

Unterlage 05.03 – Oberflächenwassermodellierung

Unterlage 05.03.01 – Erläuterungsbericht zur Oberflächenwassermodellierung

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Geplantes Vorhaben	2
3	Im Raumordnungsverfahren durchgeführte Untersuchungen	3
3.1	Untersuchte Hochwasserereignisse	3
3.2	Überlagerung der Hochwasserwellen in der Donau und der Kößnach	4
3.3	Anfangswasserspiegel in den Altwasserbereichen der Oberauer Schleife	4
3.4	Unterstromige Modellrandbedingung	4
3.5	Staustufe Straubing	5
4	Hydrologie	5
4.1	Donau	6
4.2	Kößnach.....	7
4.2.1	HRB Aufroth	7
4.2.2	Skalierung Ganglinien Kößnach.....	8
4.3	Überlagerung Kößnach und Donau.....	9
4.4	Große Laber.....	10
4.4.1	Einfluss auf die Dimensionierung des Flutpolders Oberauer Schleife	10
4.4.2	Berücksichtigung bei Berechnungen für HW 2013.....	11
5	Oberflächenwassermodell.....	12
5.1	Allgemeines.....	12
5.2	Erstellung des 2d-Oberflächenwassermodells.....	12
5.3	Kalibrierung des 2d-Oberflächenwassermodells.....	13
5.4	Verwendete Software	14
5.5	Verwendete Modelle	15
5.5.1	Modell SKI.....	15
5.5.2	Modell RMD.....	16
5.5.3	Fortgeschriebenes Modell und Modellumgriff	16
5.5.4	Anpassungen an der bisherigen Modellgeometrie	18
5.6	Deiche und Dämme	20
5.6.1	Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing	21
5.6.2	Stauhaltungsdämme oberstrom der Staustufe Straubing.....	21
5.6.3	Deiche Oberauer Schleife.....	21
5.6.4	Trenndamm zwischen der oberen und unteren Oberauer Schleife	21
5.6.5	Westtangente	21

5.6.6	Kößnachdeiche	22
5.6.7	Szenario mit Deichbruch am rechten Kößnachdeich	22
5.7	Bauwerke	25
5.7.1	Bestehendes Regulierungsbauwerk zum Kößnach-Ableiter.....	25
5.7.2	Bestehender Heber.....	27
5.7.3	Schöpfwerke.....	27
5.7.4	Sielbauwerke.....	28
5.7.5	Düker unter dem Kößnach-Ableiter	29
5.8	Materialbelegung	30
5.9	Randbedingungen	32
5.9.1	Zulauftrandbedingungen	32
5.9.2	Auslauftrandbedingungen	33
5.9.3	Staustufe Straubing	35
5.10	Anfangswasserspiegel in der Oberauer Schleife	38
5.11	Berechnungseinstellungen.....	39
6	Überprüfung der Modellkalibrierung	39
6.1	Bisher durchgeführte Kalibrierung.....	39
6.2	Überprüfung mit Hochwasser 2013.....	40
7	Modellanpassungen im Plan-Zustand	41
8	Einsatzziel Scheitelreduktion - Berechnungen und Ergebnisse.....	42
8.1	Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen.....	42
8.2	Ergebnisdarstellungen	44
8.3	Ergebnisse bei HQ30.....	45
8.4	Ergebnisse bei HW 2013	46
8.5	Ergebnisse bei HQ100.....	46
8.6	Ergebnisse bei HQ200.....	48
8.7	Ergebnisse bei HQ300.....	49
8.8	Ergebnisse für eine Doppelwelle bei HQ200 und HQ300.....	51
9	Einsatzziel Zeitgewinn - Berechnungen und Ergebnisse.....	52
9.1	Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen.....	52
9.2	Ergebnisse bei HW 2011	53
9.3	Ergebnisse bei HW 1988	54
10	Zusammenfassung und Beschreibung der Veränderungen sowie Auswirkungen durch Einsatz des Flutpolders.....	55
10.1	Einsatzfälle, Einsatzhäufigkeit und Einsatzziele	55
10.2	Rückhaltewirkung lokaler/regionaler Einsatzfall.....	56
10.3	Rückhaltewirkung überregionaler Einsatzfall	58
10.4	Wasserspiegelanstiegsgeschwindigkeiten.....	60
10.5	Wassertiefen	61

10.6	Entleerung und Restwasserflächen.....	62
10.7	Einstaudauer	64
10.8	Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen.....	65
10.9	Auswirkungen im Kößnach-Ableiter	67
10.10	Auswirkungen in der Donau oberstrom des Einlaufbauwerks	68
11	Literatur- und Quellenverzeichnis	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	W/Q-Beziehung am unterstromigen Modellrand nach BAW2000.....	4
Tabelle 2:	Hochwasserabflüsse der Donau im Vorhabengebiet für unterschiedliche Jährlichkeiten aus [5].....	6
Tabelle 3:	Maximale Abflüsse in der Kößnach für unterschiedliche Jährlichkeiten	7
Tabelle 4:	Überlagerung der Hochwasserwellen in der Donau und der Kößnach.....	9
Tabelle 5:	Verwendete Software für hydraulische Untersuchungen	15
Tabelle 6:	OW-Modelle für die bisher durchgeführten Untersuchungen des Ingenieurbüros SKI.....	15
Tabelle 7:	Zusammenfassung der Zeitpunkte des Deichbruches für die durchgeführten Rechenläufe	24
Tabelle 8:	Kenndaten des Regulierungsbauwerks zur Kößnach	26
Tabelle 9:	Stricklerbeiwerte im OW-Modell.....	30
Tabelle 10:	angesetzte W/Q-Beziehungen am unterstromigen Modellrand	34
Tabelle 11:	W/Q-Beziehung an der Staustufe Straubing im OW-Modell.....	37
Tabelle 12:	Einstellungen in den OW-Modellen	39
Tabelle 13:	Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen für das Einsatzziel Scheitelreduktion.....	42
Tabelle 14:	Vergleich der Wellen bei HQ30.....	46
Tabelle 15:	Vergleich der Wellen bei HW 2013	46
Tabelle 16:	Vergleich der Wellen bei HQ100.....	47
Tabelle 17:	Vergleich der Wellen bei HQ200.....	48
Tabelle 18:	Vergleich der Wellen bei HQ300.....	50
Tabelle 19:	Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen für das Einsatzziel Zeitgewinn.....	52
Tabelle 20:	Zeitgewinn bei den Wellen auf Basis HW 2011 in Stunden	54
Tabelle 21:	Zeitgewinn bei der Doppelwelle auf Basis HW 1988	54
Tabelle 22:	Abflussreduktion und Wasserspiegelabsenkung an den Pegeln aus [17].....	59
Tabelle 23:	Abflussreduktion an den Pegeln aus [16].....	60
Tabelle 24:	Anstiegsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Wellen in m/h.....	60

Tabelle 25:	Anstiegsgeschwindigkeiten an ausgewählten Gewässern.....	61
Tabelle 26:	Wassertiefen bei verschiedenen Wellen in m.....	61
Tabelle 27:	Flutungszeit und Gesamteinstaudauer im Ist- und Plan-Zustand bei verschiedenen Wellen	64
Tabelle 28:	Wasserstände im Flutpolder und im Kößnach-Ableiter in m ü. NHN.....	67
Tabelle 29:	Wasserspiegelabsenkung in der Donau oberstrom der Ausleitungsstelle in m.....	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufteilung der Flutungsbereiche in der geplanten Hochwasserrückhaltung.....	2
Abbildung 2:	W/Q-Beziehung am unterstromigen Modellrand nach BAW2000 [3].....	5
Abbildung 3:	Oberflächengewässer im Vorhabengebiet	6
Abbildung 4:	Abflüsse in der Kößnach bei der Mündung in die Donau für unterschiedliche Jährlichkeiten	8
Abbildung 5:	Skalierung der Abflussganglinie der Kößnach für HW 2011 auf HQ1 und HQ3.....	9
Abbildung 6:	Untersuchung der Auswirkung der Großen Lauer auf die Dimensionierung des Flutpolders (anhand des Volumens aus dem Raumordnungsverfahren und der ungeprüften Rohdaten des LfU für die Lauer für HW 2011, Stand 2013 [5])	10
Abbildung 7:	Verlauf der Donau unterstrom der Staustufe Straubing	11
Abbildung 8:	Modellgebiet mit verwendetem Modell der RMD (orange hervorgehoben) aus [3]	12
Abbildung 9:	Ergebnisse der Kalibrierung aus [3]	14
Abbildung 10:	Modellumgriff des OW-Modells.....	17
Abbildung 11:	Modellumgriff des Modells mit dargestelltem Modellbereich des Modells der RMD (blau)	18
Abbildung 12:	Anpassung Modellnetz am Kößnach-Ableiter im Bereich des geplanten Auslaufbauwerks.....	19
Abbildung 13:	Disable-Randbedingung an Westtangente (SRs48) und St 2125.....	19
Abbildung 14:	Dämme und Deiche im Vorhabenbereich.....	20
Abbildung 15:	Lage des Deichbruches am rechten Kößnachdeich (rot markiert).....	22
Abbildung 16:	Deichbruch am rechten Kößnachdeich im OW-Modell	24
Abbildung 17:	Lage des Regulierungsbauwerks zur Kößnach	25
Abbildung 18:	bestehendes Regulierungsbauwerk zur Kößnach	26
Abbildung 19:	Regulierungsbauwerk modelliert im OW-Modell.....	27
Abbildung 20:	Lage des Dükers unter dem Kößnach-Ableiter.....	29
Abbildung 21:	Materialbelegung im OW-Modell.....	30
Abbildung 22:	Zulauftrandbedingungen im OW-Modell.....	32

Abbildung 23:	Lage der modellierten Auslaufrandbedingungen im OW-Modell	33
Abbildung 24:	Vergleich der angesetzten W/Q-Beziehungen am unterstromigen Modellrand.....	34
Abbildung 25:	Staustufe Straubing im OW-Modell.....	35
Abbildung 26:	2D-modellierte Staustufe Straubing im OW-Modell für HQ300	36
Abbildung 27:	W/Q-Beziehung an der Staustufe Straubing im OW-Modell.....	37
Abbildung 28:	Wasserstandsverlauf in der Öberauer Schleife im Laufe des Jahres; Quelle: [13]	38
Abbildung 29:	Vergleich der Berechnung für HW 2013 mit der Wasserspiegelfixierung HW 2013	40
Abbildung 30:	Einsatzfälle der gesteuerten Flutpolder (beispielhaft für Donauabschnitt III und IV), links: lokaler/regionaler Einsatzfall bei Überlastfall im selben Donauabschnitt (hier III), rechts: überregionaler Einsatzfall bei Überlastfall im unterhalb liegenden Donauabschnitt (hier IV) nach [14].....	55
Abbildung 31:	Einsatzziele „Scheitelreduktion“ (links) und „Zeitgewinn“ (rechts) der gesteuerten Flutpolder nach [14]; Q_{Grenz} : unkritischer bzw. noch verträglicher Abfluss für die Hochwasserschutzanlagen unterhalb; im linken Bild entspricht die rot gestrichelte Linie einer Teilfüllung des Flutpolders, wenn das erforderliche Rückhaltevolumen kleiner ist als das vorhandene Flutpoldervolumen und die rot durchgezogene Linie entspricht einem Einsatz des gesamten Flutpoldervolumens	56
Abbildung 32:	Derzeit an der bayerischen Donau geplante Flutpolderstandorte mit gesteuertem Rückhalteraum Steinkirchen (Quelle: StMUV, Stand September 2021)	57
Abbildung 33:	Restwasserflächen im Polder Sossau West ohne Ertüchtigung des Grabensystems	63
Abbildung 34:	Restwasserflächen im Polder Sossau West mit Ertüchtigung des Grabensystems	63
Abbildung 35:	Bestand im Bereich des geplanten Einlaufbauwerks	66

Anhangverzeichnis

Anhang A	Wasserstände Ist/Plan-Zustand
Anhang B	Kennwerte ausgewählter Pegelpunkte Ist/Plan-Zustand
Anhang C	Abflussganglinien Scheitelreduktion Ist/Plan-Zustand
Anhang D	Einstaudauer und Polderwirkung Ist/Plan-Zustand
Anhang E	Einsatzziel Zeitgewinn Plan-Zustand

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ30, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 2	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ100, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 3	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ100, Ist-Zustand mit Deichbruch
Anlage 4	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ200, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 5	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ200, Ist-Zustand mit Deichbruch
Anlage 6	Ergebnisdarstellungen HW 1988 – HQ30, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 7	Ergebnisdarstellungen HW 1988 – HQ100, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 8	Ergebnisdarstellungen HW 1988 – HQ200, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 9	Ergebnisdarstellungen HW 2002– HQ30, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 10	Ergebnisdarstellungen HW 2002 – HQ100, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 11	Ergebnisdarstellungen HW 2002– HQ200, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 12	Ergebnisdarstellungen HW 2013, Ist-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 13	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ30, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 14	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ100, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 15	Ergebnisdarstellungen HW 2011 – HQ200, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 16	Ergebnisdarstellungen HW 1988– HQ30, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 17	Ergebnisdarstellungen HW 1988 – HQ100, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 18	Ergebnisdarstellungen HW 1988 – HQ200, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 19	Ergebnisdarstellungen HW 2002– HQ30, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 20	Ergebnisdarstellungen HW 2002 – HQ100, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 21	Ergebnisdarstellungen HW 2002 – HQ200, Plan-Zustand ohne Deichbruch
Anlage 22	Ergebnisdarstellungen HW 2013, Plan-Zustand ohne Deichbruch

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Der Freistaat Bayern, vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt Deggendorf (WWA), plant die Errichtung einer Hochwasserrückhaltung in Form eines steuerbaren Flutpolders im Bereich der Oberauer Donauschleife bei Straubing im Regierungsbezirk Niederbayern. Der Flutpolder Oberauer Schleife ist im Flutpolderkonzept für die bayerischen Donau [1] als ein wichtiger Teil des Gesamtsystems vorgesehen.

Im Jahr 2012 wurde ein Antrag des Wasserwirtschaftsamtes Deggendorf (WWA) für das Raumordnungsverfahren (ROV) für zwei Varianten (kleine – Var. 2 und große – Var. 4 mod.) eingereicht. Als Ergebnis des ROV wurde eine angepasste Variante (Variante 4 LaB) positiv raumgeordnet.

Weiterführende hydraulische Berechnungen konnten die im ROV prognostizierten Wirkungen für die raumgeordnete „Variante 4 mod LaB“ aufgrund geänderter Randbedingungen und der Vorgaben aus dem Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020plus aus dem Jahr 2013 nicht bestätigen. Aus diesem Grunde sah sich der Vorhabensträger veranlasst weitere Varianten am Standort mit dem Ziel entwickeln und prüfen zu lassen, die im ROV prognostizierten Wirkungen zu erreichen. Es wurde herausgearbeitet, dass nur mit der zusätzlichen Inanspruchnahme des Polders Öberau bei allen untersuchten Wellenformen und Lastfällen (HQ30, HQ100 und HQ200) eine effektive Scheitelreduzierung der Donau und damit eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand erreicht werden kann.

Eine genauere Beschreibung dieser favorisierten Planung befindet sich in Kapitel 2.

Die Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt –Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer (INGE LLK) wurde vom Wasserwirtschaftsamt Deggendorf (WWA) mit dem Vertrag vom 24.08.2015 beauftragt, die Planungsleistungen der Leistungsstufe 1 zu erbringen. Ein Teil der Leistungen sind auch zweidimensionale, hydraulische Berechnungen im Oberflächenwassermodell zur Untersuchung folgender Fragestellungen:

- Beschreibung der Situationen im Ist- und Plan-Zustand für HQ30, HQ100, HQ200, teilweise HQ300 auf Basis der HW 1988, 2002 und 2011 sowie beim Vergleichsereignis HW 2013,
- Untersuchung und Darstellung der Auswirkungen der Maßnahme auf die Hochwasserwellen bei optimaler Steuerung (Plan-Zustand) für o.g. Ereignisse,
- Ermittlung der Randbedingungen für die weitere Planung der erforderlichen Bauwerke,
- Ermittlung und Darstellung der Differenzen zwischen Plan- und Ist-Zustand,
- Untersuchung der Polderfüllung und –entleerung,
- Untersuchung der Leistungsfähigkeit des Kößnach-Ableiters,
- Ermittlung der Randbedingungen für die Grundwassermodellierung.

2 Geplantes Vorhaben

Mit der Hochwasserrückhaltung „Öberauer Schleife“ soll der bestehende ungesteuerte Retentionsraum an der Donau in einen gesteuerten Flutpolder umgewandelt und gleichzeitig zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen werden. Insgesamt sollen ca. 14 Mio. Kubikmeter Retentionsraum an der Donau gezielt aktiviert werden, um Spitzenabflüsse in der Donau möglichst wirksam zu kappen.

Ein Flutpoldereinsatz soll generell dann erfolgen, wenn im selben oder im anschließenden Donauabschnitt ein Überlastfall droht. Dieser Überlastfall wird im Ist-Zustand i. d. R. ab einem etwa 30-jährlichen Hochwasserereignis und nach Fertigstellung des Donauausbaus zwischen Straubing und Vilshofen i. d. R. ab einem etwa 100-jährlichen Hochwasserereignis angenommen. Einsatzfälle, Einsatzziele, Betriebsweise, Steuervorgaben und Bedienung der Flutpolder sind Gegenstand der Bewirtschaftungsstrategie [14].

Die Bereiche der Öberauer Schleife innerhalb der ehemaligen Donaudeiche (Altwasser und Vorländer), der Polder Öberau ohne die Ortslagen Öberau und Breitenfeld sowie der Polder Sossau West (westlich der Westtangente) sollen als Flutungsbereiche in die geplante Hochwasserrückhaltung einbezogen werden.

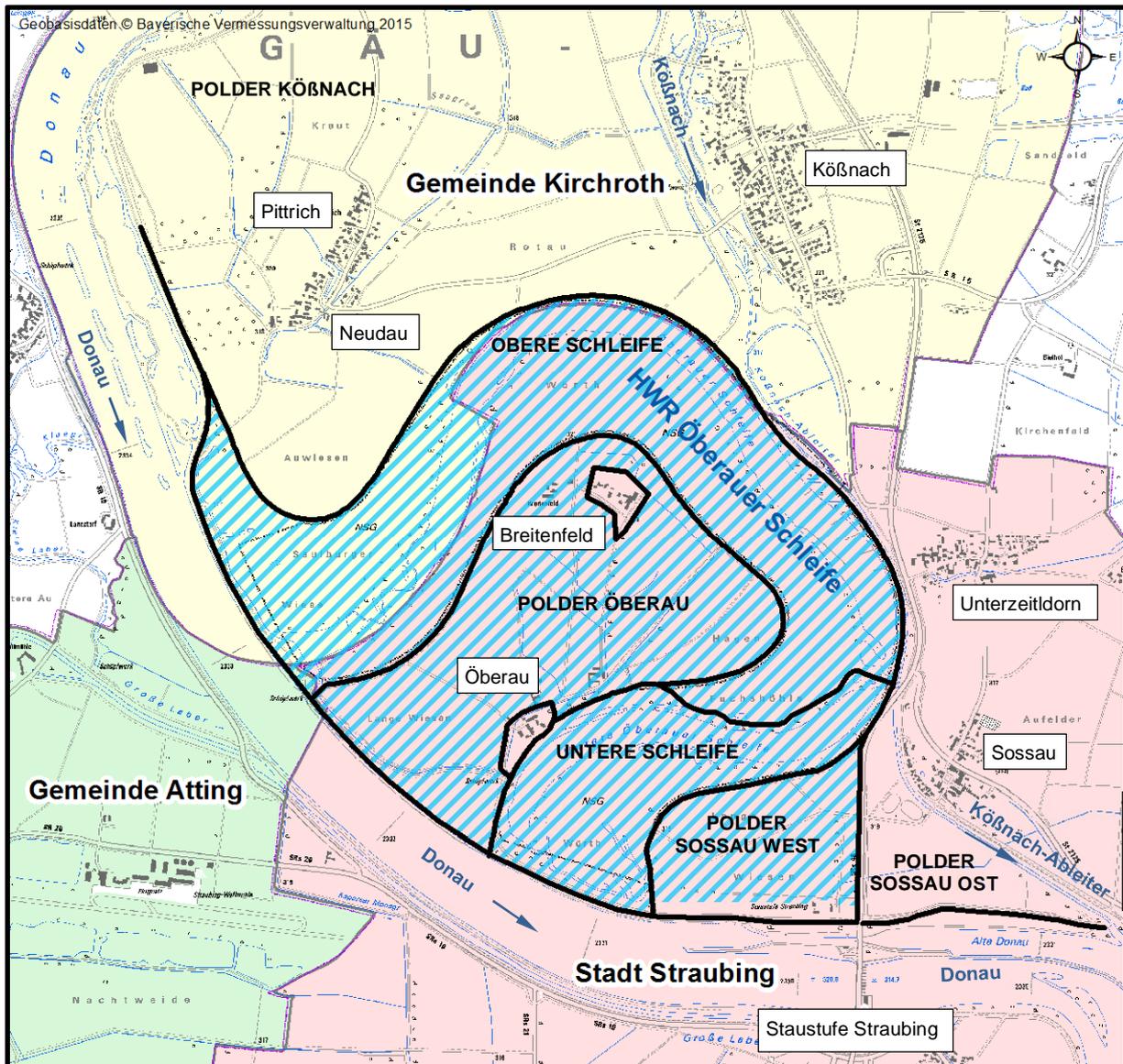


Abbildung 1: Aufteilung der Flutungsbereiche in der geplanten Hochwasserrückhaltung

Maßgebende Parameter der geplanten Hochwasserrückhaltung sind:

Flutungsbereiche:	Polder Oberauer Schleife, Polder Oberau (außer Ortslagen Oberau und Breitenfeld) Polder Sossau West
Stauziel:	320,20 m ü. NHN
Geflutete Fläche:	rd. 500 ha
Rückhalteraum:	Polder Oberauer Schleife: rd. 9,91 Mio. m ³ Polder Oberau: rd. 2,89 Mio. m ³ <u>Polder Sossau West: rd. 1,26 Mio. m³</u>
Gesamtvolumen	rd. 14,06 Mio. m³

Die Flutung der Polderbereiche wird über ein regulierbares Einlaufbauwerk (EBW) etwa bei Donau-km 2333,000 im Bereich der Stauhaltung Straubing erfolgen. Für den Abstau bzw. die Entleerung mit fallender Hochwasserwelle ist ein Auslaufbauwerk (ABW) am Kößnach-Ableiter, der in die Donau mündet, vorgesehen. Innerhalb der gesamten Flutungsbereiche sind weitere Bauwerke, wie Deichschlitzen, Durchlassbauwerke, Entleerungskanal usw. zur Befüllung und Entleerung sämtlicher Flutungsbereiche erforderlich, die einen geordneten Befüllungs- und Entleerungsvorgang ermöglichen.

