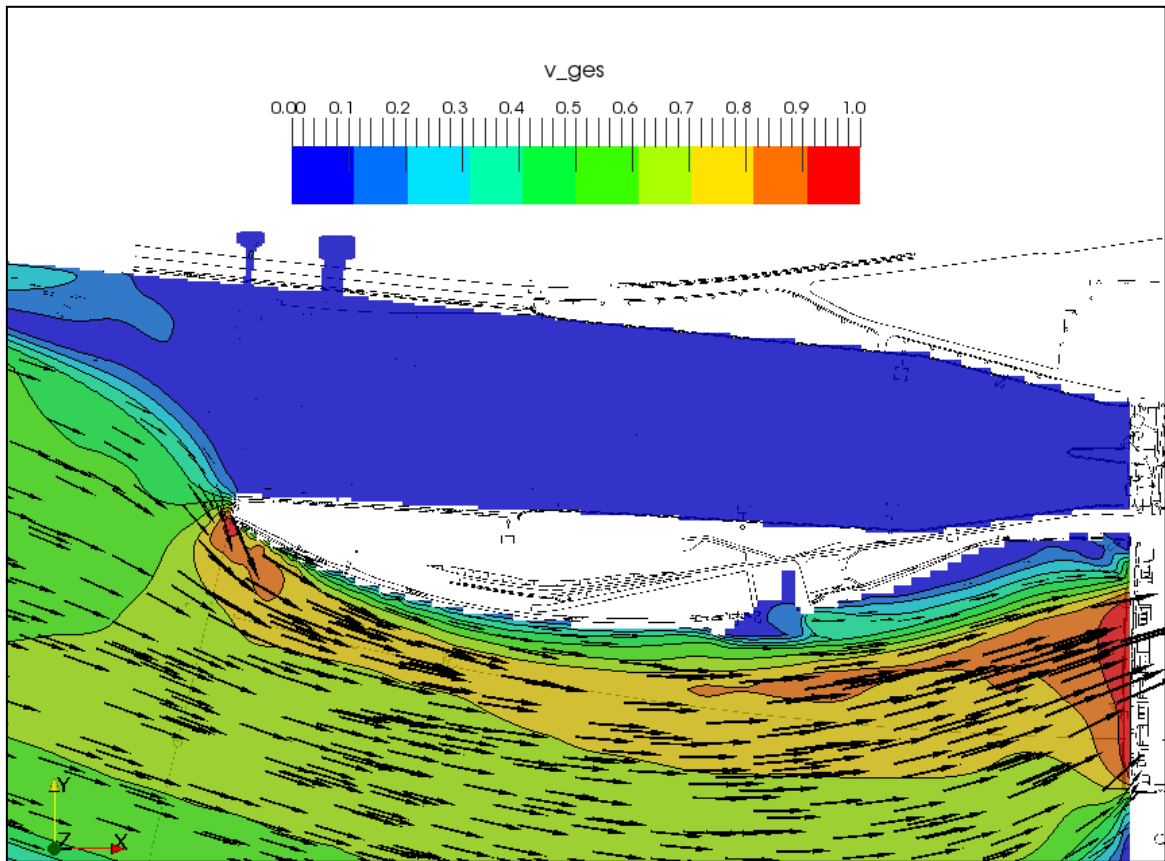


Abbildung 6: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $MQ = 1.430 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