3 Im Raumordnungsverfahren durchgeführte Untersuchungen

Im Jahr 2011 wurden hydraulische Berechnungen mit einem Oberflächenwassermodell (OW-Modell) vom Ingenieurbüro SKI GmbH+Co.KG (SKI) als Grundlage für den Wirkungsnachweis im Raumordnungsverfahren durchgeführt. Eine genaue Beschreibung des hydraulischen Modelles und der Ergebnisse befindet sich in [3]. In den folgenden Kapiteln sind die wichtigsten Randbedingungen zusammengefasst.

3.1 Untersuchte Hochwasserereignisse

Folgende Ereignisse wurden von SKI untersucht:

- Kalibrierung des OW-Modells mit HW 08/2002
- Berechnungen Ist- und Plan-Zustand für HQ100 und HQ30 basierend auf HW 1988 (breite Welle) und HW 2002 (spitze Welle)
- Berechnungen Ist-Zustand der ökologischen Frühjahrsflutung in der oberen Schleife basierend auf der 2003 erfolgten Flutung

3.2 Überlagerung der Hochwasserwellen in der Donau und der Kößnach

Für die durchgeführten Berechnungen für den Ist-Zustand wurde folgende Überlagerung für die Hochwasserwellen der Donau und der Kößnach untersucht:

- HQ100 Donau und HQ1 Kößnach
- HQ30 Donau und HQ3 Kößnach

Für die Berechnungen des Plan-Zustandes wurde in der Kößnach unabhängig von der Jährlichkeit der Donau ein konstanter Abfluss von 2,3 m³/s (MQ) angesetzt.

3.3 Anfangswasserspiegel in den Altwasserbereichen der Oberauer Schleife

Für die hydraulischen Berechnungen des Ist- und Plan-Zustandes wurden im ROV für die vorhandenen Untersuchungen folgende Anfangswasserspiegel in den Altwasserbereichen der Oberauer Schleife angesetzt:

- obere Oberauer Schleife = 316,20 m ü. NN = 316,16 m ü. NHN,
- untere Oberauer Schleife = 315,80 m ü. NN = 315,76 m ü. NHN.

Die Anfangswasserspiegel basieren auf den gestützten Wasserständen gemäß dem derzeitigen Betriebsregime des WSA Regensburg für die beiden Schleifenteile [13].

3.4 Unterstromige Modellrandbedingung

Am unterstromigen Rand des hydraulischen Modells (Donau km 2317,0) wurde eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung (W/Q-Beziehung) angesetzt. Diese W/Q-Beziehung stammt aus einer 1d-Berechnung der Bundesanstalt für Wasserbau aus dem Jahr 2000 (BAW2000) [3]. Die W/Q-Beziehung ist in Abbildung 2 und Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: W/Q-Beziehung am unterstromigen Modellrand nach BAW2000

HQ	Q	WSP - W/Q BAW 2000
[-]	[m ³ /s]	[mNN]
	211	312,15
MQ	463	313,50
	919	314,84
Q bei HNN97	1375	316,18
	1881	317,20
	2387	318,23
	2725	318,56
	3062	318,89
HQ100	3400	319,22

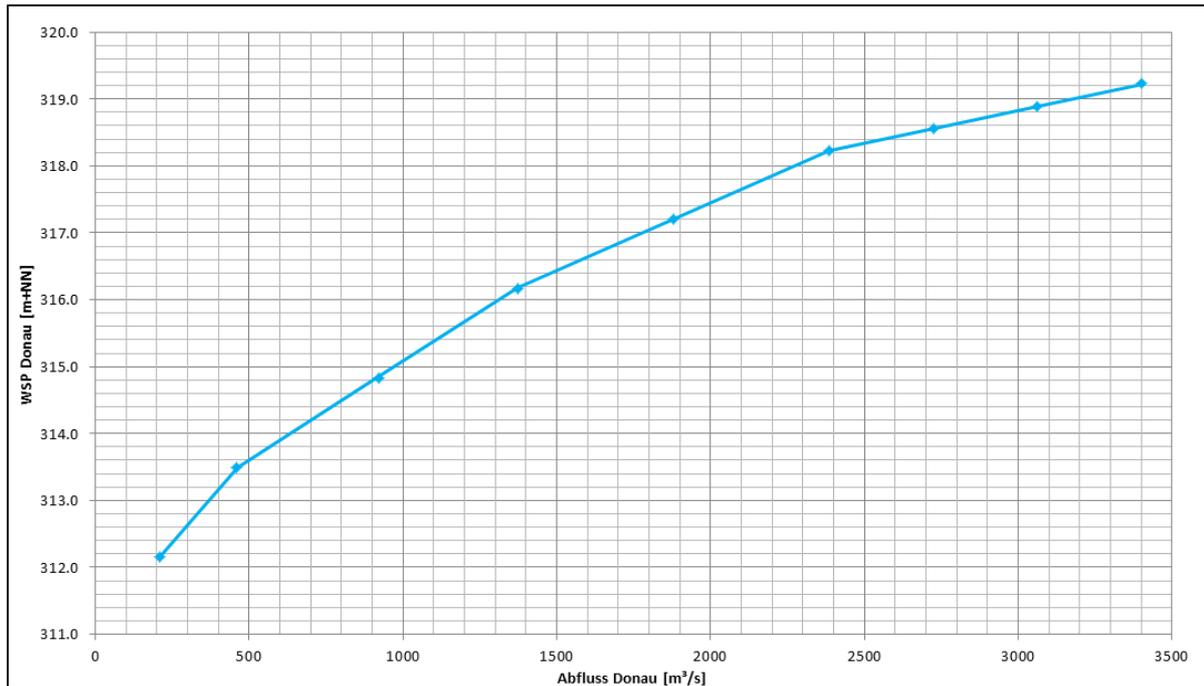


Abbildung 2: W/Q-Beziehung am unterstromigen Modellrand nach BAW2000 [3]

3.5 Staustufe Straubing

Die bisherigen Untersuchungen im ROV wurden nicht für Abflüsse > HQ100 durchgeführt. Es wurde davon ausgegangen, dass das Stauziel an der Staustufe Straubing von 320,00 m ü. NHN bis zu einem Donauabfluss von HQ100 = 3.400 m³/s gehalten werden kann. Dementsprechend wurde im Berechnungsmodell an der Staustufe Straubing eine W/Q-Beziehung als Auslauftrandbedingung angesetzt, die über das gesamte Abflussspektrum einem konstanten Wasserspiegel von 320,00 m ü. NHN entspricht.

Mit Hilfe einer Zuflussrandbedingung wurde das an der Staustufe aus dem Modell entnommene Wasser wieder unterstrom der Staustufe zugeführt. Mit diesem Vorgehen konnte die Steuerung der Staustufe über das gesamte untersuchte Abflussspektrum modelliert werden.

4 Hydrologie

Für die Dimensionierung des Flutpolders und der erforderlichen Bauwerke spielen die Abflüsse in der Donau eine maßgebliche Rolle. Im Vorhabengebiet befinden sich außerdem noch zwei Zuflüsse der Donau. Östlich der Oberauer Schleife mündet die Kößnach am linken Ufer ca. 1.100 m unterstrom der Staustufe Straubing in die Donau. Am rechten Donauufer ca. 300 m unterstrom der Staustufe mündet die Große Laber in die Donau (s. Abbildung 3).

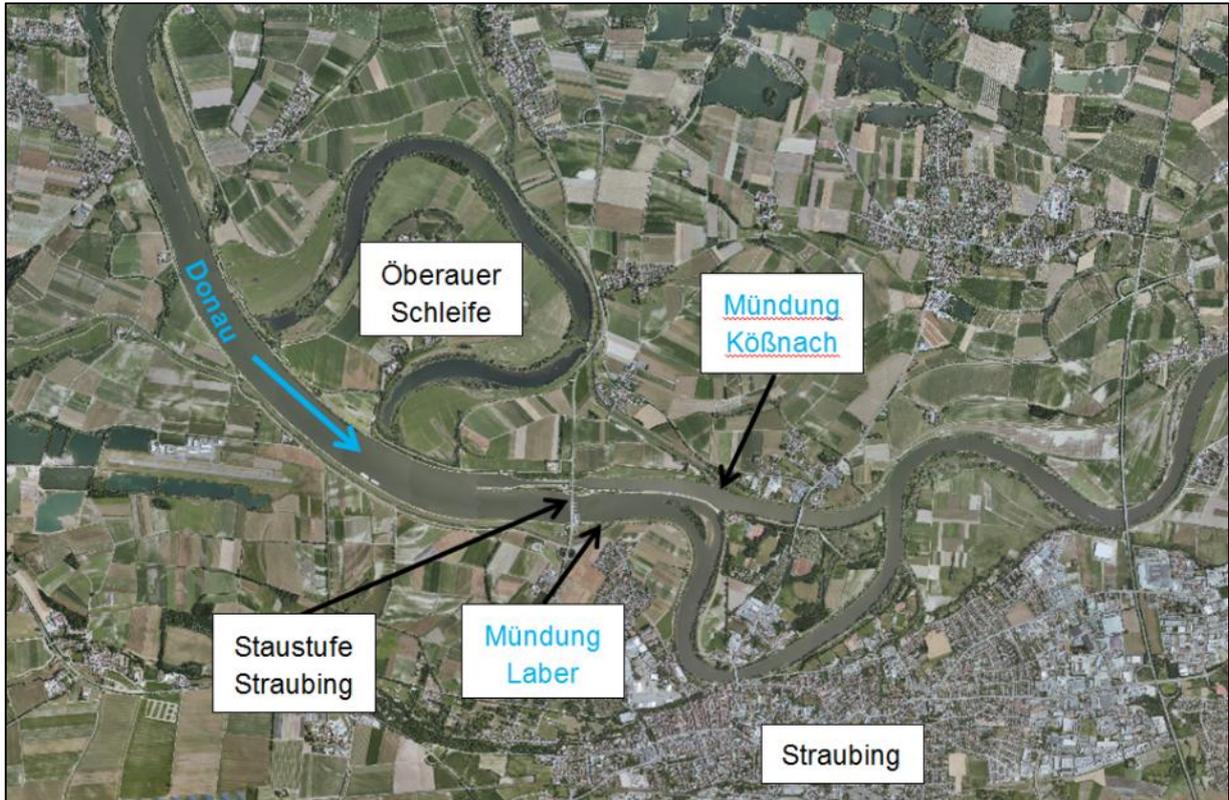


Abbildung 3: Oberflächengewässer im Vorhabengebiet

4.1 Donau

Für die Ermittlung der Abflüsse in der Donau befinden sich in der Nähe des Projektgebiets der Pegel Pfelling, ca. 15 km unterstrom der Hochwasserrückhaltung. Der Pegel Straubing kann hingegen nicht verwendet werden, da hier keine Abflüsse registriert werden. Für den Pegel Pfelling liegen folgende Hauptwerte vor:

Tabelle 2: Hochwasserabflüsse der Donau im Vorhabengebiet für unterschiedliche Jährlichkeiten aus [5]

HQ	Q	HQ	Q
HQ1	1.400 m ³ /s	HQ50	3.050 m ³ /s
HQ2	1.620 m ³ /s	HQ100	3.400 m ³ /s
HQ5	1.900 m ³ /s	HQ200	3.700 m ³ /s
HQ10	2.250 m ³ /s	HQ300	3.900 m ³ /s
HQ20	2.600 m ³ /s	HQ500	4.100 m ³ /s
HQ30	2.800 m ³ /s	HQ1000	4.500 m ³ /s

Die zu untersuchenden Ganglinien der Donau wurden der INGE LLK vom LfU und WWA zur Verfügung gestellt. Es sind hydraulische Berechnungen mit folgenden Ganglinien der Donau durchzuführen:

- HQ30, HQ100, HQ200, HQ300 Donau auf Basis HW 2011 (Welle mit mittlerem Volumen)
- HQ30, HQ100, HQ200, HQ300 Donau auf Basis HW 1988 (breite Welle)
- HQ30, HQ100, HQ200, HQ300 Donau auf Basis HW 2002 (spitze Welle)
- HW 2013 als reales Vergleichsereignis.

Zusätzlich wurden Ganglinien der Donau mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) auf Basis des HW 1988 erzeugt und vom LfU übergeben. Dabei wurde die Ganglinie des Ereignisses 1988 so modifiziert, dass der zweite Scheitel nur geringfügig größer ist als der erste Scheitel. Zur Doppelwelle sind hydraulische Berechnungen für HQ200 und HQ300 der Donau durchzuführen. Die verwendeten Ganglinien am Donaupegel Pfelling sind in Unterlage 05-01-01 enthalten.

4.2 Kößnach

Die Kößnach mit dem Kößnach-Ableiter ist ein Nebenfluss der Donau. Das Gewässer mündet bei Flusskilometer 2320,7 in die Donau. Pegel an der Kößnach sind nicht vorhanden.

Unter Berücksichtigung des im Jahr 2012 errichteten Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) oberstrom der Ortslage Aufroth liegen an der Mündung der Kößnach in die Donau die Hauptwerte gemäß Tabelle 3 vor.

Die zu untersuchenden Ganglinien der Kößnach wurden der INGE LLK vom LfU und WWA zur Verfügung gestellt. Die Ganglinien sind in Unterlage 05-01-01 enthalten.

4.2.1 HRB Aufroth

Im Zeitraum von August 2011 bis Mai 2012 wurde an der Kößnach ca. 200 m nördlich des Ortsteiles Aufroth in der Gemeinde Kirchroth ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) gebaut [7]. Das HRB hat eine Auswirkung auf die Hochwasserabflüsse in der Kößnach. Das HRB wird bei den Untersuchungen für den Flutpolder Oberauer Schleife mitberücksichtigt. Die aktuellen Spitzenabflüsse in der Kößnach für unterschiedliche Jährlichkeiten wurden der INGE LLK vom WWA zur Verfügung gestellt und sind in Tabelle 3 aufgelistet und in Abbildung 4 dargestellt.

Tabelle 3: Maximale Abflüsse in der Kößnach für unterschiedliche Jährlichkeiten

HQ	Abfluss oberstrom des HRB	Abfluss unterstrom des HRB	Abfluss bei der Mündung in die Donau
HQ1	5,5 m ³ /s	2 m ³ /s	10,0 m ³ /s
HQ5	9,4 m ³ /s	3 m ³ /s	17,8 m ³ /s
HQ10	12,2 m ³ /s	4 m ³ /s	27,9 m ³ /s
HQ20	15,4 m ³ /s	5 m ³ /s	34,9 m ³ /s
HQ50	20,6 m ³ /s	6 m ³ /s	44,1 m ³ /s
HQ100	25,4 m ³ /s	6 m ³ /s	52,5 m ³ /s

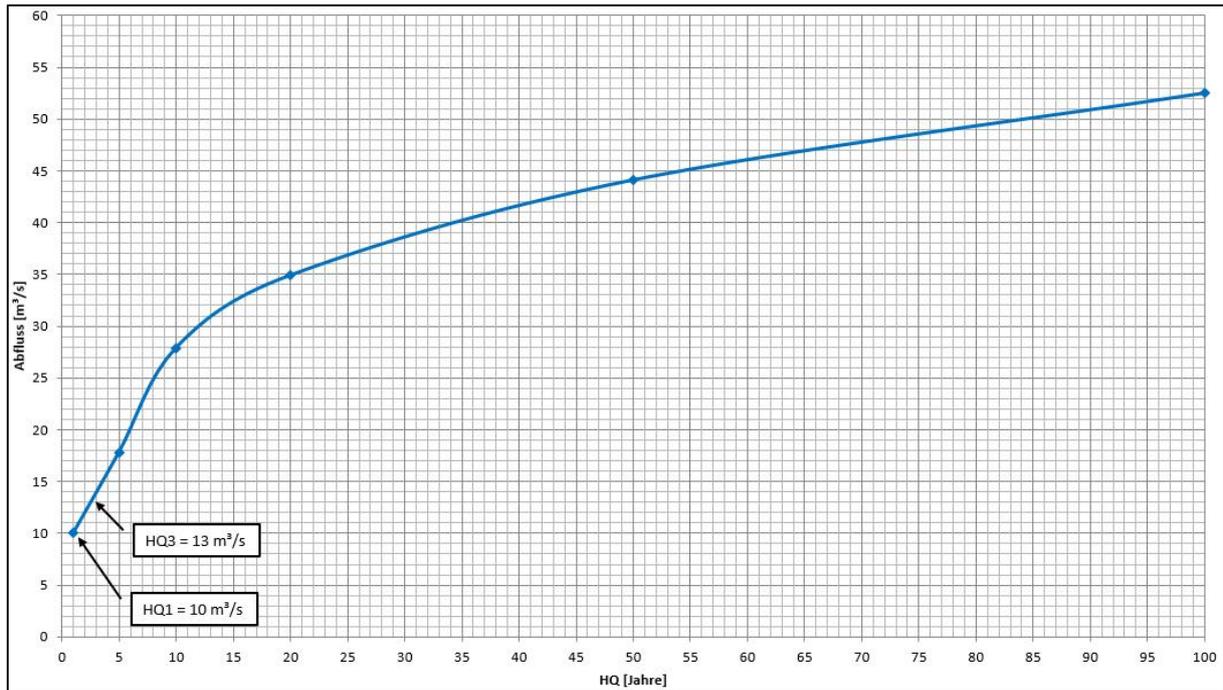


Abbildung 4: Abflüsse in der Kößnach bei der Mündung in die Donau für unterschiedliche Jährlichkeiten

Aus der Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die maximalen Abflüsse in der Kößnach bei der Mündung in die Donau bei:

- HQ1 (Kößnach) = 10 m³/s
- HQ3 (Kößnach) = 13 m³/s

liegen.

4.2.2 Skalierung Ganglinien Kößnach

Die skalierten Abflussganglinien der Kößnach für HQ30, HQ100 und HQ200 wurden der INGE LLK vom WWA zur Verfügung gestellt. Analog der Skalierung der zur Verfügung gestellten Hochwasserganglinien hat die INGE LLK die gemessene Ganglinie der Kößnach für HW 2011 auf HQ1 (10 m³/s) und HQ3 (13 m³/s) skaliert. Die Skalierung der Ganglinien wurde mit WWA und LfU abgestimmt. Die Ergebnisse der Skalierung sind in Abbildung 5 dargestellt.

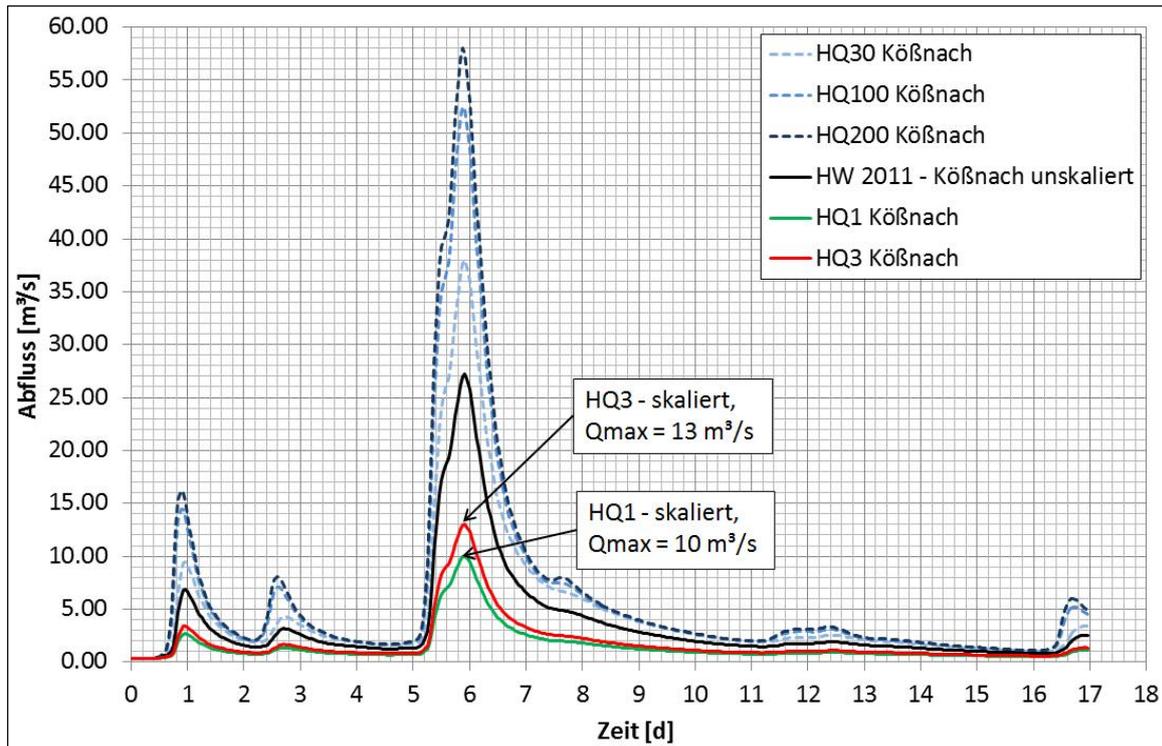


Abbildung 5: Skalierung der Abflussganglinie der Kößnach für HW 2011 auf HQ1 und HQ3

4.3 Überlagerung Kößnach und Donau

Die Abflussganglinien der Kößnach wurden für die realen Hochwasserereignisse HW 2011 und HW 2013 gemessen. Für die weiteren Untersuchungen der Hochwasserwellen der Donau ist allerdings folgendes zu beachten: Aufgrund der unterschiedlichen Einzugsgebietsgrößen ist ein gleichzeitiges Auftreten von Hochwasserwellen von der gleichen Jährlichkeit in der Donau und in der Kößnach sehr unwahrscheinlich. Aus diesem Grund wurden in Abstimmung mit dem WWA und dem LfU folgende Kombinationen zur Überlagerung der Hochwasserwellen in der Donau und der Kößnach festgelegt, die in Tabelle 4 ersichtlich sind.

Tabelle 4: Überlagerung der Hochwasserwellen in der Donau und der Kößnach

HQ Donau	HQ Kößnach
HQ 30	HQ 3
HQ 100	HQ 1
> HQ 100	HQ 1

Für die Untersuchungen mit dem realen Hochwasserereignis HW 2013 wurden Abflussganglinien der Kößnach, Laber und Donau angesetzt, die auf einer unskalierten Simulation des LfU für das Realereignis basieren, s. Unterlage 05-01-01.

4.4 Große Laber

An der Großen Laber befindet sich im Bereich zwischen der Mündung in die Donau und der Mündung der Kleinen Laber kein Abflusspegel. Dementsprechend sind für die Ermittlung der Hochwasserabflüsse an der Mündung in die Donau Aufzeichnungen aus dem Pegel Schönach / Große Laber und dem Pegel Grafentraubach / Kleine Laber zu berücksichtigen.

4.4.1 Einfluss auf die Dimensionierung des Flutpolders Öberauer Schleife

Die Bemessungsabflüsse für die Dimensionierung der Hochwasserrückhaltung Öberauer Schleife basieren teilweise auf den Messdaten aus dem Pegel Pfelling, der unterstrom der Mündung der Großen Laber in die Donau liegt und dementsprechend auch den Zufluss aus der Großen Laber mitberücksichtigt. Da die Große Laber unterstrom der Staustufe Straubing in die Donau mündet, kann der Zufluss aus der Großen Laber aber nicht im Flutpolder zurückgehalten werden (Einlaufbauwerk des Flutpolders liegt oberstrom der Staustufe). Es ist zu prüfen, ob der Zufluss aus der Großen Laber einen nennenswerten Einfluss auf die Dimensionierung des Flutpolders hat, da die Bemessungsganglinie den Zufluss aus der Großen Laber enthält.

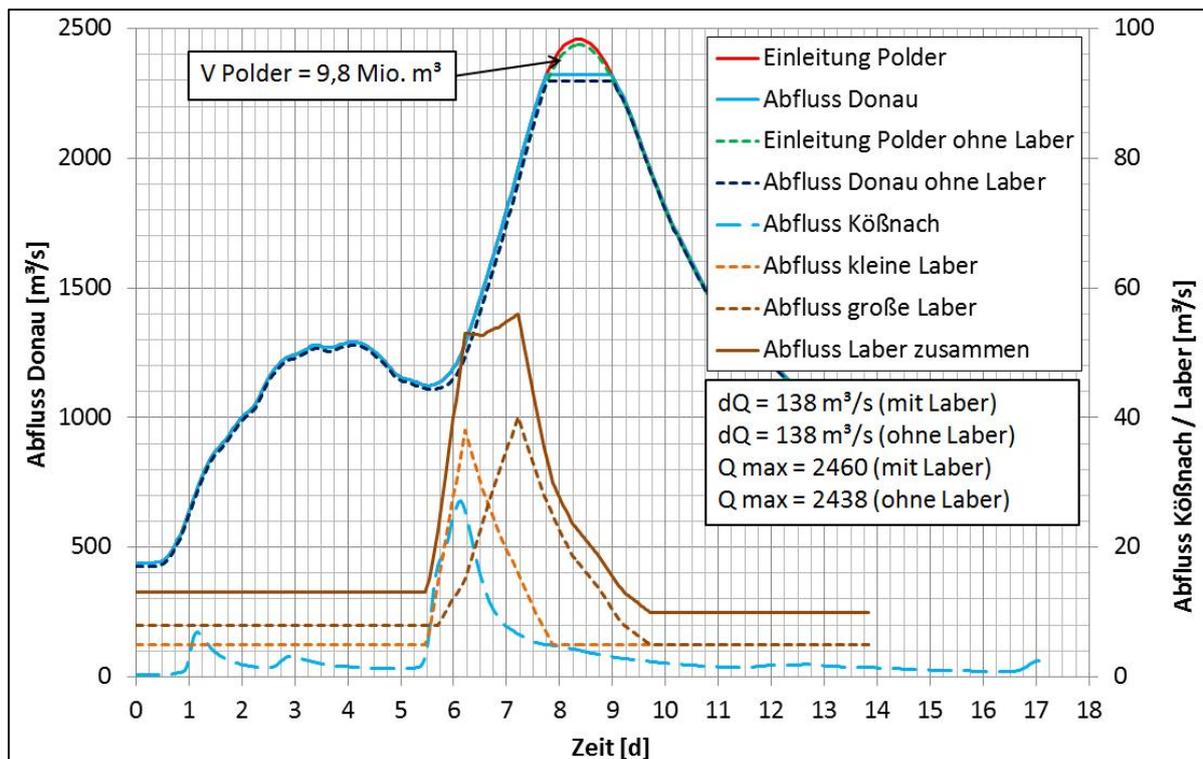


Abbildung 6: Untersuchung der Auswirkung der Großen Laber auf die Dimensionierung des Flutpolders (anhand des Volumens aus dem Raumordnungsverfahren und der ungeprüften Rohdaten des LfU für die Laber für HW 2011, Stand 2013 [5])

Der Einfluss der Großen Laber auf die Dimensionierung des Flutpolders wurde an der Hochwasserwelle HW 2011 überprüft. Die Abflussganglinien der Großen und Kleinen Laber wurden aus dem Gewässerkundlichen Dienst Bayern [5] ausgewertet. Die ausgewerteten Daten sind als Rohdaten gekennzeichnet. Eine zeitliche Verzögerung der Ganglinien wurde aufgrund der nicht zur Verfügung stehenden hydrologischen Kenndaten des Zwischeneinzugsgebiets (zwischen Pegel und Mündung in die Donau) nicht berücksichtigt. Der Gesamtabfluss aus der Kleinen und der Großen Laber wurde von dem Abfluss der Donau abgezogen und es wurde untersucht, ob es eine nennenswerte Auswirkung auf die maximale

Abflussreduktion im Vergleich zu dem gemessenen Donauabfluss gibt. Für die Kappung der Hochwasserwellen (mit und ohne Große Laber) stand das gleiche Poldervolumen von 9,8 Mio. m³ aus dem ROV zur Verfügung. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die Untersuchung zeigt, dass der Zufluss der Großen Laber auf die maximale Abflussreduktion und damit auch auf die Dimensionierung des Flutpolders nahezu keine Auswirkung hat. Die weiteren Untersuchungen können ohne Berücksichtigung der Zuflüsse der Laber (Große und Kleine) durchgeführt werden.

4.4.2 Berücksichtigung bei Berechnungen für HW 2013

Für die Validierung der Ergebnisse der Berechnung des Ist-Zustandes für HW 2013 stehen Wasserspiegelfixierungen und Wasserspiegelzeichnungen aus dem Pegel Straubing zur Verfügung. Die Donau teilt sich unterstrom der Staustufe Straubing in zwei Flussarme auf. Der Pegel Straubing liegt am südlichen Arm der Donau (s. Abbildung 7). Um das Hochwasserereignis und die Abflussaufteilung in der Donau möglichst realistisch abzubilden, wird für die Berechnungen des HW 2013 der Zufluss der Großen Laber mitberücksichtigt.

Die Ganglinien der Laber sind in Unterlage 05-01-01 enthalten.

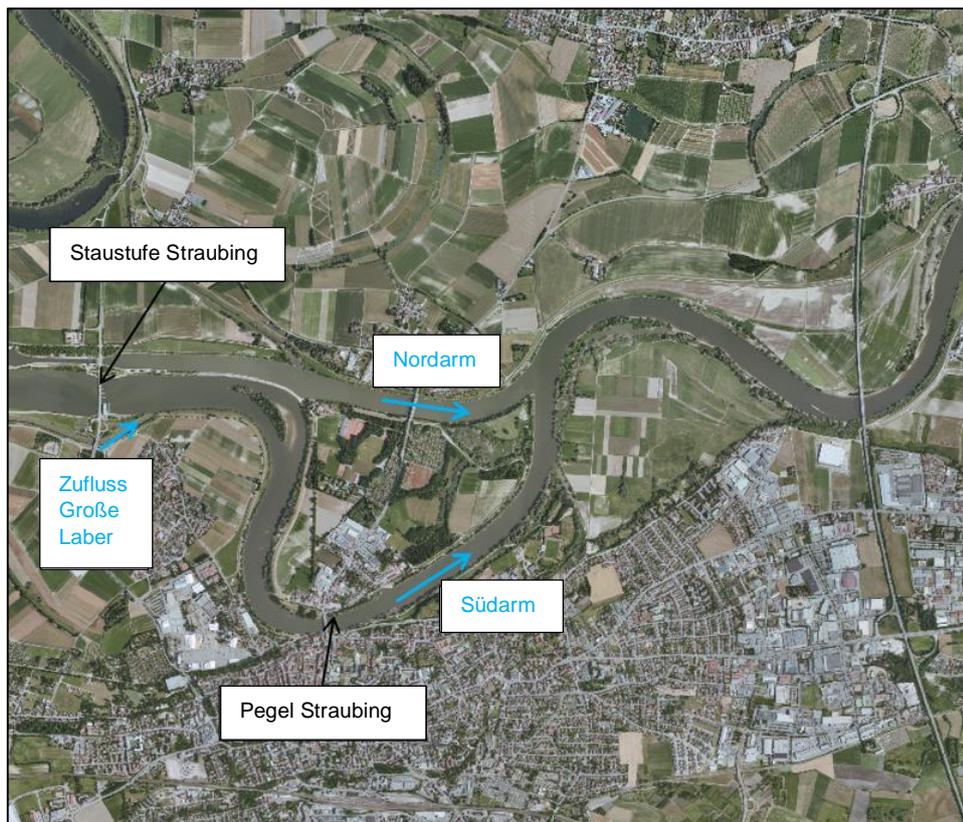


Abbildung 7: Verlauf der Donau unterstrom der Staustufe Straubing

5 Oberflächenwassermodell

5.1 Allgemeines

In den nachfolgenden Kapiteln werden das verwendete Oberflächenwassermodell, die modellierten Anlagen und Bauwerke sowie die Randbedingungen und Berechnungseinstellungen erläutert.

5.2 Erstellung des 2d-Oberflächenwassermodells

Die Erstellung des Oberflächenwassermodells erfolgte im Rahmen der Bearbeitung der Unterlagen für das Raumordnungsverfahren durch das Ingenieurbüro SKI [3]. Die nachfolgenden Erläuterungen sind mehrheitlich der Unterlage aus dem Raumordnungsverfahren entnommen.

Das 2d-Modell beginnt bei Donau-km 2336,0 (ca. 3 km oberstrom des Vorhabengebiets) und endet bei Donau-km 2317,0 (ca. 2 km unterstrom des Vorhabengebiets).

Für den Bereich oberstrom der Staustufe Straubing von Donau-km 2336,0 bis 2322,0 wurde das kalibrierte 2D-Modell von SKI mit dem kalibrierten 2D-Modell der RMD Wasserstraßen GmbH unterstrom der Staustufe Straubing von Donau-km 2322,0 bis 2317,0 zusammengeführt bzw. verschmolzen (s. Abbildung 8).

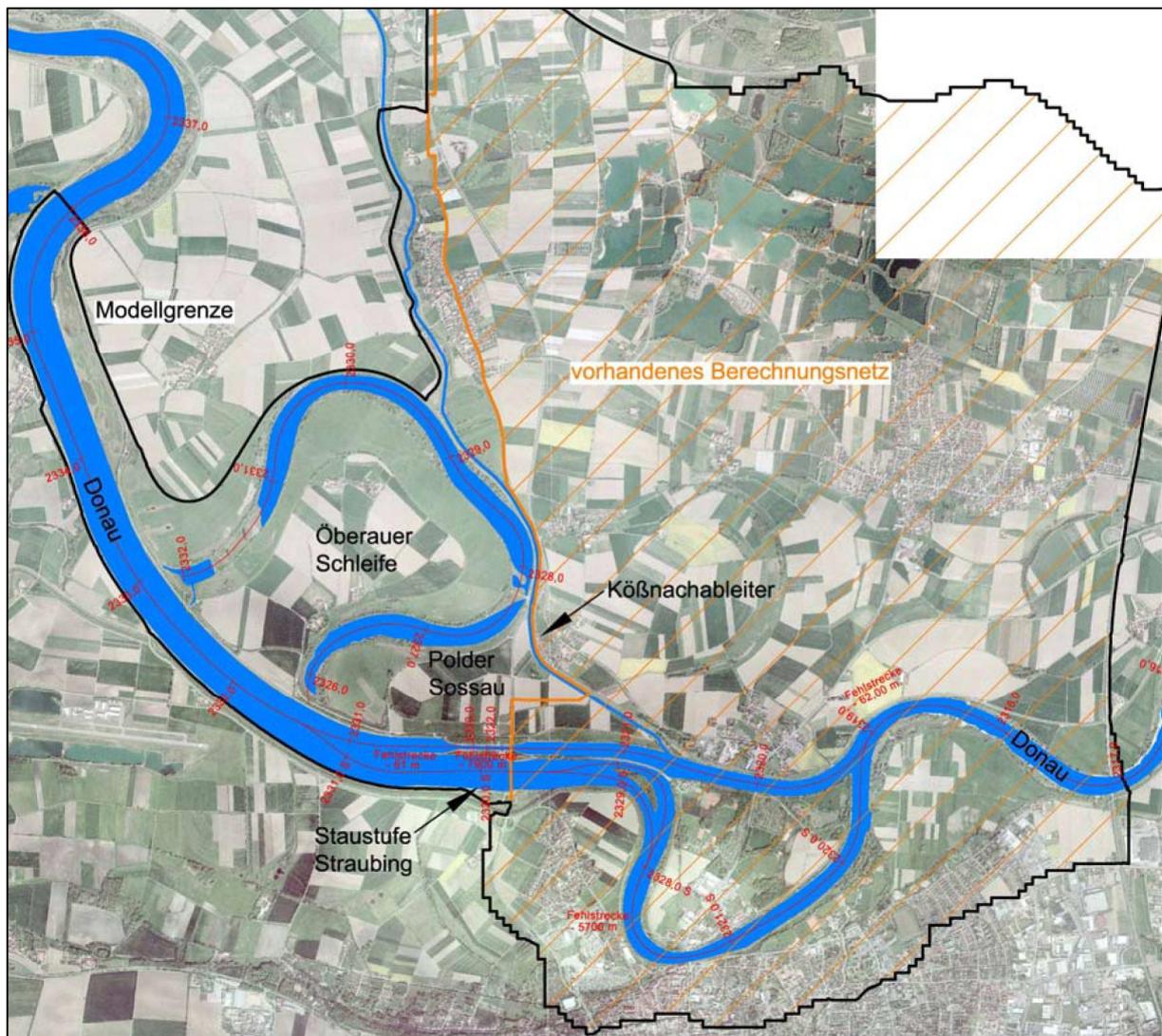


Abbildung 8: Modellgebiet mit verwendetem Modell der RMD (orange hervorgehoben) aus [3]

Der Modellbereich oberstrom der Staustufe Straubing sowie im Kößnach-Ableiter wurde anhand folgender Grundlagen ergänzt:

- Echolotaufnahmen der Flusssohle der Donau aus dem Zeitraum 2007/08
- Querprofile im Bereich der Brücken, Wehre und Wasserkraftwerke
- Laserscandaten des Vorlandes, GPS-Begehungen
- Orthofotos
- alte Kößnachprofile aus dem Jahr 1986
- Bruchkanten aus der Digitalen Bundeswasserstraßenkarte (DBWK)
- Gebäudeumrisse
- vermessene Deichoberkanten
- Gewässerprofile für die obere und untere Schleife, sowie das Absetzbecken anhand von vermessener Gewässerprofilen aus der Zeit vor der Begradigung der Donau

Die Staustufe Straubing mit ihrer Schiffsschleuse wurde in ihrer Netzgeometrie soweit möglich bereits bei der Flussschlauchnetzerstellung berücksichtigt. Zusätzlich wurden die Bestandsbauwerke an der Oberauer Schleife im Berechnungsmodell ergänzt. Die Staustufe Straubing, das Entnahmebauwerk (Heberanlage) und das Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK) wurden als Zufluss-/Abflussrandbedingung berücksichtigt.

Zur Erfassung der Sohlrauheiten wurden den Elementen des Berechnungsnetzes je nach Oberflächenbeschaffenheit verschiedene Rauheitsbeiwerte zugeordnet. Zur Belegung der Elemente mit einzelnen Rauheitsbereichen lag eine Klassifikation der Landnutzung auf Basis von ATKIS-Daten als Polygon-Shapedateien vor. Um die Sohlrauheiten im Flussschlauch (aquatischer Bereich) später besser anpassen zu können wurde dieser in mehrere Rauheitsbereiche aufgeteilt. Die Rauheitsbeiwerte aus dem vorhandenen Modell der RMD wurden übernommen und auch auf den neuen Modellteil übertragen. Dies war möglich, da der bestehende Modellteil bereits kalibriert wurde.

Am oberstromigen Modellbeginn wurde jeweils an der Donau und an der Kößnach ein Zuflussrand definiert. Der Ausflussrand des 2d-Modells befindet sich in der Donau bei Donau-km 2317,0. Am Ausflussrand des Modells wird der Donauwasserspiegel je Abfluss mittels einer W-Q-Beziehung angegeben, der einer 1d-Berechnung der Bundesanstalt für Wasserbau aus dem Jahr 2000 zu Grunde liegt, siehe auch Kapitel 3.4.

5.3 Kalibrierung des 2d-Oberflächenwassermodells

Zur Kalibrierung des Oberflächenwassermodells von SKI lag eine Wasserspiegelfixierung des Donauhochwassers 08/2002 vor. Die Fixierung wurde am 15.08.2002 vom Wasser- und Schifffahrtsamt Regensburg durchgeführt.

In Abbildung 9 sind die Differenzen der berechneten Wasserspiegel aus dem 2d-Oberflächenwassermodell im Vergleich zur Fixierung an den jeweiligen Flusskilometern für zwei Rechenläufe mit unterschiedlichen Rauheitsbeiwerten in der Donau dargestellt (blau => Rechenlauf 1, rot => Rechenlauf 2).

Durch die Anpassung der Rauheitsbeiwerte im Flussschlauch der Donau im Rechenlauf 2 (RL 02) konnte ein sehr gutes Ergebnis erreicht werden. Dies gilt insbesondere für den Standort des geplanten Ausleitungsbauwerks zur Oberauer Schleife, hier wird der fixierte Wasserspiegel genau getroffen (WSPL-Differenz = 0).

Der Vergleich zwischen den Wasserspiegelfixierungen mit den Ergebnissen aus dem Rechenlauf 2 zeigen eine minimale Differenz von 0,00 m und eine maximale Differenz von 0,11 m (siehe Abbildung 9). Die relative Differenz der Wasserspiegelfixierungen im Vergleich zur durchschnittlichen Wassertiefe beträgt somit maximal $0,11/8,00 = 1,3\%$.

Im Ergebnis der Kalibrierung wurden für alle weiteren Untersuchungen die Rauheitsbeiwerte des Rechenlaufs 2 verwendet.

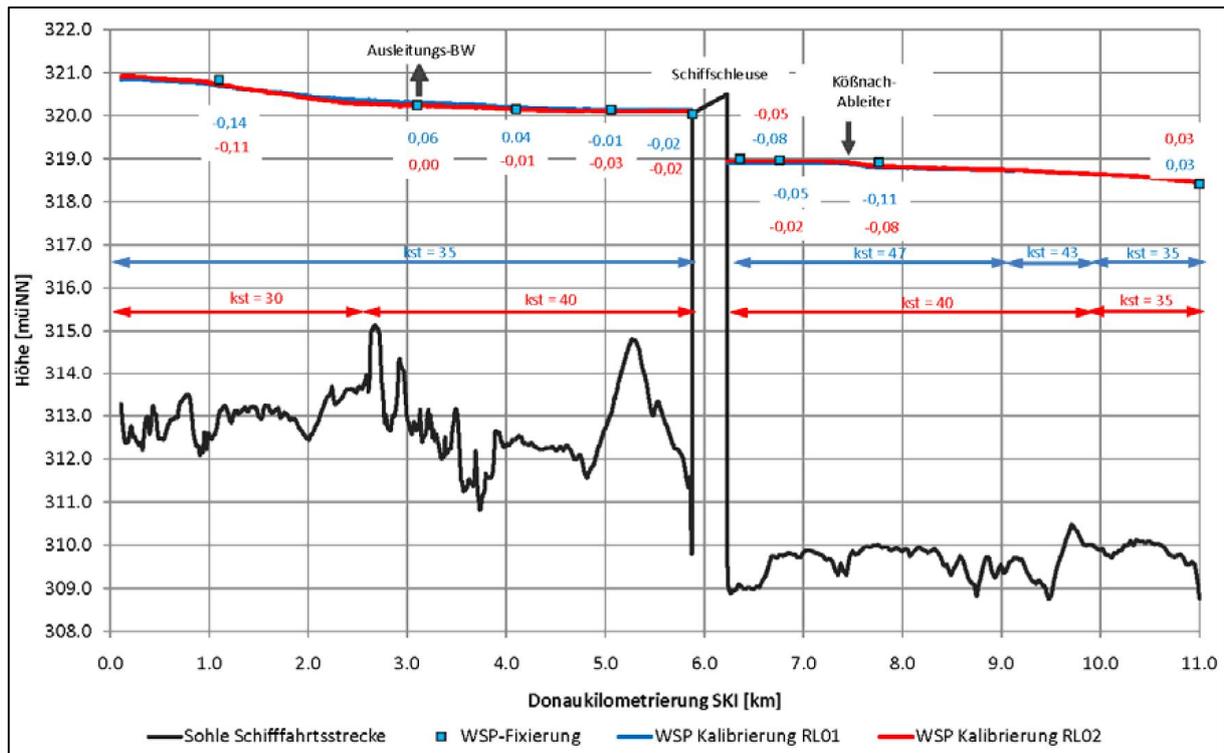


Abbildung 9: Ergebnisse der Kalibrierung aus [3]

Die 2D-Modelle von SKI und der RMD wurden getrennt kalibriert, stellen zusammen jedoch ein neues Modell dar. Eine erneute und einheitliche Kalibrierung des Gesamtmodells erfolgte jedoch nicht. Stattdessen erfolgte eine Validierung anhand des historischen Hochwasserereignisses 2013, s. Kapitel 6.2.