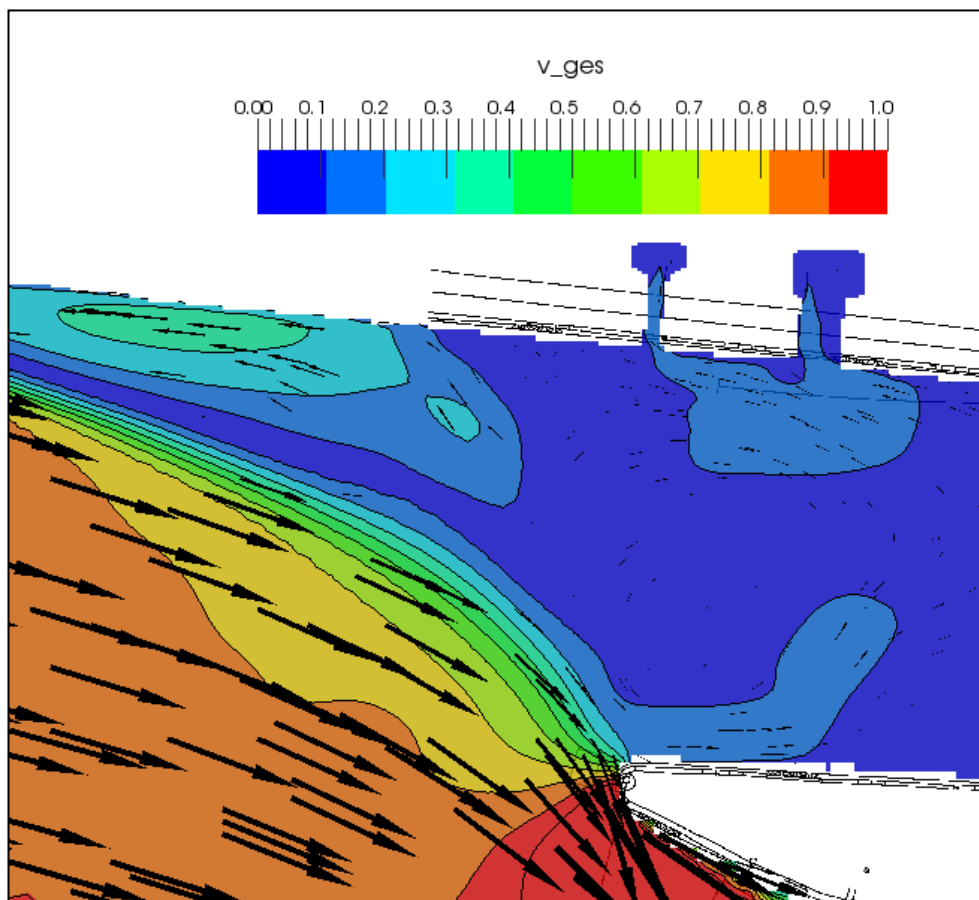
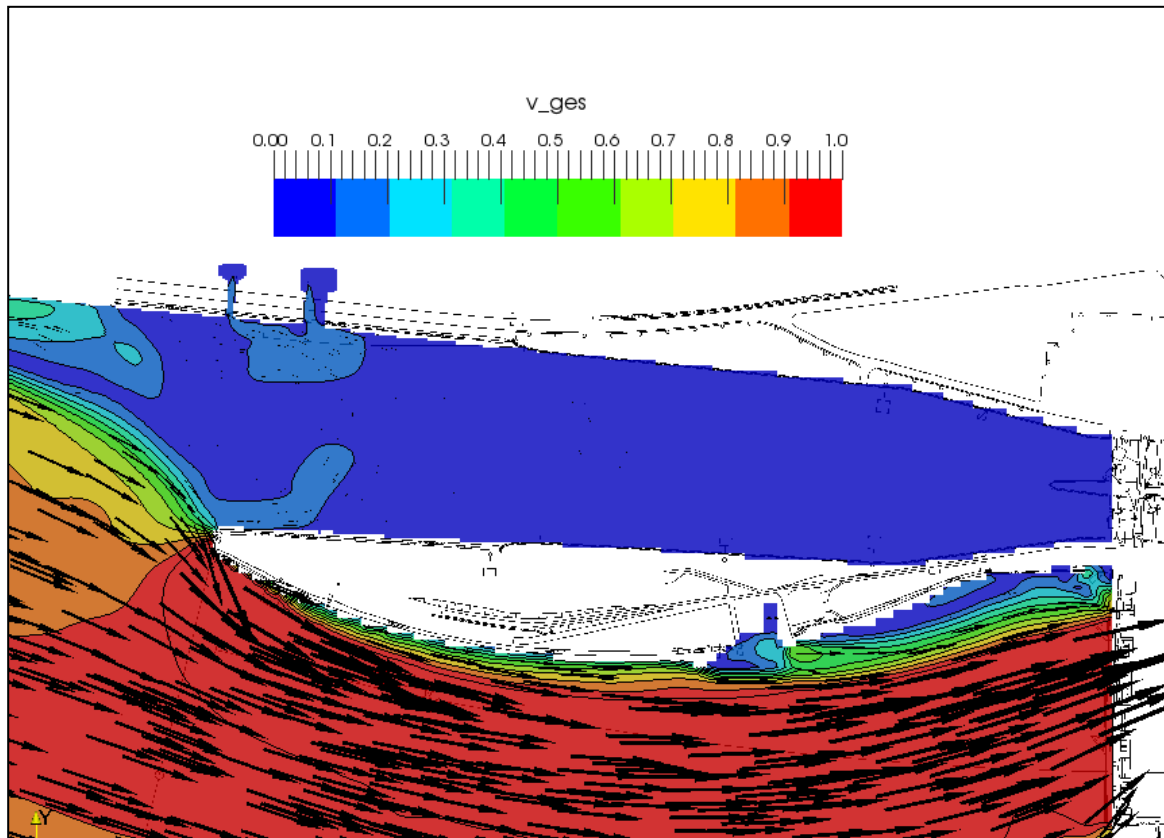


Abbildung 7: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Q_a = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