Die Ergebnisse aus dieser Gegenüberstellung zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den jeweiligen Pegeln im Untersuchungsgebiet. Da das Wasser hauptsächlich im Flussschlauch bleibt und die Deiche nicht überströmt werden, haben die Geometrieadjustierungen im Hinterland keinen Einfluss auf die Validierungsergebnisse.

5.4 Verwendete Software

Das ursprüngliche Modell wurde mit SMS 9 erstellt bzw. bearbeitet. Die Berechnungen wurden mit Hydro_AS-2d Version 2.2.2 durchgeführt. Anhand einer Konvertierungssoftware der Firma Hydrotech wurde das ursprüngliche Modell in eine aktuellere Version konvertiert und weiterbearbeitet bzw. neue Berechnungen durchgeführt (s. Tabelle 5).

Durch die Konvertierung zeigen die neuen Berechnungen geringfügige Unterschiede im Vergleich zur vorher verwendeten Programmversion. Durch Vergleichsrechnungen wurden die Unterschiede überprüft. Die Ergebnisse unterscheiden sich in der Wassertiefe nur im Millimeter- oder ggf. Zentimeterbereich.

Tabelle 5: Verwendete Software für hydraulische Untersuchungen

Durchgeführte Arbeiten	Software
Netzmodellierung	SMS 13.0; 64-bit Version
Hydraulische Berechnungen	Hydro_AS-2d Version 4.4
Ergebnisauswertung	Arc Map 13

5.5 Verwendete Modelle

Für die Fortschreibung des Oberflächenwassermodells wurden die im Projektbereich für das WWA Deggendorf bereits erstellten Modelle vom Ingenieurbüro SKI [3] und der RMD Wasserstraßen GmbH [8] untersucht und verwendet.

5.5.1 Modell SKI

Der INGE LLK wurden vom WWA folgende, im Rahmen der bisher durchgeführten Untersuchungen vom Ingenieurbüro SKI erstellte OW-Modelle (inkl. Berechnungsergebnisse) zur Verfügung gestellt (s. Kapitel 3.1 und Tabelle 6).

Tabelle 6: OW-Modelle für die bisher durchgeführten Untersuchungen des Ingenieurbüros SKI

Berechnungsszenario	HQ	Q max
Ist-Zustand	Spitze Welle HQ100	3400 m³/s
	Breite Welle HQ100	3400 m³/s
	Breite Welle HQ30	2820 m³/s
	Ökologische Flutung	810 m³/s
Plan-Zustand: Variante 2	Spitze Welle HQ100	3400 m³/s
	Breite Welle HQ100	3400 m³/s
	Breite Welle HQ30	2820 m³/s
Plan-Zustand: Variante 4mod.	Spitze Welle HQ100	3400 m³/s
	Breite Welle HQ100	3400 m³/s
	Breite Welle HQ30	2820 m³/s
Plan-Zustand: Variante 4	Spitze Welle HQ100	3400 m³/s
	Spitze Welle HQ30	2820 m³/s
Plan-Zustand: Variante 4mod-a	Spitze Welle HQ100	3400 m³/s

Die in Tabelle 6 aufgelisteten OW-Modelle wurden mit der Software SMS 9 erstellt und mit der Programmversion Hydro_AS-2d 2.2 berechnet.

Die Modellgeometrie (inkl. Materialbelegung) aus dem Modell für Ist-Zustand HQ100 – Spitze Welle wurde für die weitere Bearbeitung übernommen.

5.5.2 Modell RMD

Im Bereich unterstrom der Staustufe Straubing erfolgten hydraulische Untersuchungen zum geplanten Donauausbau. Diese Untersuchungen werden von der RMD Wasserstraßen GmbH (RMD) durchgeführt. Da der Donauausbau Auswirkungen auf die Wasserspiegelhöhen unterstrom der Staustufe Straubing und damit auf den geplanten Flutpolder Oberauer Schleife hat, ist der geplante Zustand nach dem Donauausbau bei den weiteren Untersuchungen zu berücksichtigen.

Die RMD hat der INGE LLK das aktuelle OW-Modell im Bereich unterstrom der Staustufe Straubing [8] sowie die unterstromige Randbedingung des Modells nach dem Donauausbau (W/Q-Beziehung) zur Verfügung gestellt. Das Modell wird für die weitere Bearbeitung übernommen.

5.5.3 Fortgeschriebenes Modell und Modellumgriff

Das fortgeschriebene OW-Modell wurde basierend auf dem Modell des Büros SKI (s. Kapitel 5.2) aufgebaut und anhand neuer Vermessungen von Gräben und Deichen aktualisiert. Das Modell beginnt ca. bei Donau-km 2336,0 (oberstromiger Modellrand) und endet bei Donau-km 2317,0.

Das Modell umfasst den Vorhabenbereich der Oberauer Schleife, die Staustufe Straubing sowie einen nördlichen Teil der Stadt Straubing. Der Kößnach-Ableiter ist im Bereich zwischen der Mündung in die Donau bis ca. 5 km oberstrom im Modell enthalten. Der gesamte Modellumgriff (rote Umrandung) ist in Abbildung 10 dargestellt. Den Teil des Modells, der mit dem Modell der RMD (s. Kapitel 5.5.2) ersetzt wurde, zeigt Abbildung 11.

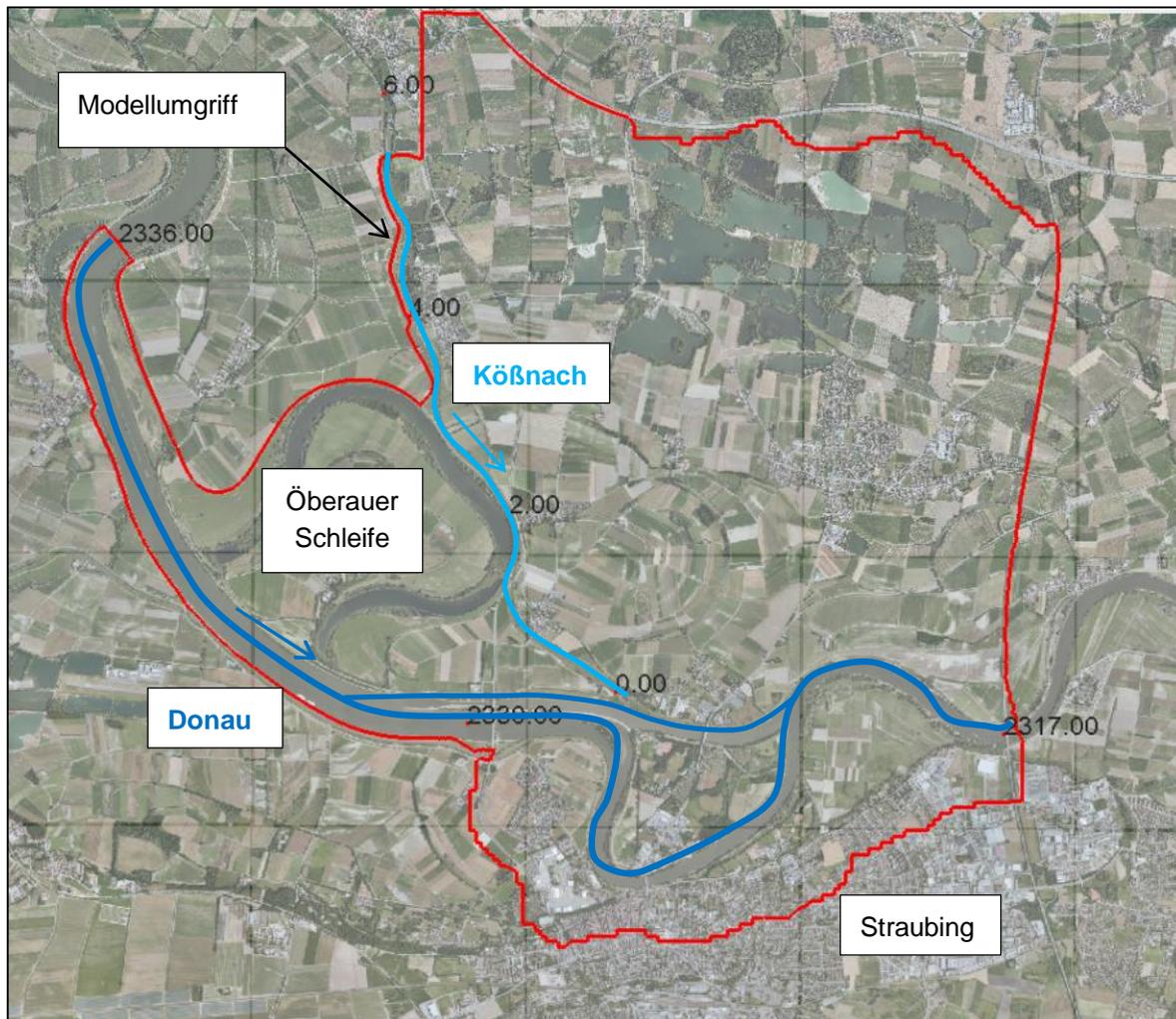


Abbildung 10: Modellumgriff des OW-Modells

Im Bereich unterstrom der Staustufe Straubing wird der Donauausbau geplant (s. Abbildung 11 – blaue schraffierte Fläche). Die Umsetzung des Donauausbaus hat eine positive Auswirkung auf die Wasserspiegelhöhen beim Hochwasser im Vorhabengebiet (niedrigere Wasserspiegelhöhen als ohne Umsetzung des Donauausbaus).

Da der Flutpolder Oberauer Schleife überwiegend nach der Umsetzung des Donauausbaus realisiert wird, ist die Situation nach dem Donauausbau in den Modellen für den Ist- und für den Plan-Zustand zu berücksichtigen. Bei einer Berücksichtigung des Donauausbaus nur im Plan-Zustand wären die Rechenläufe nicht vergleichbar, da das Modell des Plan-Zustandes eine zusätzliche Maßnahme (Donauausbau) zur Verbesserung der Hochwassersituation im Projektbereich enthalten würde.

Für die Berechnungen mit dem gemessenen Hochwasserereignis aus dem Jahr 2013 (HW 2013) wird der Donauausbau nicht berücksichtigt, damit der Zustand beim Erfassen des Hochwassers nicht verändert wird.

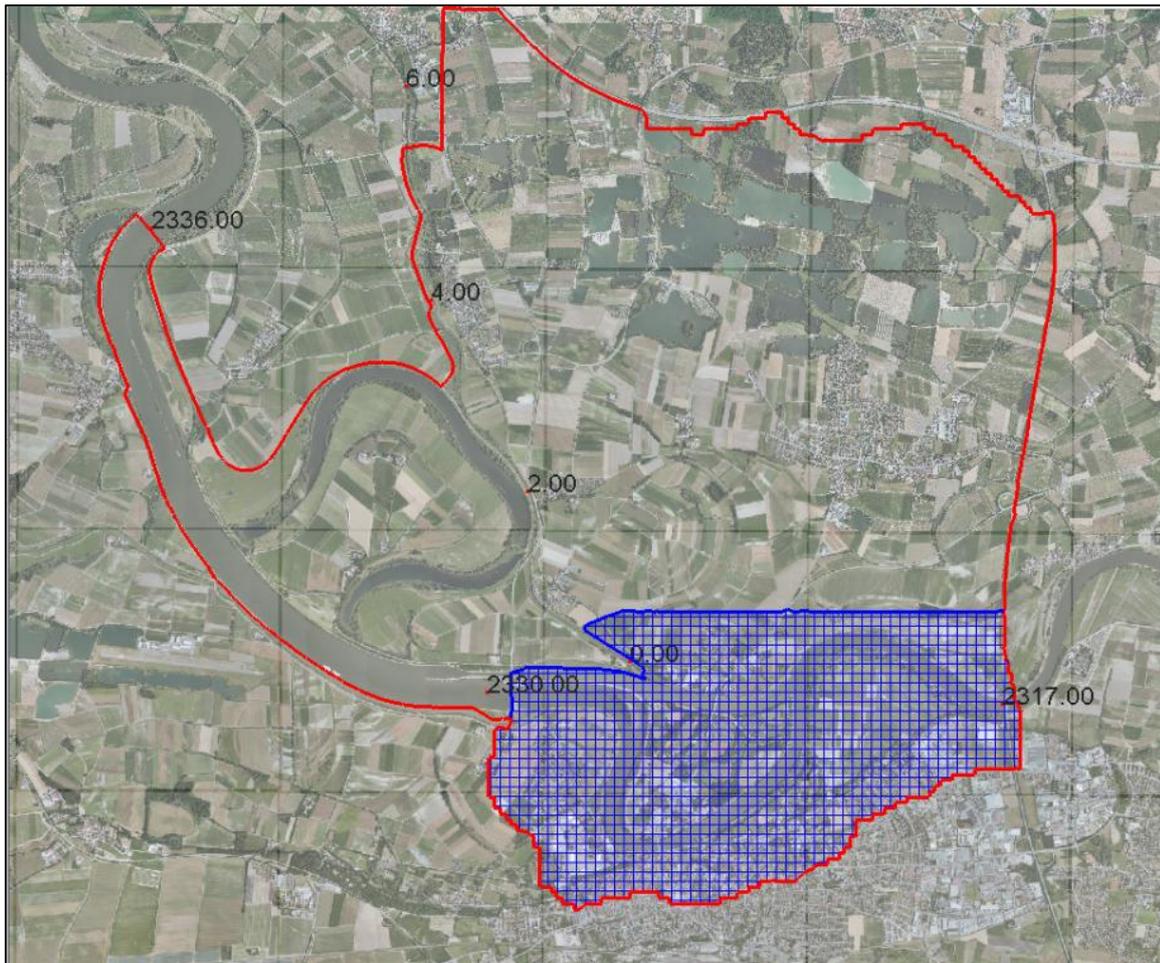


Abbildung 11: Modellumgriff des Modells mit dargestelltem Modellbereich des Modells der RMD (blau)

5.5.4 Anpassungen an der bisherigen Modellgeometrie

An der bisherigen Modellgeometrie wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Anpassungen am Kößnach-Ableiter (Nachvermessung Aufweitung), s. Abbildung 12
- Begrenzung Überflutung an St 2125 mit Disable-Randbedingung an der St 2125 und der SRs 48 (Westtangente), s. Abbildung 13

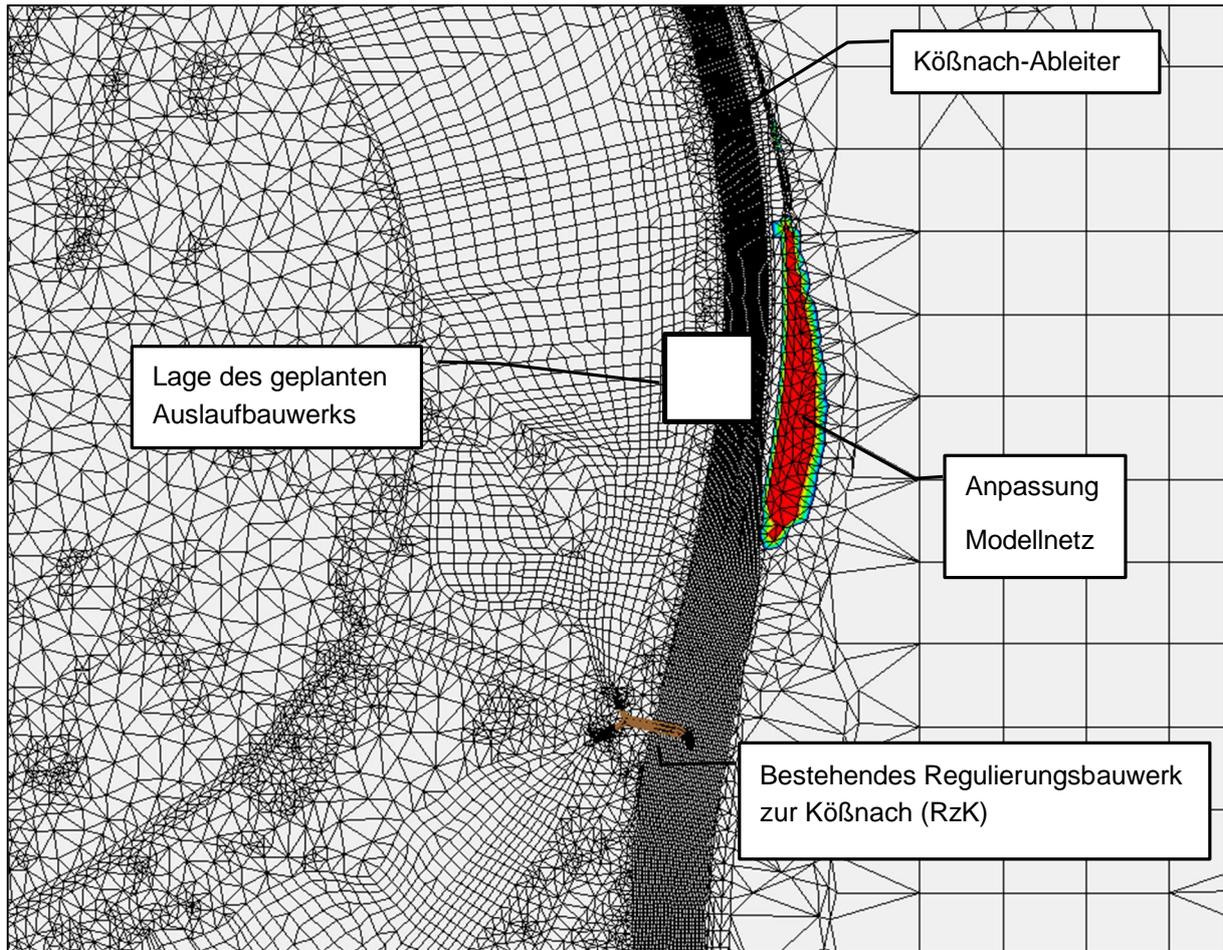


Abbildung 12: Anpassung Modellnetz am Kößnach-Ableiter im Bereich des geplanten Auslaufbauwerks

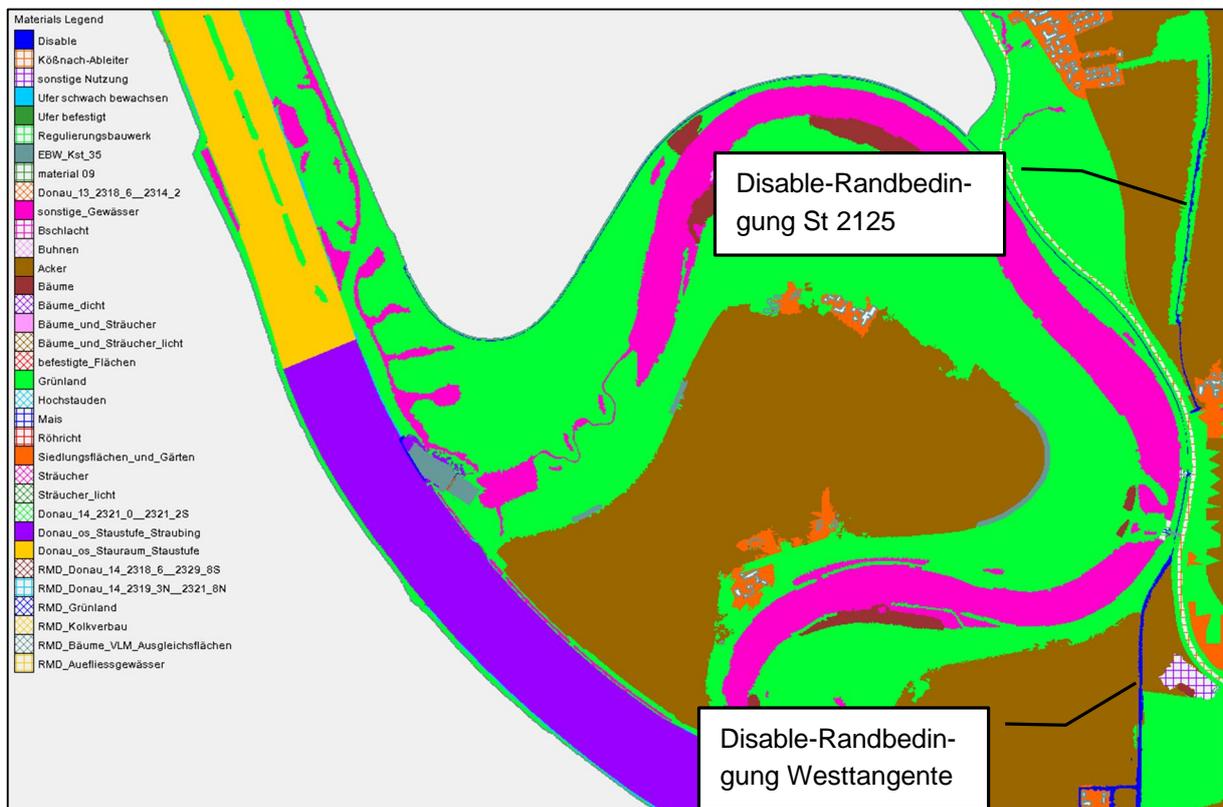


Abbildung 13: Disable-Randbedingung an Westtangente (SRs48) und St 2125

5.6 Deiche und Dämme

Im Vorhabenbereich befinden sich mehrere Deiche bzw. Dämme, die eine Auswirkung auf die Überflutungen beim Hochwasser haben. Die unterschiedlichen Abschnitte sind in Abbildung 14 farblich dargestellt.

- Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing – gelb,
- Stauhaltungsdämme oberstrom der Staustufe Straubing – orange,
- Deiche der Oberauer Schleife – blau,
- Trenndamm zwischen der oberen und unteren Oberauer Schleife – dunkelblau,
- Westtangente – grün,
- Kößnachdeiche – lila.

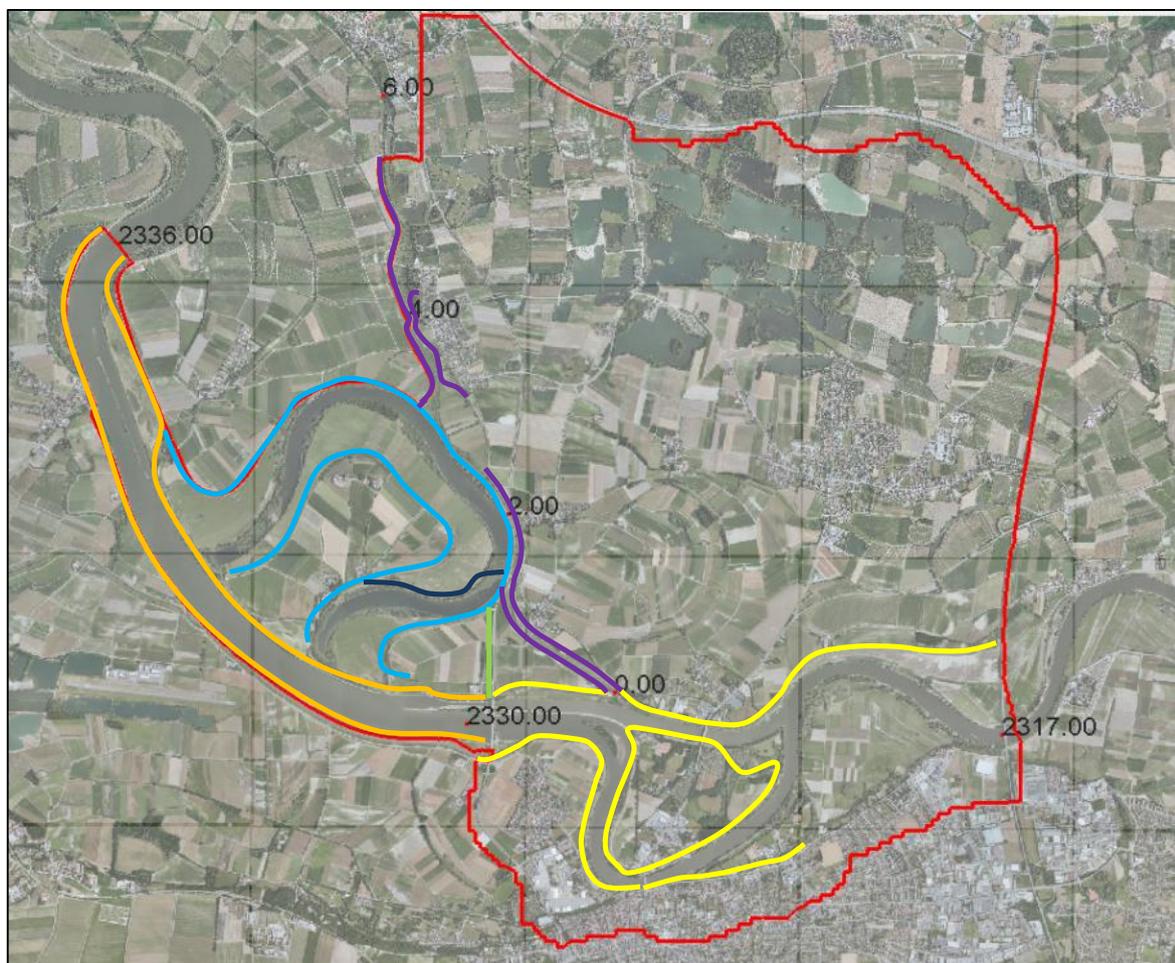


Abbildung 14: Dämme und Deiche im Vorhabenbereich

5.6.1 Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing

Unterstrom der Staustufe Straubing befinden sich an beiden Flussufern (inkl. Insel zw. dem nördlichen und dem südlichen Flussarm) Hochwasserschutzdeiche. Die Deiche werden z. T. im Laufe des Donauausbaus ertüchtigt und erhöht.

Die Donaudeiche sind im Kronenbereich stellenweise mit undurchströmbaren Elementen (Material = Disable) belegt (z.B. Insel zw. Flussarmen). Die Geländehöhe entspricht allerdings dem Zustand beim HW 2013. Da die Kronenhöhe der Donaudeiche höher liegt als die Wasserspiegel beim HW 2013, werden die Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing in diesem Fall nicht überströmt und die Materialbelegung mit den „Disable“ Elementen hat auf die Berechnungsergebnisse keine Auswirkung.

Im OW-Modell wird generell der Zustand nach dem Donauausbau berücksichtigt. Für die Modellierung wird das Modell der RMD übernommen (s. Kapitel 5.5.2). Im Modell der RMD sind die Deichkronen mit undurchströmbaren Elementen belegt (Material = Disable). Die Höhe der Deiche nach dem Donauausbau wird nach den Wasserspiegeln für HQ100 + 1,0 m Freibord bemessen. Für die Berechnungen bis HQ300 ist zu erwarten, dass der Wasserspiegel unterhalb der Deichkrone liegt und dementsprechend werden die Deiche nicht überströmt. Aus diesem Grund hat die Materialbelegung der Deichkrone mit undurchströmbaren Elementen keine Auswirkung auf die Berechnungsergebnisse für HQ30, HQ100, HQ200 und HQ300.

5.6.2 Stauhaltungsdämme oberstrom der Staustufe Straubing

Die Geometrie der Stauhaltungsdämme oberstrom der Staustufe Straubing wurde aus dem Modell des Büros SKI übernommen (s. Kapitel 5.2). Die Geometrie und Kronenhöhe der Stauhaltungsdämme sind im OW-Modell berücksichtigt, damit eine Überströmung der Stauhaltungsdämme im Modell möglich ist. Eine genauere Beschreibung der Modellierung der Geometrie und der Eingangsdaten befindet sich in [3].

5.6.3 Deiche Oberauer Schleife

Der Polder Oberauer Schleife ist mit den ehemaligen Donaudeichen abgegrenzt. Die Geometrie und die Kronenhöhe der Deiche wird aus dem Modell des Büros SKI übernommen (s. Kapitel 5.2). Die Deiche schließen im Bereich der Polder Öberau und Sossau West nicht an die Stauhaltungsdämme der Donau an. Eine Überströmung der Deiche ist im OW-Modell des Ist-Zustandes möglich.

5.6.4 Trenndamm zwischen der oberen und unteren Oberauer Schleife

Zwischen der unteren und oberen Oberauer Schleife befindet sich ein Trenndamm. Die Geometrie und die Kronenhöhe des Trenndammes wird aus dem Modell des Büros SKI übernommen (s. Kapitel 5.2). Eine Überströmung des Dammes ist im OW-Modell möglich.

5.6.5 Westtangente

Der Straßendamm der Westtangente (SRs48) stellt einen Trenndamm zwischen den Polder Sossau West und Sossau Ost dar. Bei einer Überströmung des rechten Kößnachdeiches (s. Kapitel 5.6.6) wird im Ist-Zustand auch die Westtangente auf einer Länge von mehr als 450 m überströmt. Die Geometrie und die Kronenhöhe der Westtangente wurden aus dem Modell des Büros SKI übernommen (s. Kapitel 5.2). Eine Überströmung der Westtangente ist im OW-Modell des Ist-Zustandes möglich.

5.6.6 Kößnachdeiche

An der Kößnach und dem Kößnach-Ableiter liegen auf beiden Uferseiten Hochwasserschutzanlagen, die an die Deiche der Oberauer Schleife und die Donaudeiche unterhalb der Staustufe Straubing anbinden. Die Geometrie und die Kronenhöhe der HWS-Anlagen wurden aus dem Modell des Büros SKI übernommen (s. Kapitel 5.2). Eine Überströmung der HWS-Anlagen ist im OW-Modell möglich.

Der linke Kößnachdeich wurde im Bereich zw. Fluss-km 0,0 bis 2,3 ertüchtigt und ausgebaut und eine Überströmung bei HQ 100 in der Donau ist dementsprechend nicht zu erwarten.

Der rechte Deich im Bereich des Polders Sossau Ost liegt im Vergleich zu dem linken Kößnachdeich niedriger und bei einem HQ100 in der Donau wird der Deich überströmt (zwischen HQ50 und HQ100). Die niedrigste Stelle befindet sich in der Nähe der Mündung in die Donau und weist Höhen von 319,65 bis 319,70 m ü. NHN auf.

Aufgrund der Bausubstanz des Deiches ist mit einem Deichbruch bei Überströmung zu rechnen. Dieses Szenario ist im nachfolgenden Kapitel 5.6.7 beschrieben.

5.6.7 Szenario mit Deichbruch am rechten Kößnachdeich

Hinter dem Deich auf der rechten Seite des Kößnach-Ableiters befindet sich keine Deichberme sowie kein erhöhter Randstreifen am Fuß der Deichböschung. Dementsprechend ist bei einer Überströmung des Deiches bzw. bei Inanspruchnahme des Freibordes ein Deichbruch ein denkbares Szenario.

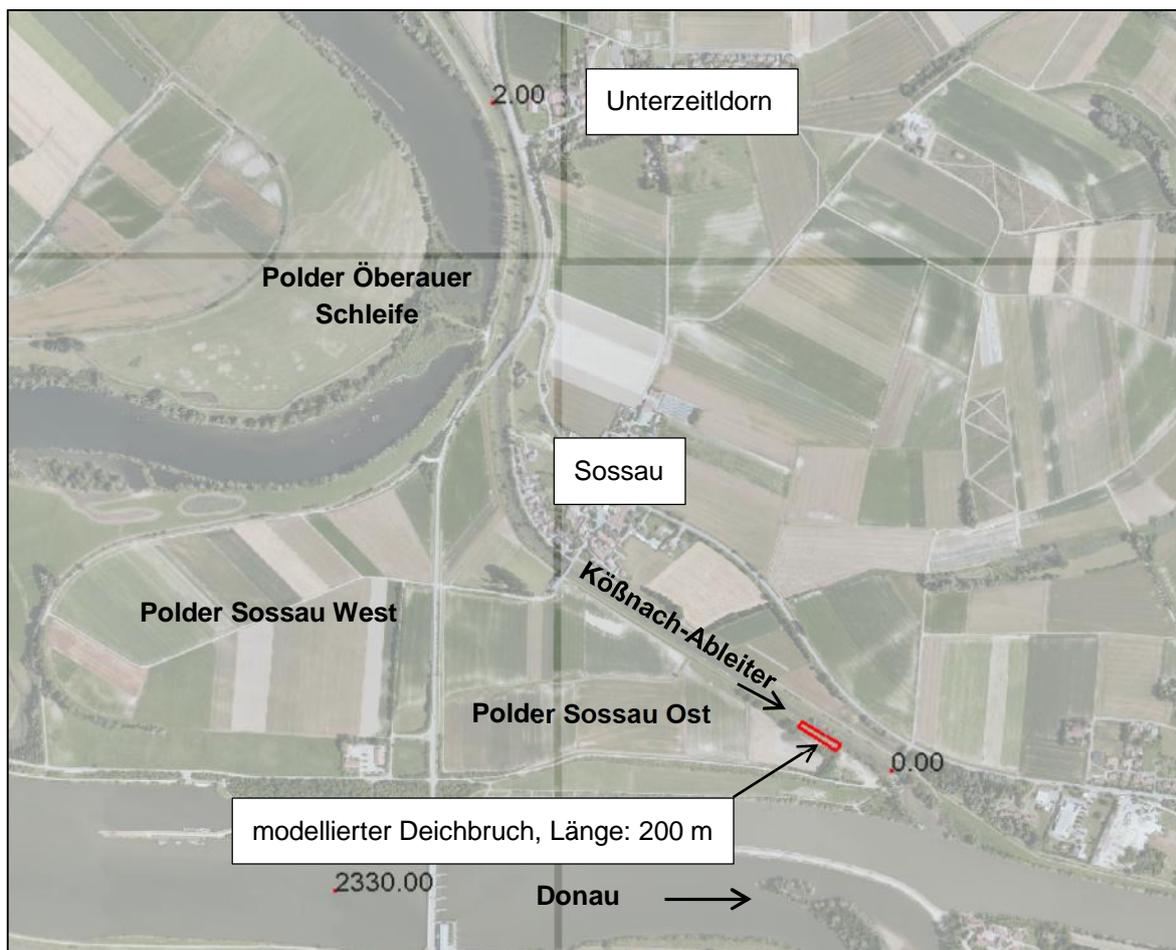


Abbildung 15: Lage des Deichbruches am rechten Kößnachdeich (rot markiert)

Daher wurden für den rechten Kößnachdeich folgende Szenarien im OW-Modell untersucht:

- Überströmung des Deiches ohne Deichbruch (Grenzscenario)
- Überströmung des Deiches mit Deichbruch 8 h nach Beginn der Überströmung mit einer Breschenbreite von ca. 200 m
- Deichbruch bei Erreichen des Bemessungsabflusses HQ30 vor Überströmung des Deiches mit einer Breschenbreite von ca. 700 m (Grenzscenario)

Die Untersuchung von Deichbruchszenarien haben zum Ziel die scheinbar reduzierende Wirkung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife auf die derzeitigen Abflussverhältnisse in der Donau zu erfassen. Die beiden Fälle ohne Deichbruch sowie ein Deichbruch mit großer Breschenbreite bei Erreichen des Bemessungsabflusses HQ30 stellen die äußersten Grenzscenarien dar. Die Realität wird sich irgendwo dazwischen abspielen, dafür steht beispielhaft (übernommen aus eingetretenen Deichbrüchen in der Vergangenheit) das Deichbruchszenario 8 h nach Beginn der Überströmung mit einer Breschenbreite von 200 m.

Der Beginn der Überströmung des Deiches erfolgt ca. 150 m oberstrom der Mündung in die Donau (s. Abbildung 15). Dementsprechend wird an dieser Stelle auch der Deichbruch im Modell modelliert. Die Breite der Deichbruchscharte beträgt ca. 200 m bzw. bei der Grenz Betrachtung ca. 700 m. Beim Deichbruch wird der Deich bis zur landseitigen Geländehöhe auf ca. 316,5 m ü. NHN abgetragen.

Im OW-Modell wird das Deichbruchszenario in folgenden Schritten berücksichtigt:

- 1) Der Rechenlauf wird ohne Deichbruch bis zum Zeitpunkt des Deichbruches durchgeführt und anschließend unterbrochen.
- 2) Die Deichhöhe im Bereich des Deichbruches wird auf das landseitige Geländeniveau von 316,5 m ü. NHN gesetzt, die Netzgeometrie bleibt ansonsten unverändert.
- 3) Der Rechenlauf wird mit dem Deichbruch anschließend fortgesetzt.

Der im Modell modellierte Deichbruch ist in Abbildung 16 dargestellt.

Der Zeitpunkt des Deichbruches infolge Überströmung ist abhängig vom Zeitpunkt der ersten Überströmung des Deiches. Es wurde weiterhin davon ausgegangen, dass erst 8 h nach Beginn der Überströmung der Deich bricht.

Der Zeitpunkt des Deichbruches bei der Grenz Betrachtung mit einer Breschenbreite von 700 m erfolgte bereits vor Überströmung des Kößnachdeiches, bei Inanspruchnahme des Freibordes in Höhe eines HQ30 Donau. Dies entspricht im Kößnach-Ableiter einem Wasserstand von ca. 319,25 m ü. NHN. Mit dieser Grenz Betrachtung soll dem Umstand Rechnung getragen werden, dass ein Deich auch ohne Überströmung brechen kann.

Eine Zusammenfassung der Zeitpunkte der simulierten Deichbrüche für die durchgeführten Rechenläufe befindet sich in Tabelle 7.

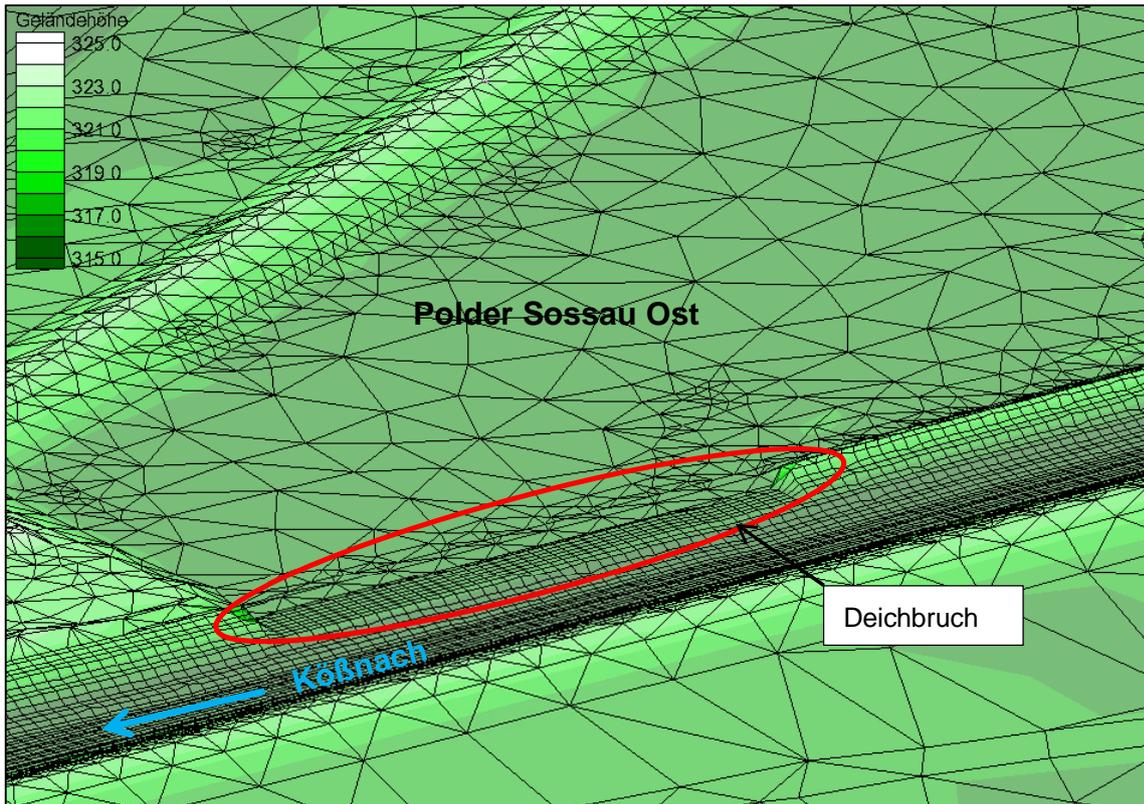


Abbildung 16: Deichbruch am rechten Kößnachdeich im OW-Modell

Tabelle 7: Zusammenfassung der Zeitpunkte des Deichbruches für die durchgeführten Rechenläufe

Hochwasserereignis	Jährlichkeit	Deichbruchlänge	Zeitpunkt der Überströmung
2011	HQ100	200 m	16. Stunde *
2011	HQ200	200 m	16. Stunde *
2011	HQ300	200 m	16. Stunde *
2011	HQ200	700 m	7. Stunde
2011	HQ300	700 m	6. Stunde
1988	HQ200	700 m	212. Stunde
1988	HQ300	700 m	207. Stunde
2002	HQ200	700 m	47. Stunde
2002	HQ300	700 m	44. Stunde

* Die 16. Stunde im Modell entspricht der 176. Stunde in der Ganglinie HW 2011.

5.7 Bauwerke

5.7.1 Bestehendes Regulierungsbauwerk zum Kößnach-Ableiter

Zwischen der oberen und unteren Oberauer Schleife im östlichen Bereich des Polders befindet sich das bestehende Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK). Die Lage des Bauwerks ist in Abbildung 17 dargestellt.

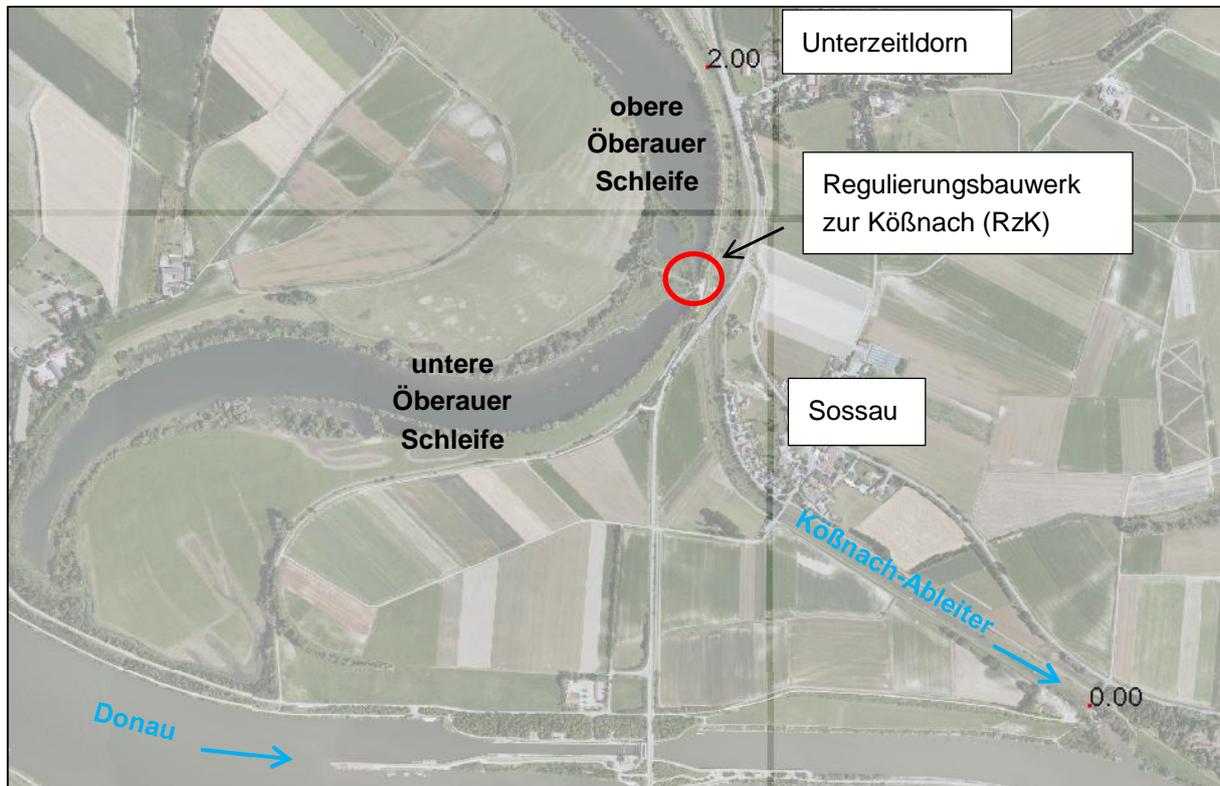


Abbildung 17: Lage des Regulierungsbauwerks zur Kößnach

Das Bauwerk verbindet die beiden Schleifenteile und gleichzeitig ermöglicht es eine unabhängige Entleerung der beiden Schleifenteile in den Kößnach-Ableiter (s. Abbildung 18).