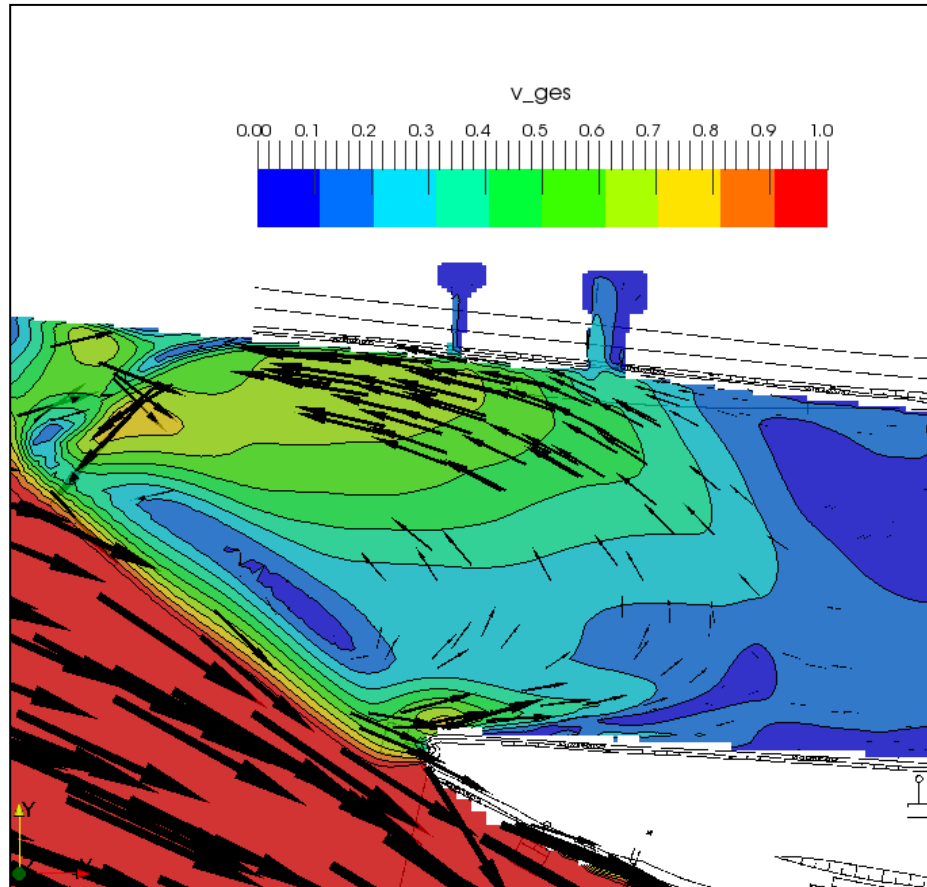
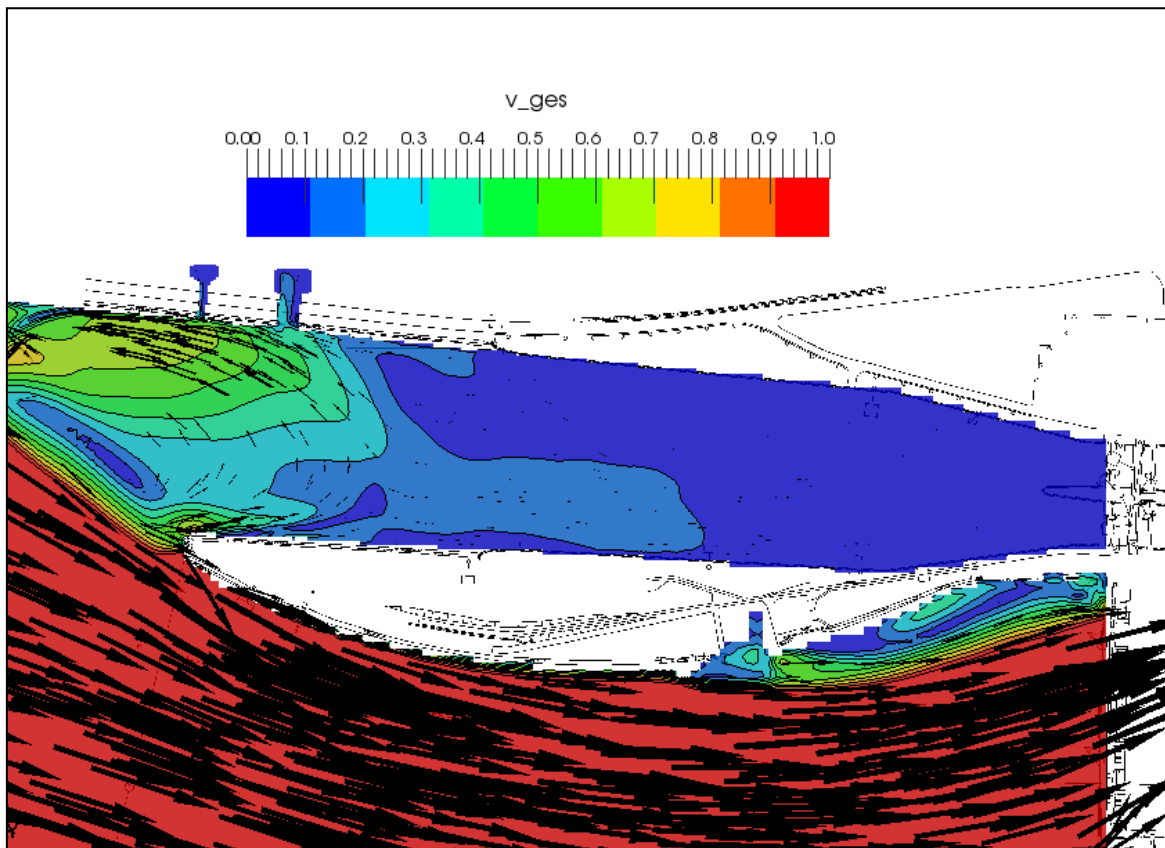


Abbildung 8: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $HSQ = 3.450 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe;
Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

Generell sind für den untersuchten Betriebszustand im Oberhafen keine Fließgeschwindigkeiten vorhanden. Am Ort des Ausstiegs der OWH stellt sich eine Strömung ein, die von der Umlenkung der Hauptströmung der Donau um den Trenndammspitz erzwungen wird und je nach Donauzufluss Werte von bis zu 0,2 – 0,4 m/s annimmt. Geschwindigkeitsbereiche mit höheren Werten grenzen unmittelbar oberwasserseitig an.

4. Strömungszustände bei Schleusungen

Vom Wasser- und Schifffahrtsamt Regensburg wurden für die Schleuse in Jochenstein die Anzahl der Schleusungen pro Jahr für die Periode 1993-2013 übermittelt (Abbildung 9). Pro Tag ergibt sich für diese Periode die Anzahl der Schleusungen theoretisch im Mittel zu 16 (alle 1,5 Stunden) bis 37 (alle 40 Minuten).