Bei der Modellierung des Bauwerks wurden Bestandspläne berücksichtigt (s. [10] und [11]). Das Bauwerk verfügt über zwei getrennte Rohrleitungen (Rechteckprofil), die jeweils mit einer Überlaufschwelle mit einem Verschluss ausgerüstet sind. Die Öffnung zwischen den Schleifenteilen ist ebenfalls mit einem Verschluss ausgerüstet. Vor der Mündung in den Kößnach-Ableiter befindet sich an beiden Leitungen eine Rückstauklappe. Die wichtigsten Kenndaten des Regulierungsbauwerks sind in Tabelle 8 aufgelistet.

Die Umsetzung des Regulierungsbauwerks im OW-Modell ist in Abbildung 19 dargestellt. Die Öffnung der Verbindung zwischen den Schleifenteilen kann mit der Materialbelegung (durchströmbar / undurchströmbar) gesteuert werden. Die Verschlüsse der Überlaufschwellen können genauso gesteuert werden. Die Rückstauklappe wurde mit Hilfe von Durchlass-Nodestrings (Randbedingung des Programmes Hydro_AS-2D) modelliert.

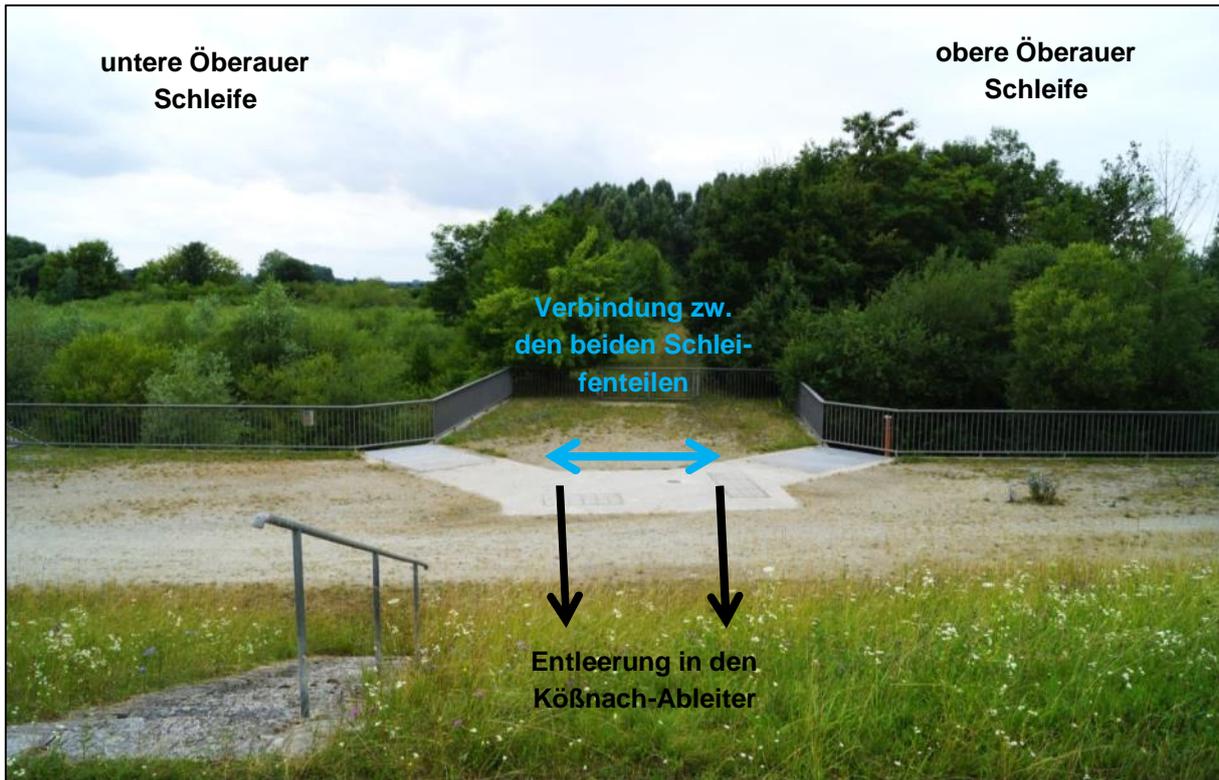


Abbildung 18: bestehendes Regulierungsbauwerk zur Kößnach

Tabelle 8: Kenndaten des Regulierungsbauwerks zur Kößnach

Beschreibung	Wert
Sohlenhöhe im Einlaufbereich	314,46 m ü. NHN
Abmessungen der Druckrohrleitungen vor den Überlaufschwellen	Höhe = 1,6 m Breite = 1,6 m
Höhe der Überlaufschwelle von der oberen Öberauer Schleife	315,96 m ü. NHN
Höhe der Überlaufschwelle von der unteren Öberauer Schleife	314,46 m ü. NHN
Abmessungen der Druckrohrleitungen nach den Überlaufschwellen	Höhe = 2,8 bis 2,9 m Breite = 2,2 m
Sohlenhöhe der Rückstauklappen	313,56 m ü. NHN
Abmessungen der Rückstauklappen vor der Mündung in den Kößnach-Ableiter	Höhe = 1,5 m Breite = 1,5 m
Abmessungen der Verbindung zw. den Schleifenteilen	Höhe = 1,2 m Breite = 1,6 m

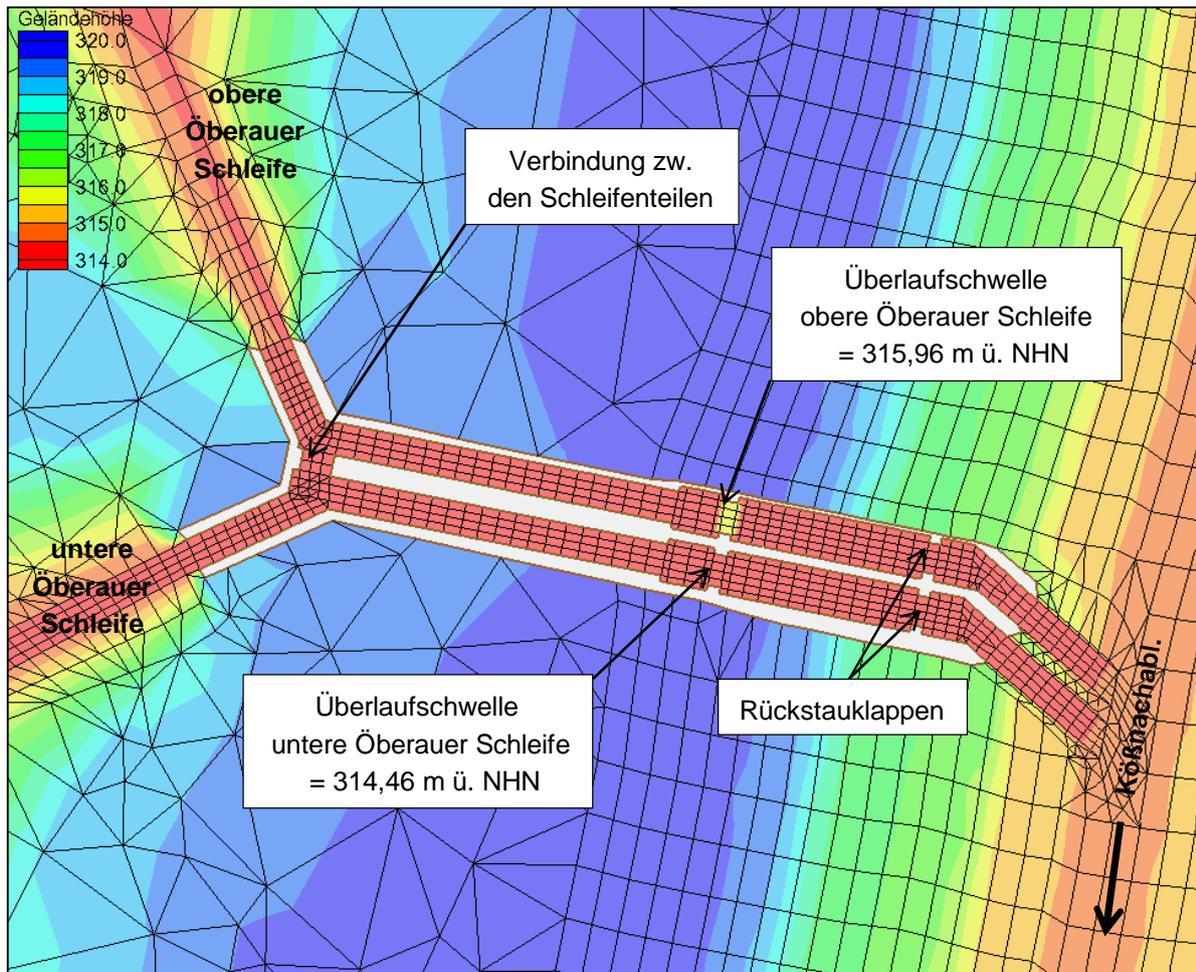


Abbildung 19: Regulierungsbauwerk modelliert im OW-Modell

5.7.2 Bestehender Heber

Bei Donau-km 2332,8 befindet sich am linken Donauufer eine Heberanlage, die der Öberauer Schleife im Normalbetrieb bis zu 250 l/s Wasser aus der Donau zuführt. Der Zufluss wird am Regulierungsbauwerk zum Hauptkanal auf den oberen und den unteren Teil der Öberauer Schleife aufgeteilt. Im Hochwasserfall ist die Anlage nicht in Betrieb und wird deswegen nicht im OW-Modell berücksichtigt.

5.7.3 Schöpfwerke

Im Projektbereich befinden sich folgende drei Schöpfwerke:

Schöpfwerk Öberau

Das bestehende Schöpfwerk Öberau befindet sich im südlichen Bereich des Polders Öberau und diente im Hochwasserfall der Binnenentwässerung des Grabensystems für die Ortschaften Öberau und Breitenfeld. Das Schöpfwerk Öberau ging 1994 mit der Abtrennung der Öberauer Schleife von der Stauhaltung außer Betrieb.

Der Polder Öberau wird heute neben dem ehemaligen rechten Hochwasserschutzdeich der Öberauer Schleife zusätzlich durch den linken Stauhaltungsdamm der Donau begrenzt. Der ehemalige rechte Hochwasserschutzdeich wurde im Zuge des Stauhaltungsbaus jeweils im Bereich der Anbindung an die

Stauhaltungsdämme geschlitzt, so dass die ursprüngliche Funktion des Deiches nicht mehr gegeben ist.

Qualmwasseraustritte sind heute nur noch im Zuge der jährlich stattfindenden ökologischen Frühjahrsflutung zu beobachten und treten v.a. im östlichen Teil des Polders Öberau („Flurlage Hagen“) auf, haben jedoch keine negativen Auswirkungen auf die Wohnhäuser in den Ortslagen Öberau und Breitenfeld.

Die Binnenentwässerung erfolgt über den Hauptkanal und mehrere Entwässerungsgräben, die in den Breitenfelder Graben münden. Am Standort des Schöpfwerks Öberau läuft das Wasser der Gräben zusammen und fließt über das vorhandene Siel in freier Vorflut in das Altwasser des unteren Schleifen-teils.

Das Schöpfwerk Öberau wird in dem Oberflächenwassermodell aus dem o.g. Grund nicht berücksichtigt.

Schöpfwerk Kößnach

Das Schöpfwerk Kößnach befindet sich westlich der Ortschaft Kößnach ca. 4 km oberhalb der Mündung des Kößnach-Ableiters in die Donau. Es dient bei Hochwasser der Entwässerung des Polders Kößnach.

Dieser Polder ist durch ein engmaschiges Grabensystem mit den Hauptgräben „Pittricher Rinne“, „Neudaugraben“, „Pichseegraben“ und „Kalter Graben“ durchzogen.

Über das Siel bei Donau-km 2337,2 und den „Pichseegraben“ wird das Donauvorland bei Oberzeitldorn kontinuierlich in den Polder Kößnach bis hin zum Schöpfwerk Kößnach be- und entwässert. Am Schöpfwerk Kößnach fließt das so abgeleitete Wasser über ein Siel in die Kößnach.

Bei Hochwasser der Kößnach oder bei entsprechendem Rückstau der Donau in die Kößnach wird das Siel am Schöpfwerk geschlossen und das Schöpfwerk Kößnach geht in Betrieb. Gleichzeitig wird das Siel „Pichseegraben“ geschlossen.

Es wird davon ausgegangen, dass der eventuelle Einsatz des Schöpfwerkes schon in der Hochwasserganglinie der Kößnach enthalten ist (s. Kapitel 4.2). Aus diesem Grund wird das Schöpfwerk im Ist-Zustand nicht gesondert berücksichtigt.

Schöpfwerk Hornstorf

Das Schöpfwerk Hornstorf liegt südöstlich der Ortschaft Hornstorf beim Donau-km 2319,40. Das Wasser aus dem Zulaufgraben wird bei Hochwasser in die Donau gepumpt.

Das Schöpfwerk Hornstorf ist für das OW-Modell nicht relevant und wurde daher nicht berücksichtigt.

5.7.4 Sielbauwerke

Im Projektbereich befinden sich zwei Sielbauwerke.

Siel Neudaugraben

Das Siel entwässerte vor dem Bau der Stauhaltung Straubing den Neudaugraben in die obere Öberauer Schleife. Nach dem Bau der Stauhaltung Straubing verlor das Siel seine Funktion. Es sollte ursprünglich entfernt werden, um Abwasserbelastungen aus dem Bereich Pittrich sowie Einträge aus der landwirtschaftlichen Nutzung im Polder Kößnach in die obere Schleife zu verhindern.

Infolge Planrevidierung wurde jedoch der Bestand festgesetzt. Stattdessen ist das Siel ständig geschlossen zu halten. Mit Ausbau des Deiches zum Polderdeich ist der vollständige Rückbau des bestehenden Sielbauwerks vorgesehen. Aus wasserwirtschaftlicher und auch naturschutzfachlicher Sicht ist das Siel nicht mehr erforderlich.

Im OW-Modell wird das Bauwerk nicht berücksichtigt.

Siel am Schöpfwerk Öberau

Das Siel am Schöpfwerk Öberau leitet das zufließende Wasser aus dem Hauptkanal in die untere Öberauer Schleife und ist ständig offen. Bei Füllung der Hochwasserrückhaltung wird das Siel geschlossen. Das Bauwerk ist im OW-Modell nicht berücksichtigt, da es beim Ist-Zustand im Hochwasserfall geschlossen wird und damit keine Auswirkungen auf die Hochwassersituation bestehen.

5.7.5 Düker unter dem Kößnach-Ableiter

Unter dem Kößnach-Ableiter ca. 500 m oberstrom der Mündung in die Donau (s. Abbildung 20) liegt ein Düker, der das Wasser aus der Grabensystem des Polders Sossau Ost in einen Entwässerungsgraben auf der östlichen Seite des Kößnach-Ableiters abführt. In dem Entwässerungsgraben fließt das Wasser bis zum Schöpfwerk Hornstorf.

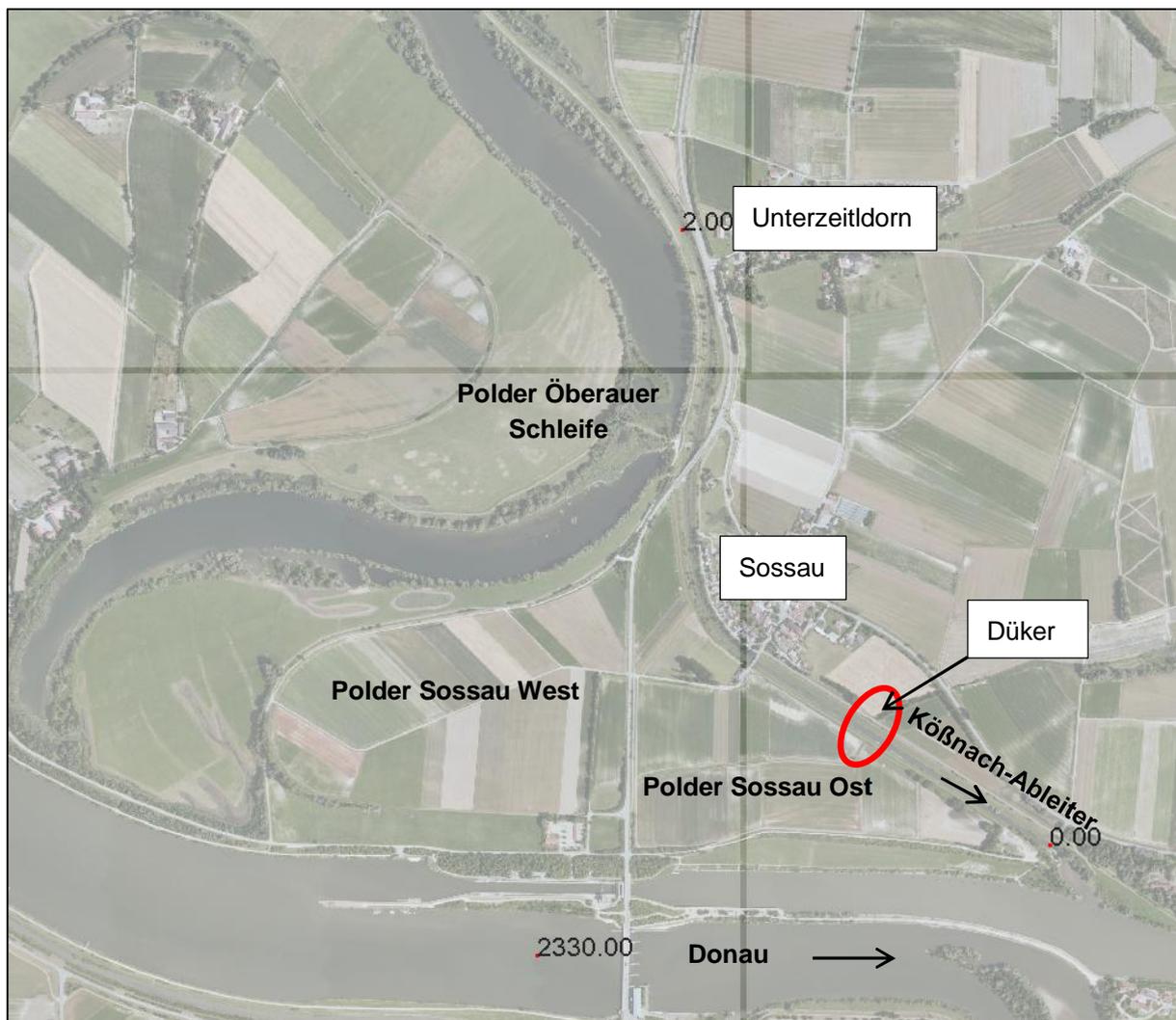


Abbildung 20: Lage des Dükers unter dem Kößnach-Ableiter

Der Düker wird beim Hochwasser geschlossen, um eine Überströmung der Ortschaften Sossau und Hornstorf zu vermeiden. Aus diesem Grund wird das Bauwerk nicht im OW-Modell berücksichtigt.

5.8 Materialbelegung

Die Materialbelegung und die Stricklerbeiwerte für die Materialien im OW-Modell für die Ist- und Plan-Zustandsberechnungen wurden aus dem Modell des Büros SKI und teilweise aus dem Modell der RMD übernommen. Die Materialbelegung ist in Abbildung 21 dargestellt.

Die Stricklerbeiwerte sind in Tabelle 9 aufgelistet. Im Vergleich zum Modell für Berechnungen mit HW 2013 wurden 6 Materialien verändert oder neu hinzugefügt. Die Änderungen sind in Tabelle 9 rot markiert. Materialien, die aus dem Modell der RMD übernommen wurden, sind den Material-IDs größer als 500 zugeordnet.

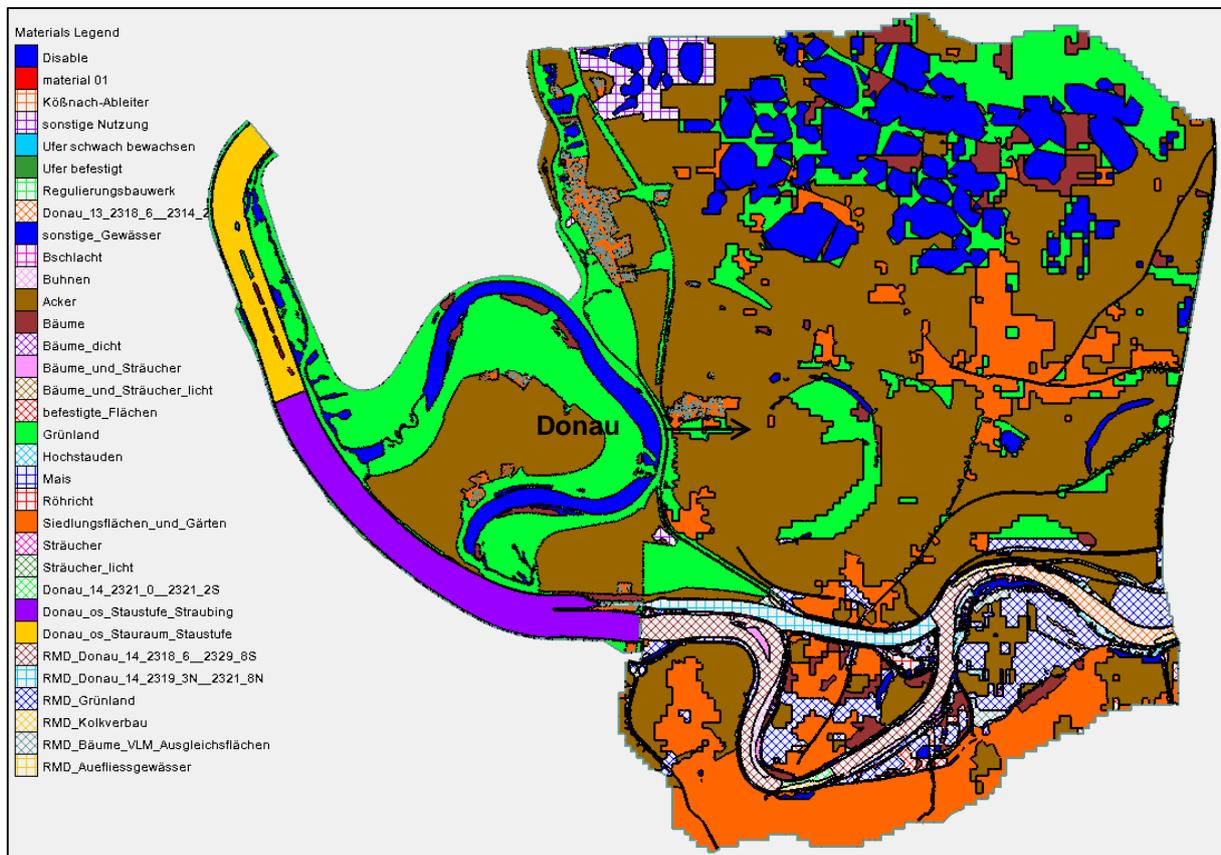


Abbildung 21: Materialbelegung im OW-Modell

Tabelle 9: Stricklerbeiwerte im OW-Modell

Material ID [-]	Materialbezeichnung	KSt $\frac{1}{s}$
-	Disable (nicht durchströmbare Elemente)	-
1	Ufer stark bewachsen	10

Material ID [-]	Materialbezeichnung	KSt $\frac{1}{s} \frac{m^3}{m^2}$
2	Kößnach-Ableiter	30
3	sonstige Nutzung	17
4	Ufer schwach bewachsen	20
5	Ufer befestigt	40
6	Regulierungsbauwerk	50
22	Donau_13_2318_6_2314_2	35
523	RMD_Donau_14_2318_6_2329_8S	43
524	RMD_Donau_14_2319_3N_2321_8N	47
25	sonstige_Gewässer	30
26	Bschlacht	28
27	Buhnen	30
31	Acker	20
32	Bäume	10
33	Bäume_dicht	7
35	Bäume_und_Sträucher	5
36	Bäume_und_Sträucher_licht	7
37	befestigte_Flächen	55
38	Grünland	20
39	Hochstauden	20
40	Mais	5
41	Röhricht	15
42	Siedlungsflächen_und_Gärten	10
43	Sträucher	5
44	Sträucher_licht	8
45	Donau_14_2321_0_2321_2S	35
46	Donau_os_Staustufe_Straubing	40
83	Donau_os_Stauraum_Staustufe	30
538	RMD_Grünland	28
546	RMD_Kolkverbau	30
547	RMD_Bäume_VLM_Ausgleichsflächen	10
563	RMD_Auefliessgewässer	40

5.9 Randbedingungen

Die nachfolgend beschriebenen Randbedingungen wurden im OW-Modell eingegeben.