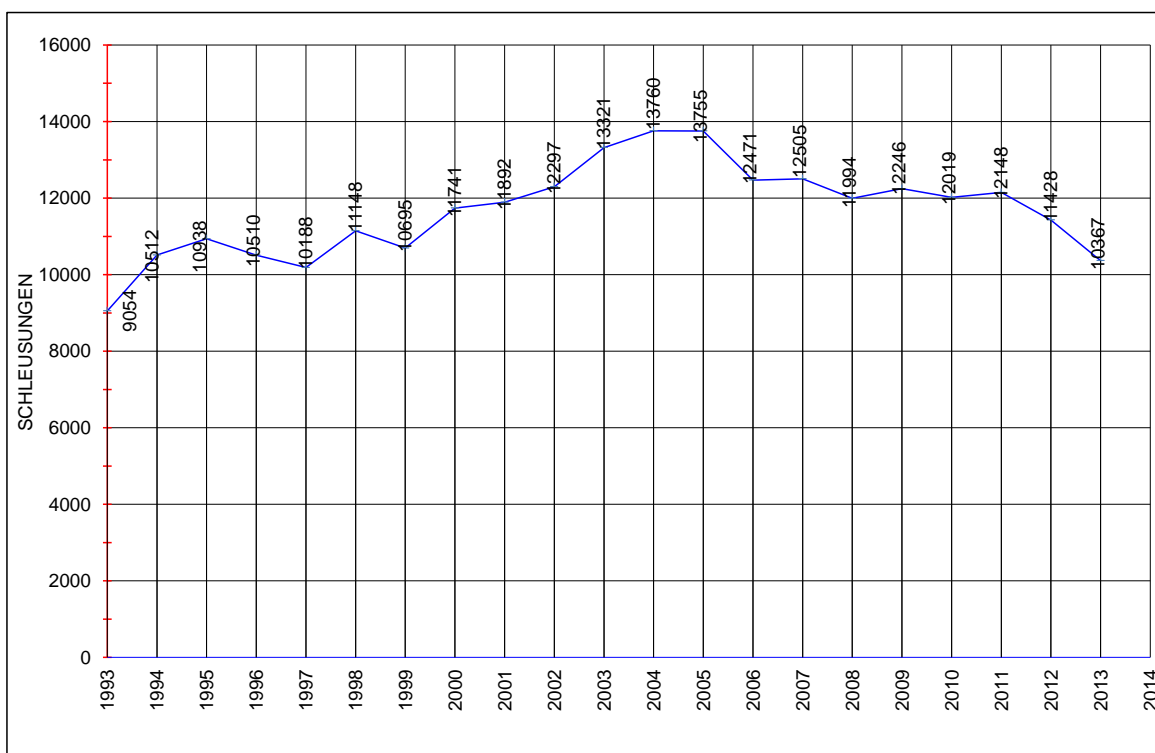


Abbildung 9: Schleuse Jochenstein, Anzahl der Schleusungen

In Abbildung 10 sind die Entnahmemengen aus dem Stauraum Jochenstein bei Schleusungen dargestellt. Zur Ermittlung der Werte wurden folgende Grundlagen verwendet:

- Modellversuche für die Schleusenverschlüsse, TH Karlsruhe, März 1956
- Modellversuche, Modellbericht, Oberhaupt Südschleuse / Oberhaupt Nordschleuse, TH Karlsruhe, Oktober 1951

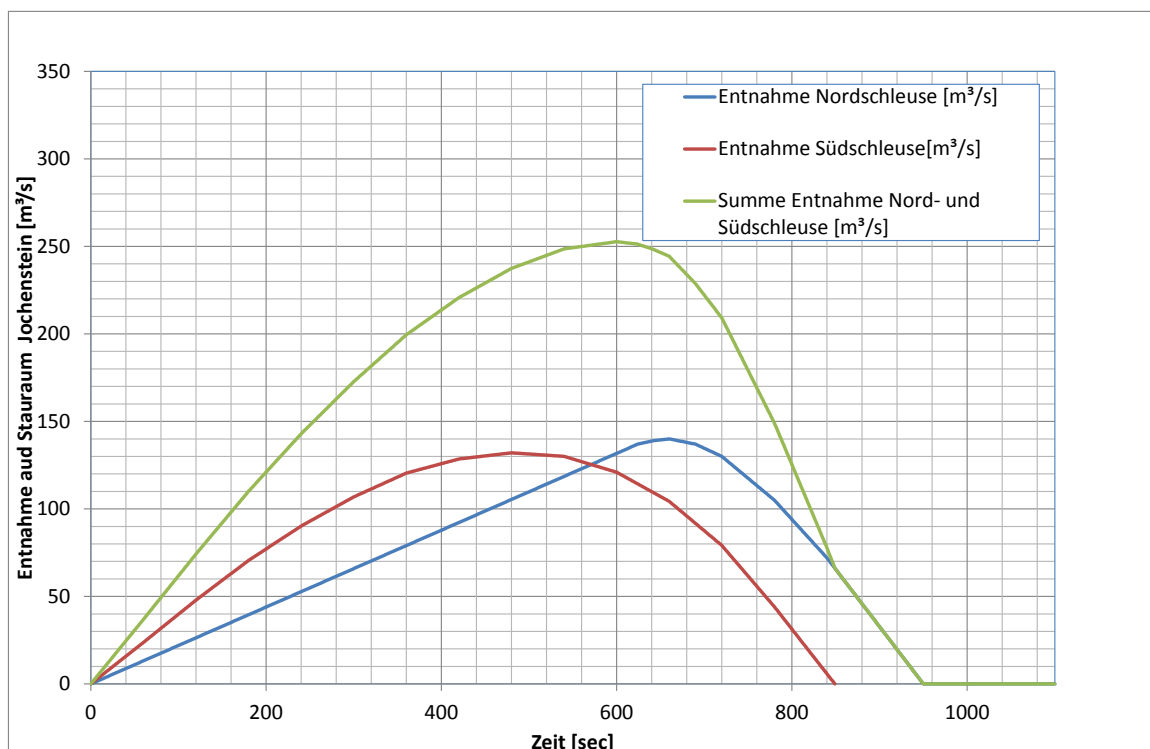


Abbildung 10: Schleusendurchflüsse = Entnahme aus dem Oberhafen

Die Befüllung der Nordschleuse dauert 950 s, die maximale Entnahmemenge beträgt 140 m³/s nach 660 s. Die Befüllung der Südschleuse dauert 850 s, die maximale Entnahmemenge beträgt 132 m³/s nach 480 s. Bei zeitgleicher Überlagerung tritt die maximale Gesamtentnahmemenge in die Schleusen von 252,69 m³/s nach genau 600 s auf (seltenes Ereignis).

In den numerischen Berechnungen wurde eine Entnahme von Wasser aus dem Oberhafen für die Füllung der Südschleuse mit einer Entnahmemenge von max. 132 m³/s angesetzt. Dies entspricht wegen dem geringeren Entnahmemaximum gegenüber der Nordschleuse einem ungünstigeren Zustand im Hinblick auf eine gewässerökologische Bewertung. Die Berechnungen wurden stationär für diesen Spitzenabfluss durchgeführt.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die horizontalen Fließgeschwindigkeiten für den Donauabfluss von 800 m³/s (Abfluss Q30), MQ = 1.430 m³/s, Qa = 2.200 m³/s und HSQ = 3.450 m³/s.

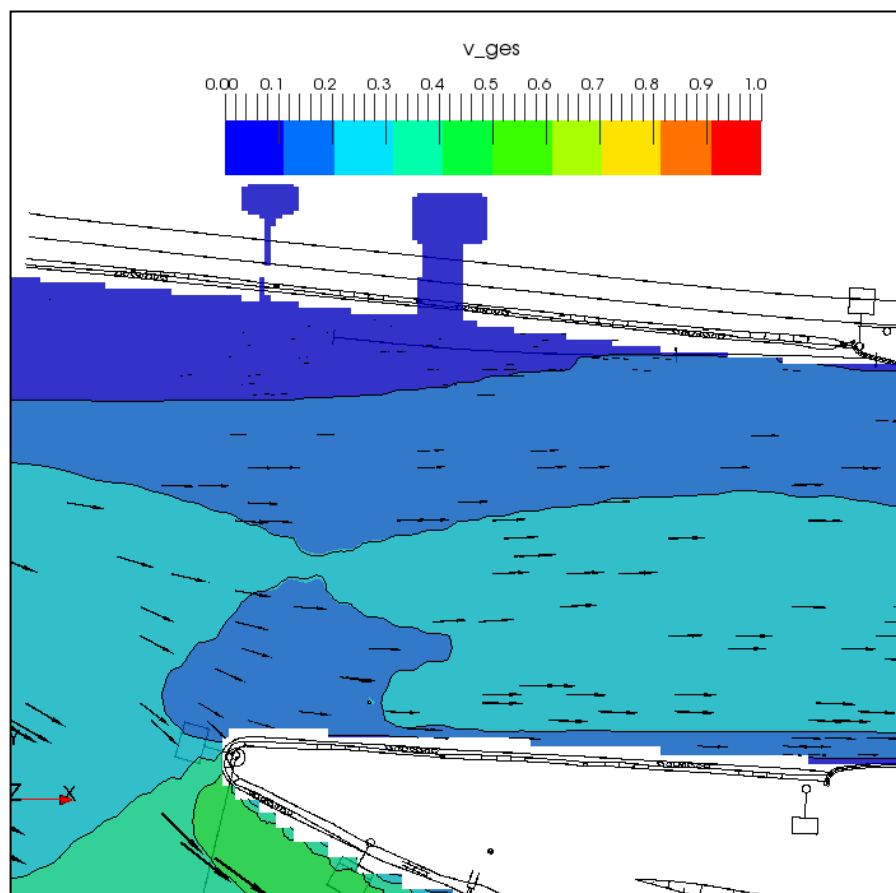
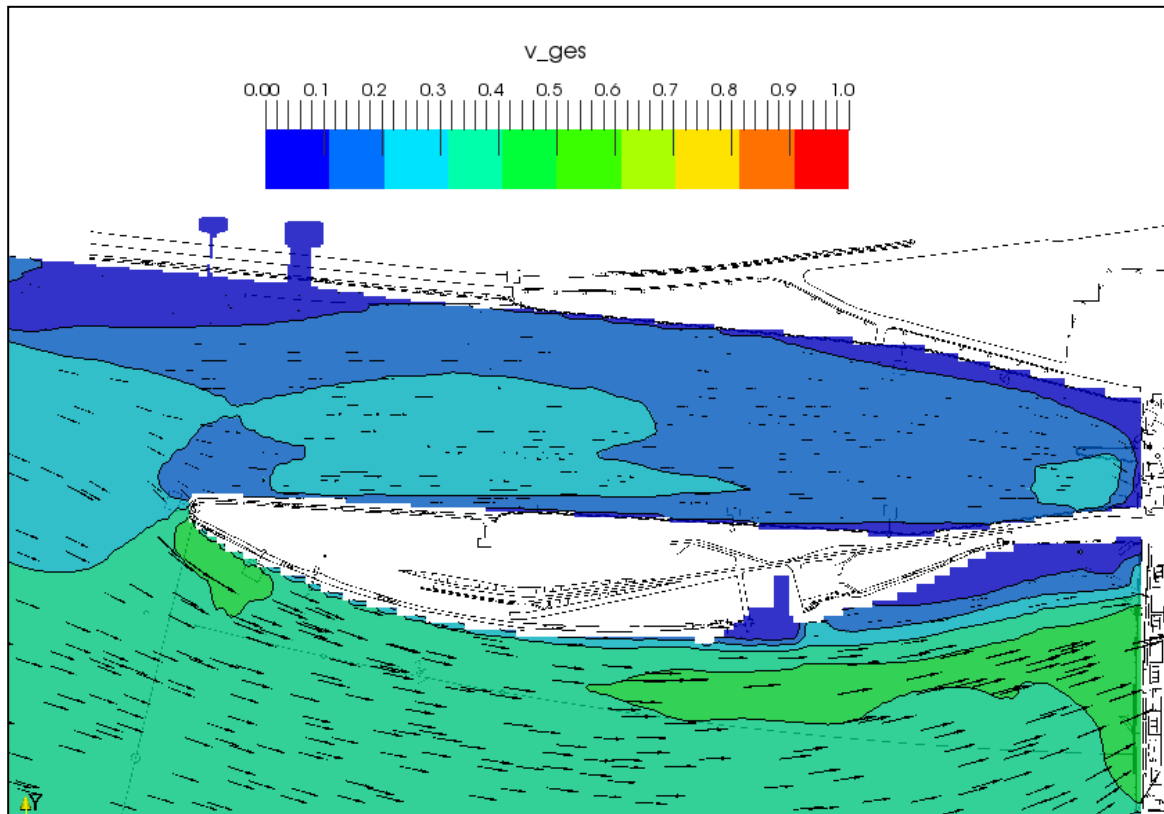


Abbildung 11: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe;
Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