5.9.1 Zulauf Randbedingungen

Im OW-Modell wird bei Donau-km 2336,0 der Zufluss der Donau modelliert. Die angesetzten Ganglinien der Donau für unterschiedliche Berechnungsszenarien sind in Kapitel 4.1 beschrieben. Der Zufluss der Kößnach wird im OW-Modell bei Kößnach km 5,5 angesetzt. Die angesetzten Ganglinien der Kößnach für alle Berechnungsszenarien sind in Kapitel 4.2 beschrieben.

Zusätzlich zu den Zuflüssen der Donau und der Kößnach wird für Berechnungen für HW 2013 unterstrom der Staustufe Straubing am rechten Donauufer der Zufluss der Großen Laber angesetzt (s. Kapitel 4.4).

Die Lage der angesetzten Zulauf Randbedingungen ist in Abbildung 22 dargestellt.

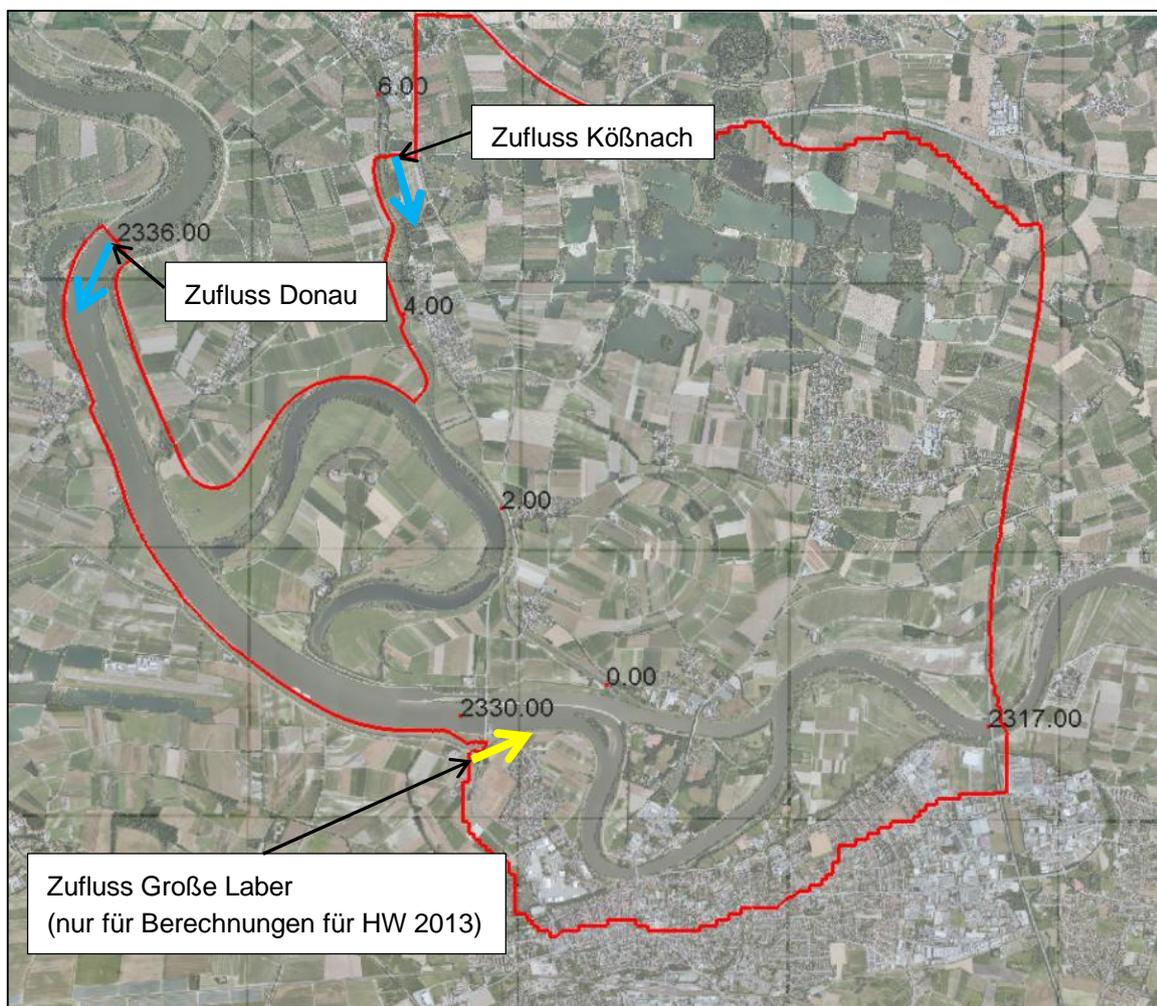


Abbildung 22: Zulauf Randbedingungen im OW-Modell

5.9.2 Auslaufrandbedingungen

Am unterstromigen Modellrand werden zwei Auslaufrandbedingungen modelliert, eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung (W/Q-Beziehung) in der Donau und eine Auslaufrandbedingung im Deichhinterland der Donaudeiche.

Die Randbedingung im Deichhinterland wurde allein bei stationären Berechnungen im Rahmen des ROV verwendet. In den aktuellen Untersuchungen zur Flutpolderwirkung wurden lediglich instationäre Berechnungen durchgeführt. Daher wurde die Randbedingungen im Deichhinterland für die aktuellen Berechnungen nicht beansprucht.

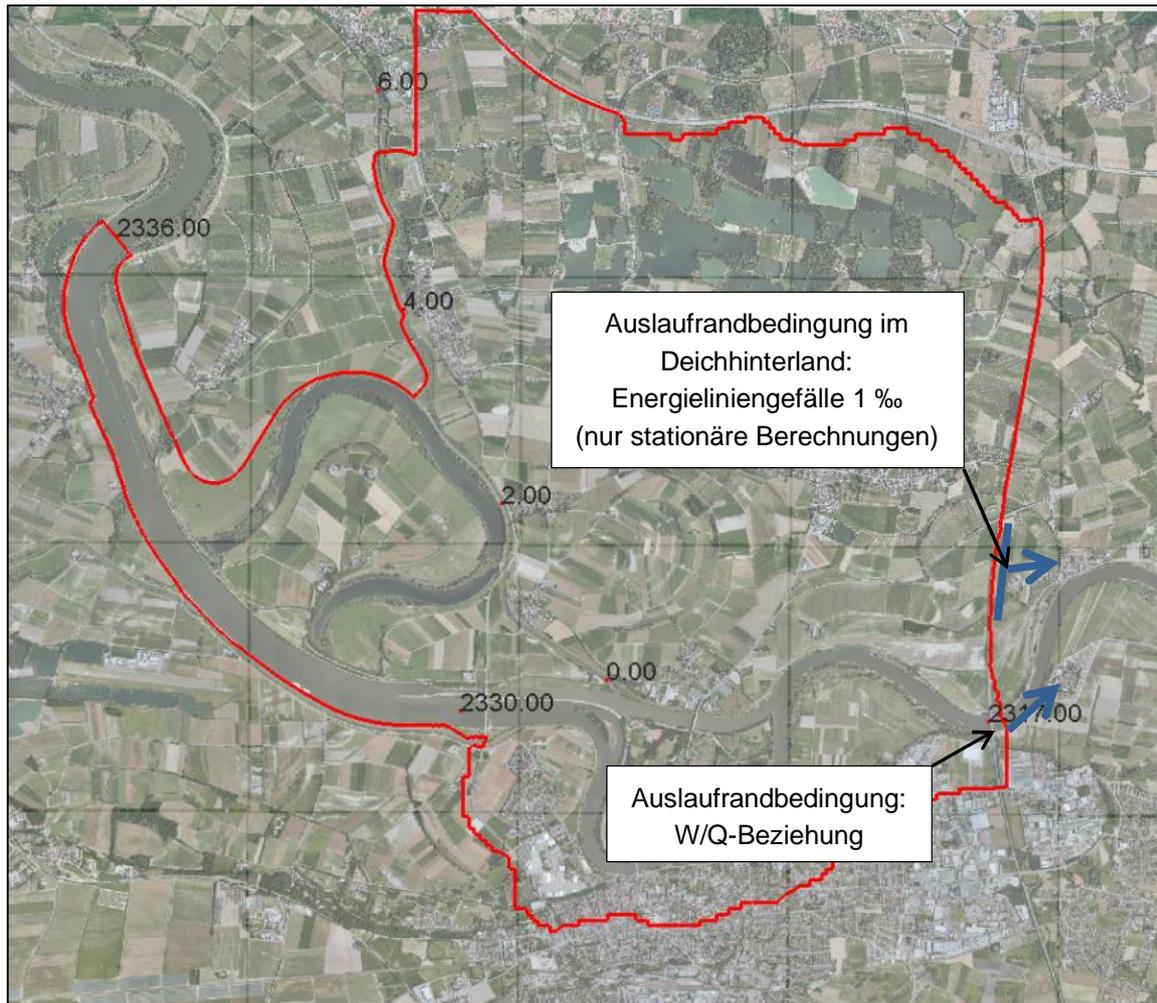


Abbildung 23: Lage der modellierten Auslaufrandbedingungen im OW-Modell

Die W/Q-Beziehung wird im OW-Modell bei Donau-km 2317,0 angesetzt. Die W/Q-Beziehung ist unterschiedlich für die Berechnungen für HW 2013 und für die anderen Berechnungen, weil beim realen Hochwasser 2013 der Donauausbau unterstrom der Staustufe Straubing noch nicht begonnen hatte.

Im Vergleich zu den im ROV durchgeführten Untersuchungen liegen die Werte der aktuellen W/Q-Beziehungen ab einem Abfluss von ca. 2.200 m³/s deutlich höher. Die angesetzten W/Q-Beziehungen sind in Tabelle 10 aufgelistet und in Abbildung 24 dargestellt. Für Abflüsse größer HQ100 (3.400 m³/s) sind die entsprechenden Wasserstände extrapoliert.

Tabelle 10: angesetzte W/Q-Beziehungen am unterstromigen Modellrand

Abfluss	Q [m³/s]	WSP nach Donauausbau [m NHN]	WSP Modell HW 2013 [m NHN]	WSP vorh. Untersuchungen - ROV [m NN]
MQ	463	313,47	313,41	313,50
	1100	315,51	315,46	315,44
Q bei HNN97	1375	316,22	316,13	316,18
	1600	316,73	316,67	316,71
Q5	1900	317,34	317,30	317,32
Q 10	2250	317,95	317,92	317,92
	2500	318,33	318,34	318,27
	2700	318,61	318,66	318,52
ca. HQ30	2820	318,77	318,84	318,66
	2880	318,85	318,93	318,73
	3000	319,00	319,11	318,85
HQ100	3400	319,48	319,67	319,22
HQ200	3700	319,83	320,07	319,45
HQ500	4100	320,32	320,60	319,75
HQ1000	4500	320,85	321,09	320,04

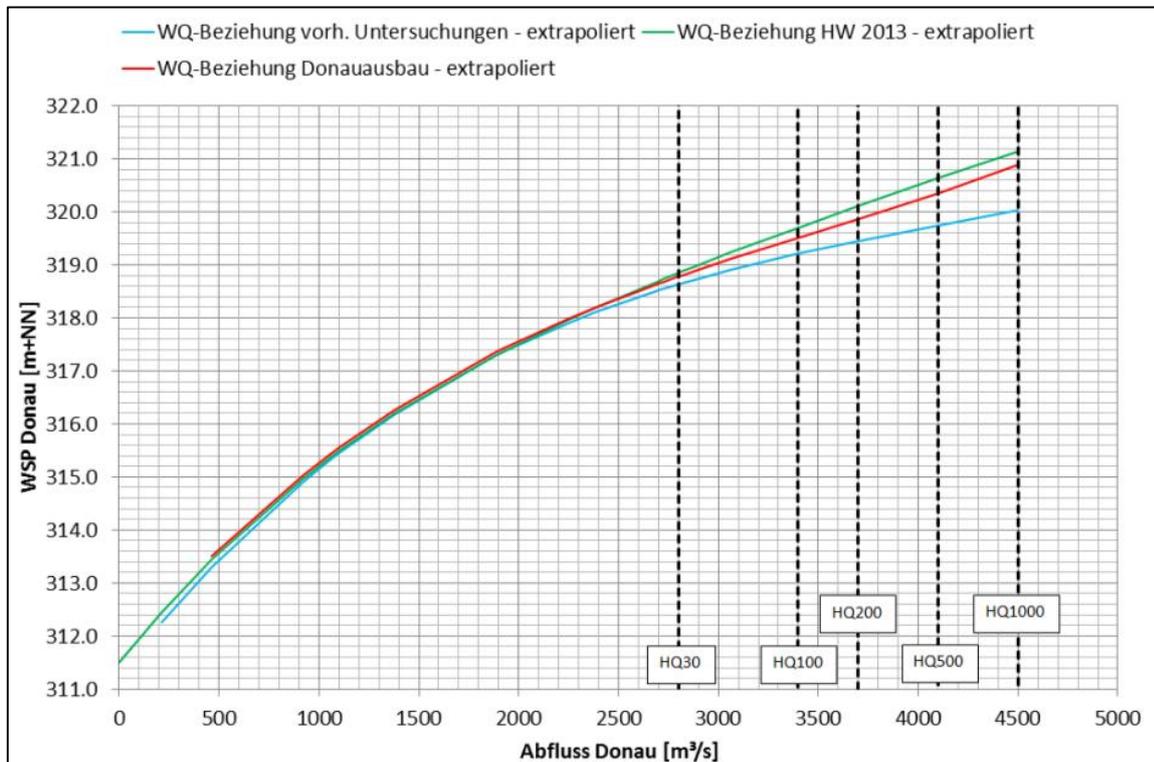


Abbildung 24: Vergleich der angesetzten W/Q-Beziehungen am unterstromigen Modellrand

5.9.3 Staustufe Straubing

Die Steuerung der Staustufe Straubing ist im OW-Modell mit einer W/Q-Beziehung modelliert und wurde aus dem vorhandenen Modell [3] übernommen. Das aus dem Modell an der Staustufe mit der W/Q-Beziehung entnommene Wasser wird dem Modell unterstrom der Staustufe an einem Nodestring (Zuflussrandbedingung) wieder zugegeben.

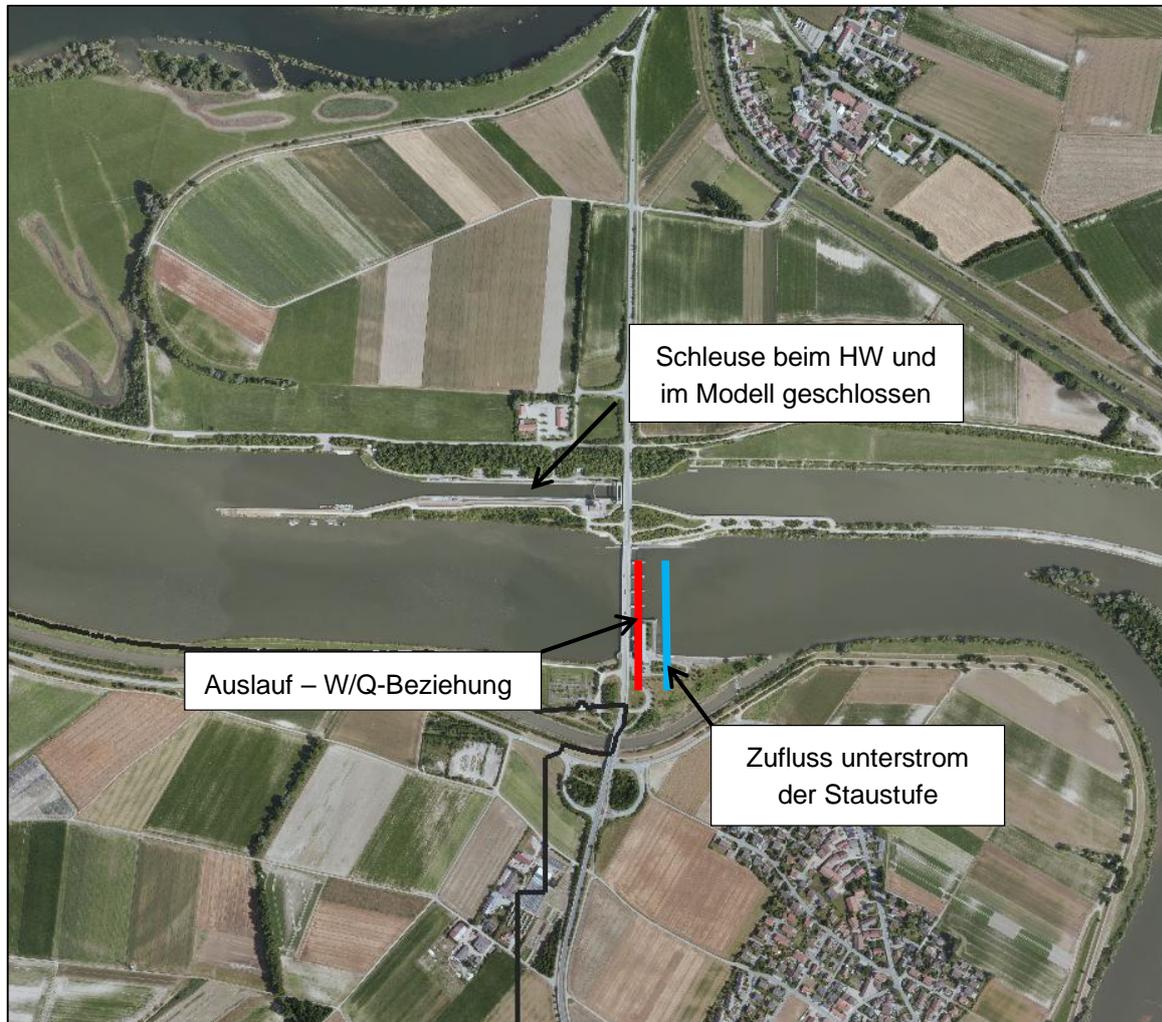


Abbildung 25: Staustufe Straubing im OW-Modell

Für seltenere Hochwasserereignisse, wie HQ300 wurde die Staustufe zusätzlich als 2D-Bauwerk modelliert, da bei Ereignissen $> HQ100$ ein konstanter Wasserspiegel von 320,00 m ü. NHN nicht mehr gehalten werden kann, s. Kapitel 3.5.

Damit ist die Steuerung an der Staustufe auch für seltene instationäre Berechnungen zu jedem Zeitpunkt des Rechenlaufes korrekt abgebildet.

Die Schiffschleuse an der Staustufe wird nicht zur Hochwasserabfuhr verwendet und ist deswegen im OW-Modell nicht modelliert (s. Abbildung 25).