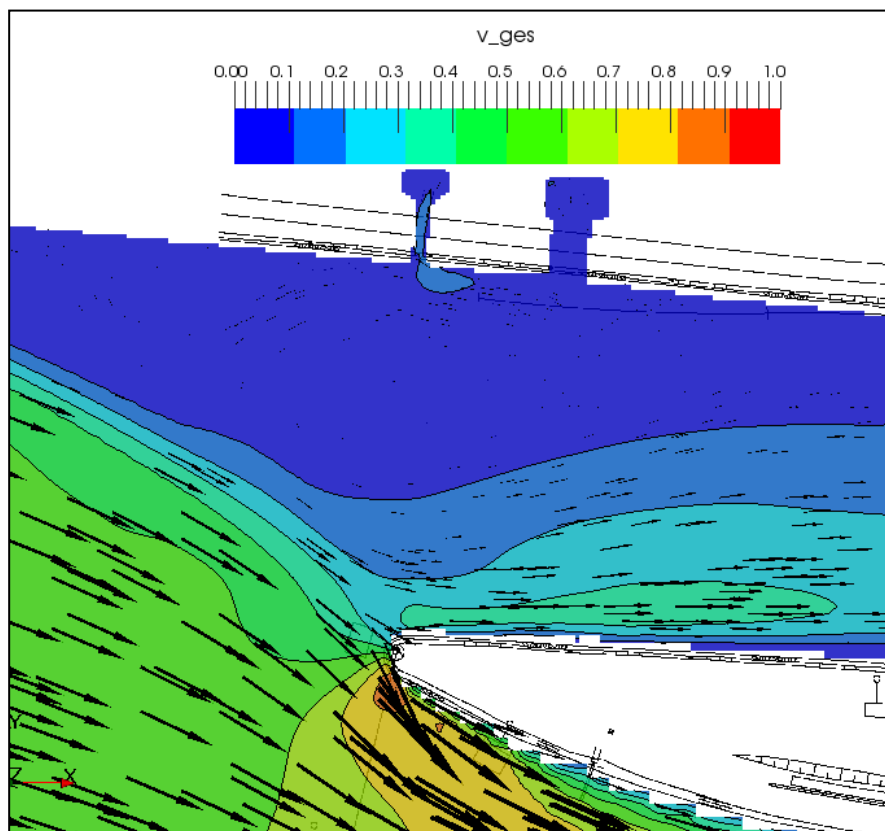
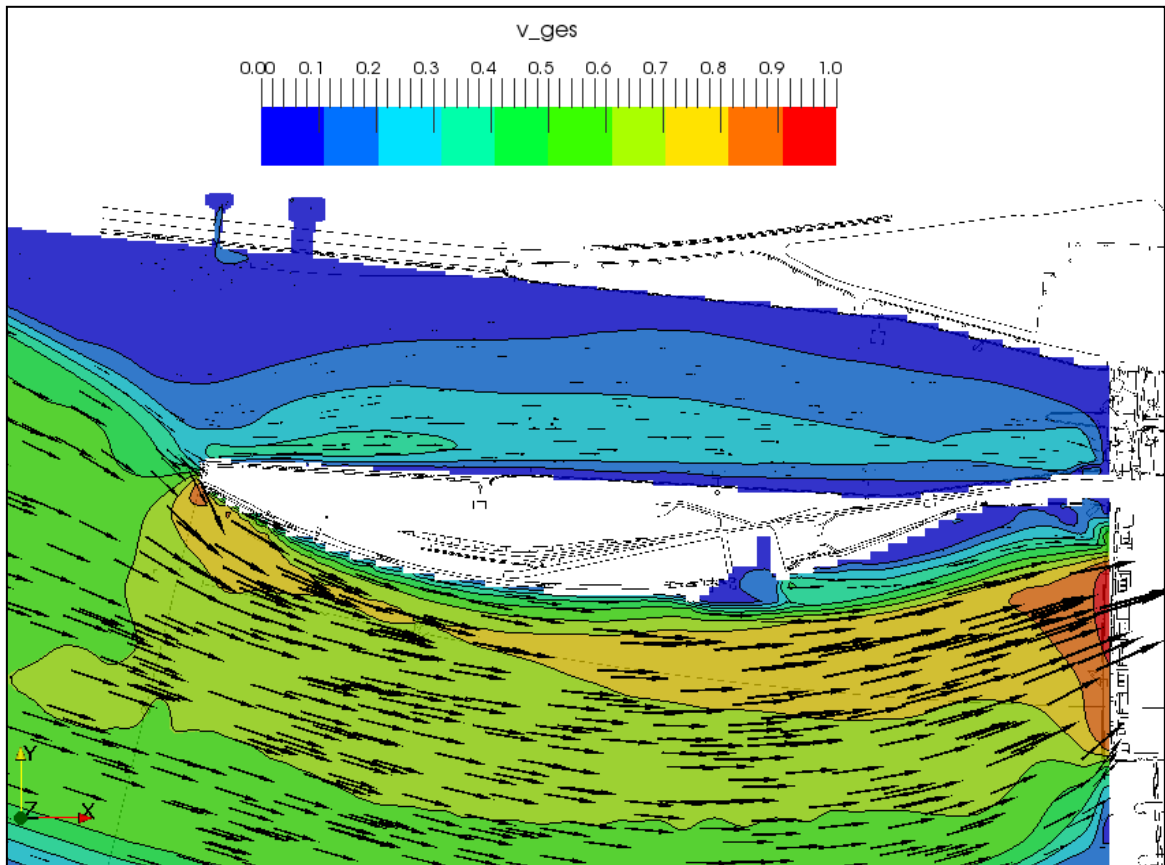


Abbildung 12: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $MQ = 1.430 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe;
Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

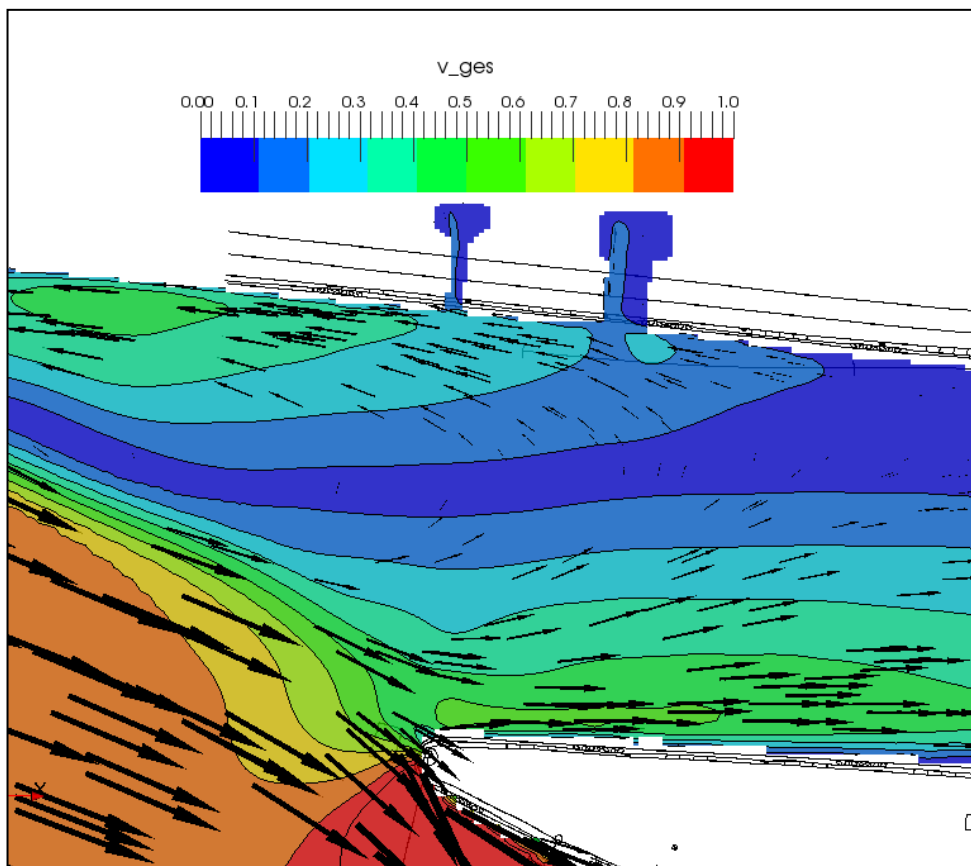
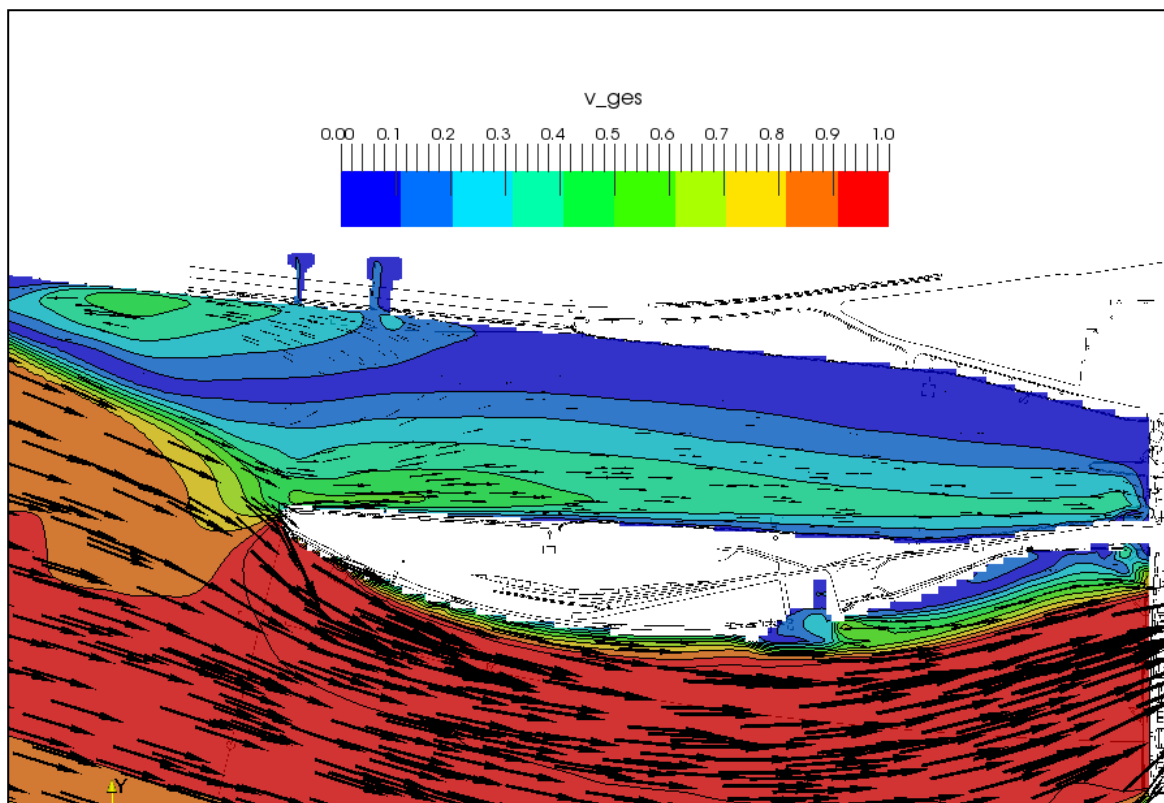


Abbildung 13: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $Q_a = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe; Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

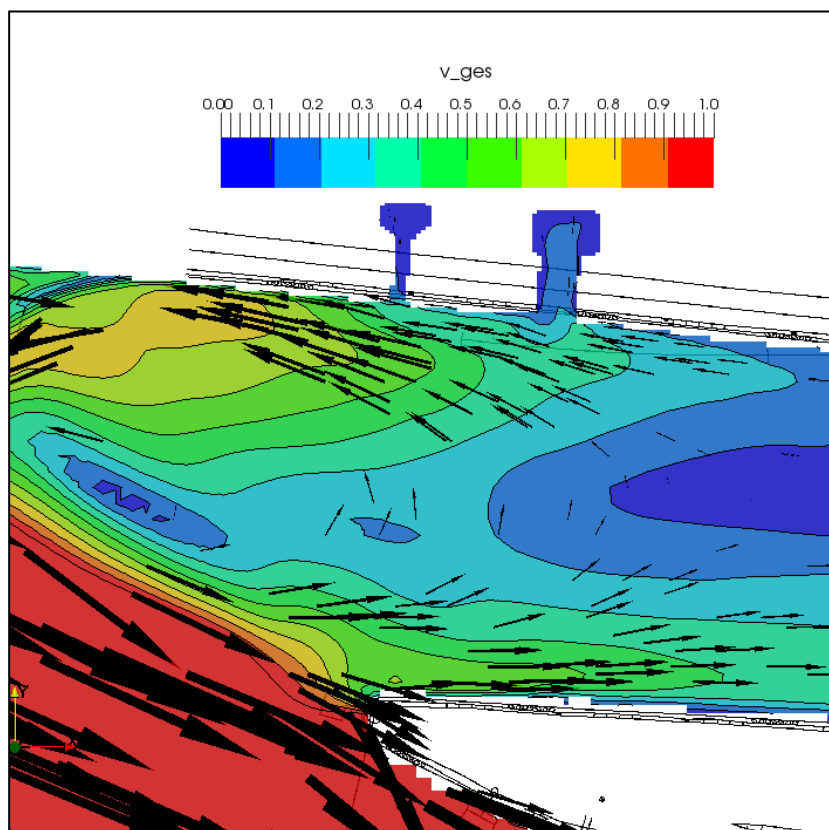
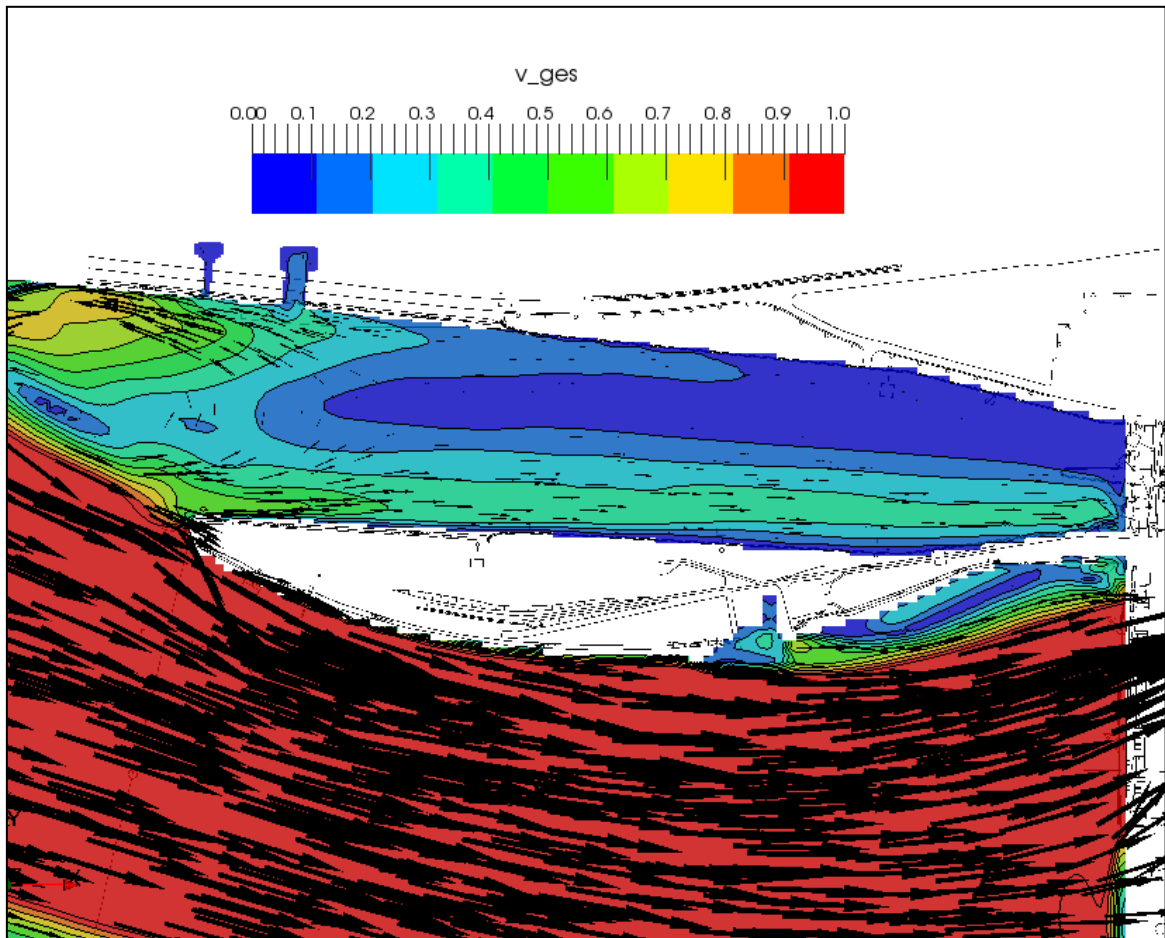


Abbildung 14: Horizontale Fließgeschwindigkeiten bei $HSQ = 3.450 \text{ m}^3/\text{s}$. Horizontalschnitt in 1,0 m Tiefe;
Oben: Oberhafen, unten: Detail Ausstieg OWH

Für die untersuchte Füllung der Südschleuse zeigt sich, dass die Strömung zum Südufer tendiert, und zwar ist dieser Effekt umso ausgeprägter beobachtbar, je höher der Donauabfluss ist. Ein ähnlicher „spiegelbildlicher“ Effekt ist für eine Entnahme von Wasser aus dem Oberhafen für die Füllung der Nordschleuse zu erwarten. Es wird sich die Strömung entlang des Nordufers des Oberhafens konzentrieren. Geschwindigkeitsbereiche mit höheren Werten grenzen unmittelbar oberwasserseitig an.

Während der Schleusungen werden im Schleusenkanal abhängig von der betriebenen Schleuse Strömungen mit Geschwindigkeiten von 0,20 – 0,40 m/s ein. Am Ort des Ausstiegs der OWH wird diese Strömung mit der Hauptströmung überlagert, die von der Umlenkung der Donau um den Trenndammspitz erzwungen wird.

Unabhängig vom Standort im aquatischen Lebewesen im Oberhafen werden diese wegen des alternierenden Betriebs der beiden Schleusen ausreichend hohe Geschwindigkeiten für eine rheotaktische Reaktion finden.