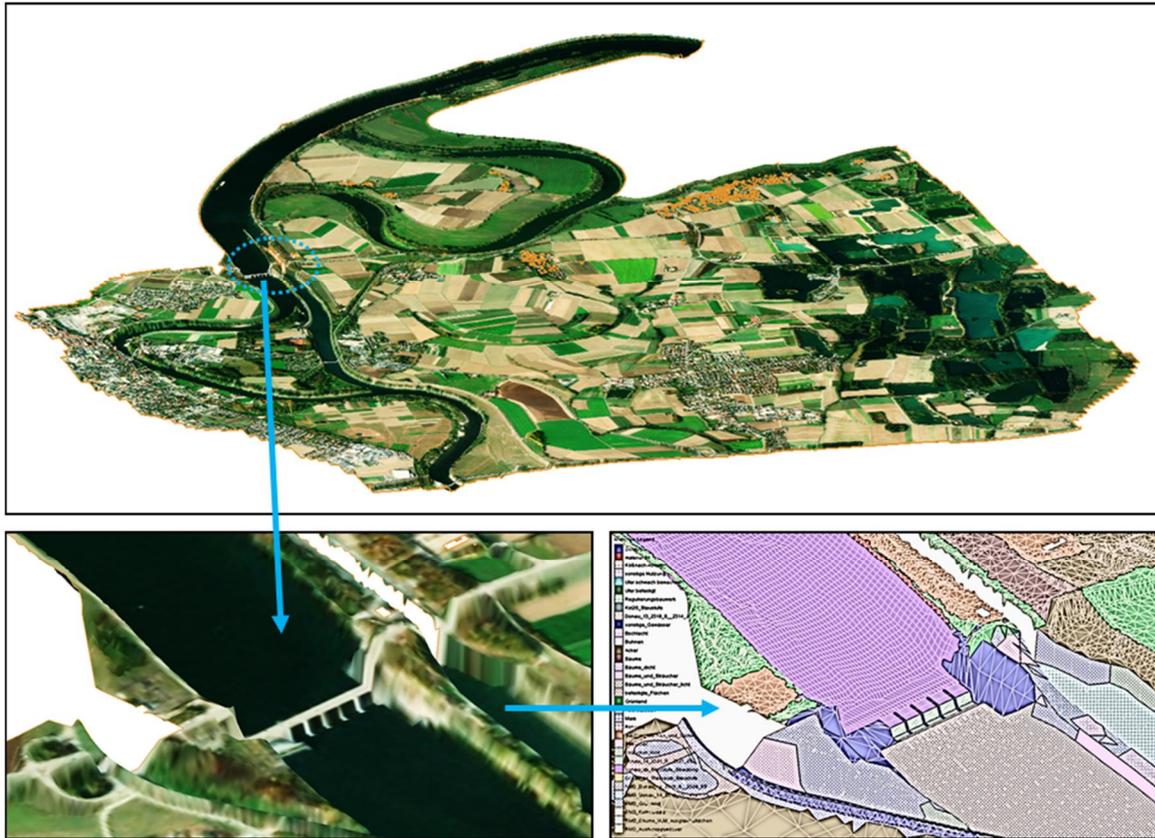


Abbildung 26: 2D-modellierte Staustufe Straubing im OW-Modell für HQ300

Die aus dem vorhandenen Modell [3] übernommene W/Q -Beziehung wurde zusätzlich mit den Wasserspiegellagen oberstrom der Staustufe aus der hydrotechnischen Berechnung zum Planfeststellungsverfahren der Staustufe Straubing [12] ergänzt.

Bei den bisher durchgeführten Untersuchungen [3] sowie den hydrotechnischen Berechnungen für die Staustufe Straubing [12] wurde gemäß der Betriebsvorschrift davon ausgegangen, dass das Stauziel an der Staustufe Straubing bis zu einem Abfluss von $3.400 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ100) gehalten werden kann.

Die aktuellen Erkenntnisse über die Wasserspiegellagen unterstrom der Staustufe Straubing (s. Kapitel 5.9.2) zeigen, dass die Wasserspiegellagen unterstrom der Staustufe Straubing höher liegen, als bei den bisher durchgeführten Untersuchungen angenommen wurde und damit einen Einfluss auf die Situation oberstrom der Staustufe haben. Die W/Q -Beziehung an der Staustufe Straubing war daher anzupassen, damit sie mit den unterstromigen Wasserspiegellagen infolge des Donauausbaus übereinstimmt.

Die W/Q -Beziehung an der Staustufe wurde somit ab einem Abfluss von $3.400 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht. Die Erhöhung erfolgte auf Basis der berechneten Wasserspiegel unterstrom der Staustufe mit der Berücksichtigung des Donauausbaus. Die Erhöhung wurde möglichst gering gehalten, um auf der sicheren Seite für den Betrieb des Einlaufbauwerks zu liegen (geringe Erhöhung führt zu einer leichten Unterschätzung der Leistungsfähigkeit des Einlaufbauwerks).

Die im OW-Modell verwendete W/Q -Beziehung (erhöht - rot) ist in Abbildung 27 zusammen mit der ursprünglichen W/Q -Beziehung (blau) dargestellt. Die Wasserspiegellagen sind für alle dargestellten Abflüsse in Tabelle 11 gegenübergestellt.

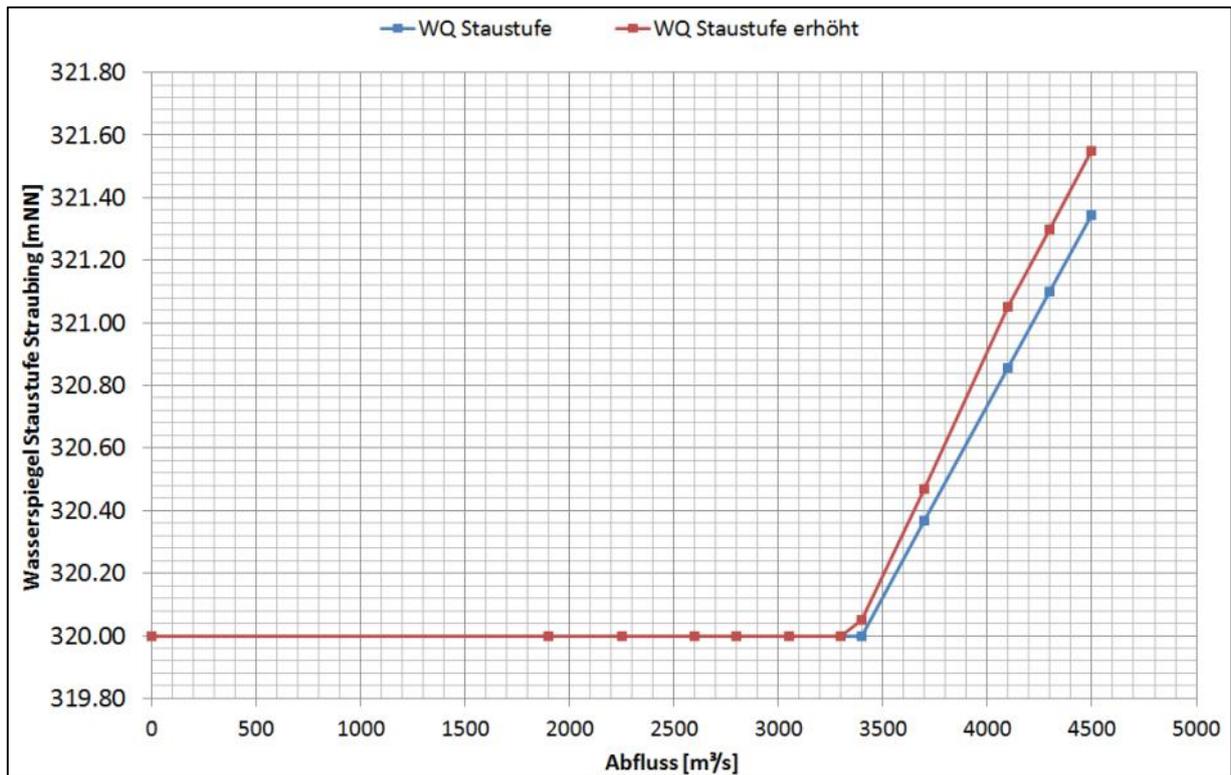


Abbildung 27: W/Q-Beziehung an der Staustufe Straubing im OW-Modell

Tabelle 11: W/Q-Beziehung an der Staustufe Straubing im OW-Modell

HQ	Q [m³/s]	WSP [m NN]	WSP erhöht [m NN]	angepasste WSP aktuelles Höhensystem* [m NHN]
	0	320,00	320,00	319,96
5	1900	320,00	320,00	319,96
10	2250	320,00	320,00	319,96
20	2600	320,00	320,00	319,96
30	2800	320,00	320,00	319,96
50	3050	320,00	320,00	319,96
	3300	320,00	320,00	319,96
100	3400	320,00	320,05	320,01
200	3700	320,37	320,47	320,43
500	4100	320,86	321,05	321,01
QA	4300	321,10	321,30	321,26
1000	4500	321,34	321,55	321,51

* Die angepasste WSPL an das aktuelle Höhensystem ergibt sich aus dem erhöhten WSPL minus 0,044 m

5.10 Anfangswasserspiegel in der Öberauer Schleife

Der Wasserspiegel in den beiden Teilen der Öberauer Schleife variiert im Laufe des Jahres in Abhängigkeit des Betriebsregimes, s. Abbildung 28 und [13]. Die unterschiedlichen Wasserspiegelhöhen haben eine Auswirkung auf das zur Verfügung stehende Retentionsvolumen des Flutpolders. Für eine Vergleichbarkeit der durchzuführenden Rechenläufe werden alle Berechnungen mit dem gleichen Anfangswasserspiegel in der Öberauer Schleife durchgeführt.

Als Anfangswasserspiegel für die hydraulischen Berechnungen im Oberflächenwassermodell werden die gestützten Wasserstände gemäß dem derzeitigen Betriebsregime des WSA Regensburg [13] verwendet:

- Obere Öberauer Schleife = 316,20 m ü. NN = 316,16 m ü. NHN
- Untere Öberauer Schleife = 315,80 m ü. NN = 315,76 m ü. NHN

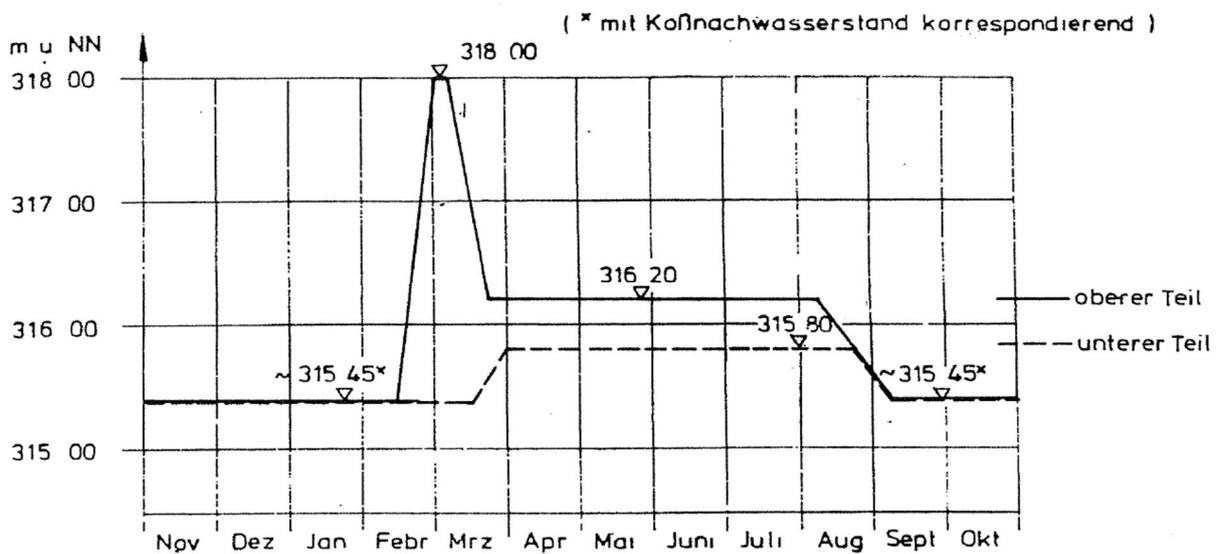


Abbildung 28: Wasserstandsverlauf in der Öberauer Schleife im Laufe des Jahres; Quelle: [13]

5.11 Berechnungseinstellungen

Die Berechnungen mit den einzelnen OW-Modellen werden mit den in Tabelle 12 aufgelisteten Berechnungseinstellungen durchgeführt.

Tabelle 12: Einstellungen in den OW-Modellen

Parameter	Wert
Berechnungszeitschritt	7200 s
Zeitintervall für Speichern der Ergebnisse SMS	7200 s
Zeitintervall Q_Strg	3600 s
H min	0,01 m
V max	15 m/s
A min	10 m ²
CMUVISC	0,6
CFL	0,8
Simulationsdauer für HW 2011 und 2013	878400 s (10,16 Tage)
Simulationsdauer für HW 2002	435600 s (5,04 Tage)
Simulationsdauer für HW1988	1173600 s (13,58 Tage)

6 Überprüfung der Modellkalibrierung

Das vorhandene OW-Modell aus dem ROV wurde bereits vor der Durchführung der bisherigen Untersuchungen kalibriert [3]. Mit der Kalibrierung wurden die Stricklerbeiwerte für die Materialien bestätigt. Nach Aktualisierung der unterstromigen Auslauftrandbedingung, s. Kapitel 5.9.2 wurde die Kalibrierung des Modells überprüft.

6.1 Bisher durchgeführte Kalibrierung

Die Kalibrierung des vorhandenen OW-Modells vom Büro SKI (s. Kapitel 5.3) wurde mit Werten aus der Wasserspiegelfixierung für das Hochwasserereignis von 08/2002 durchgeführt. Im Laufe der Kalibrierung wurden die Stricklerbeiwerte im Modell angepasst. Die Berechnungsergebnisse nach der Kalibrierung stimmen tendenziell gut mit den Wasserspiegelfixierungen überein (Differenzen zw. +3 cm und -11 cm), siehe [3].

6.2 Überprüfung mit Hochwasser 2013

Eine Überprüfung der Stricklerbeiwerte nach der Änderung der unterstromigen Auslaufrandbedingung wurde mit den Wasserspiegelfixierungen für das HW 2013 durchgeführt. Die maximalen berechneten Wasserspiegelhöhen für HW 2013 im Ist-Zustand wurden mit den Wasserspiegelfixierungen verglichen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 29 dargestellt (WSP-Fixierungen = rot; Berechnungsergebnisse = schwarz).

Der Vergleich zwischen den Wasserspiegelfixierungen mit den Ergebnissen aus der Berechnung zeigt eine minimale Differenz von 0,00 m und eine maximale Differenz von 0,1 m. Damit liegen die Differenzen im Bereich des Genauigkeitsgrades des verwendeten Berechnungsmodells von < 0,1 m.

Die Berechnungsergebnisse stimmen mit den Wasserspiegelfixierungen damit sehr gut überein. Vor allem im Bereich des Pegels Straubing ergeben sich sehr geringe Differenzen zwischen den berechneten und den gemessenen Werten. Dadurch wird bestätigt, dass das Modell auch bei Berechnungen für seltene Hochwasserabflüsse gute Ergebnisse liefert.

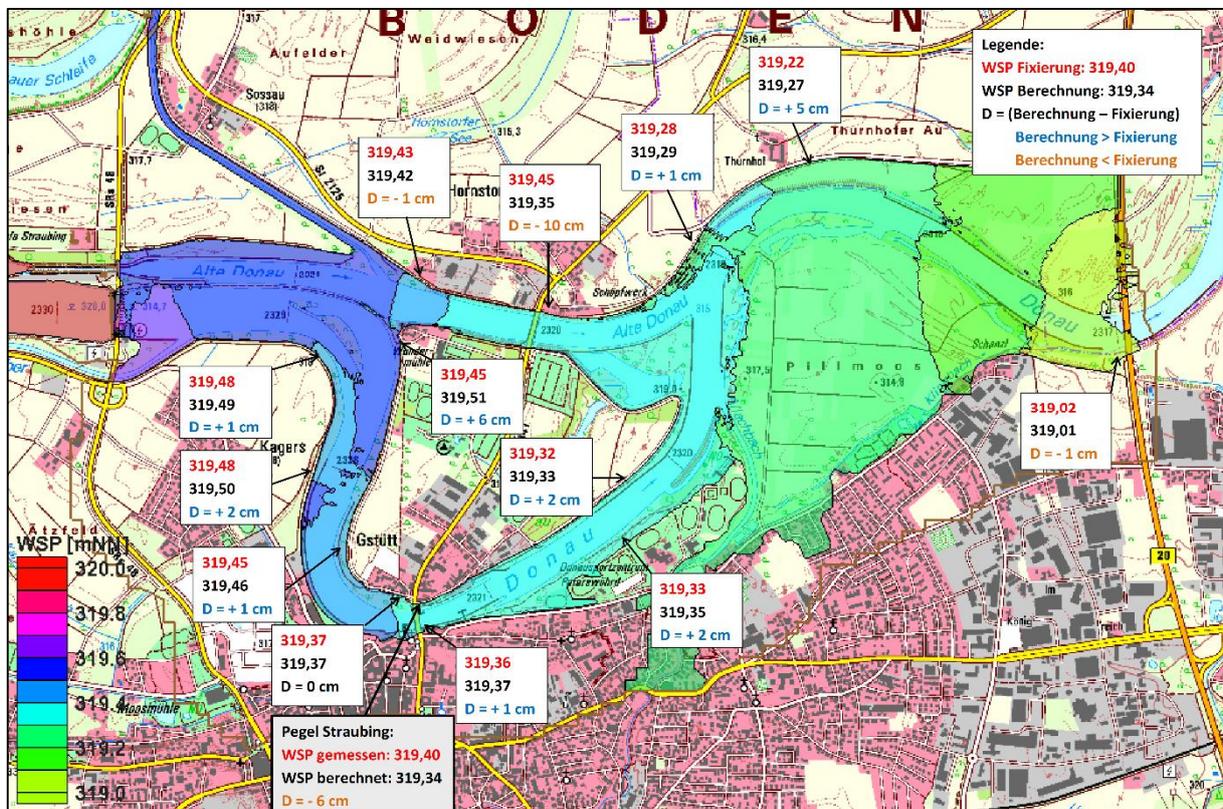


Abbildung 29: Vergleich der Berechnung für HW 2013 mit der Wasserspiegelfixierung HW 2013

7 Modellanpassungen im Plan-Zustand

In den Modellen für den Plan-Zustand wurden die folgenden Bauwerke anhand einer 2D-Modellierung bzw. anhand von W/Q-Beziehungen implementiert:

Nr.	Bauwerksbezeichnung	Modellierungsmethode	Bemerkungen
1	Einlaufbauwerk (EBW)	2D / Nodestring*	9-feldriges Bauwerk (à 6 m) mit doppelten ca. 3 m hohen Verschlüssen
2	Ersatzneubau Stauhaltungsdamm	2D	Verbindung zwischen bestehendem Damm und Einlaufbauwerk (im Einlaufbereich, Fließrichtung links)
3	Auslaufbauwerk (ABW)	2D / Nodestring*	im Deich integriertes Bauwerk mit 4 Durchlässen und Schützen
4	Verbindungsbauwerk (VBW)	2D / Nodestring*	In Trenndamm integriertes Bauwerk mit 4 Durchlässen und Schützen, überstaubar
5	Flutpolderdeiche	2D	Innendichtung mit Spundwand
6	Geländemodellierung „Hagen“	2D	Hydraulische Wirkung gering
7	Deichlücken bzw. Deichschlitzungen	2D	Hydraulische Wirkung gering
8	Durchlassbauwerk Polder Oberau	2D / Nodestring*	einfaches Durchlassbauwerk
9	Ökologisches Durchlassbauwerk Oberau Nord	2D / Nodestring*	moderates Durchlassbauwerk mit beidseitigen Trockenbermen
10	Siel Oberau Nord	2D / Nodestring*	moderates Siel mit Schachtbauwerk
11	Siel Oberau Süd	2D / Nodestring*	moderates Siel mit Schachtbauwerk
12	Ökologisches Durchlassbauwerk Oberau Süd	2D / Nodestring*	komplexes Durchlassbauwerk mit beidseitigen Trockenbermen, bestehend aus Wellstahlprofilen
13	Entleerungskanal Polder Sossau	2D / Nodestring*	separates Einlaufbauwerk, Kreuzungs- bzw. Schachtbauwerk, Druckkanal und separates Auslaufbauwerk

* für die Nodestring-Randbedingung wurde eine W/Q-Beziehung definiert.

Die Standorte einzelner Bauwerke wurden im Rahmen der Vorplanung untersucht und festgelegt, s. Teilbericht in Unterlage 1-03. Der Standort und die Lage des Einlaufbauwerks zur Donau und HWR wurde in Voruntersuchungen so optimiert, dass eine günstige Anströmung von der Donau zum Bauwerk und in die HWR erfolgt.

Die Nodestring-Randbedingungen für das Einlauf- und Auslaufbauwerk wurden im Modell als „**Einlauf/Auslauf-Abflussganglinie**“ definiert. Die Abflussganglinien wurde für die jeweilige Welle analytisch ermittelt. Die Entleerung über das Auslaufbauwerk beginnt unmittelbar, wenn das Stauziel im Flutpolder erreicht wurde und die Wasserstände im Kößnach-Ableiter niedriger als im Flutpolder liegen.

8 Einsatzziel Scheitelreduktion - Berechnungen und Ergebnisse

8.1 Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen

Es wurden instationäre Berechnungen für verschiedene Wellen zur Simulation der Rückhaltewirkung im Ist-Zustand (ungesteuerte Retention) und für das Einsatzziel der Scheitelreduktion im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) durchgeführt. Die Scheitelreduktion bezeichnet hierbei die Reduzierung des Hochwasserscheitels auf einen schadlosen Abfluss durch Einsatz des gesamten Flutpoldervolumens oder eines Teilvolumens.

Eine Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen im OW-Modell für den Ist-Zustand und das Einsatzziel der Scheitelreduktion zeigt die nachstehende Tabelle.

Tabelle 13: Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen für das Einsatzziel Scheitelreduktion

HW-Welle	Ist / Plan	Deichbruch	Beschreibung	Kartendarstellung
Ganglinien auf Basis des Hochwasserereignisses 2011 (Welle mit mittlerem Volumen)				
HQ30	Ist	ohne ⁽²⁾	ohne unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 1
HQ30	Plan	ohne ⁽²⁾	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 13
HQ100	Ist	ohne	mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 2
HQ100	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 200 m und mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	Anlage 3
HQ100	Plan	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 14
HQ200	Ist	ohne	mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 4
HQ200	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 200 m und mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	Anlage 5
HQ200	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 700 m und Zeitpunkt Deichbruch bei HQ30 sowie mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	keine
HQ200	Plan	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 15
HQ300	Ist	ohne	mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	keine
HQ300	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 200 m und mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	keine

HW-Welle	Ist / Plan	Deichbruch	Beschreibung	Kartendarstellung
HQ300	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 700 m und Zeitpunkt Deichbruch bei HQ30 sowie mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	keine
HQ300	Plan	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Keine
Ganglinien auf Basis des Hochwasserereignisses 1988 (breite Welle)				
HQ30	Ist	ohne ⁽²⁾	ohne unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 6
HQ30	Plan	ohne ⁽²⁾	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 16
HQ100	Ist	ohne	mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 7
HQ100	Plan	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 17
HQ200	Ist	ohne	mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 8
HQ200	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 700 m und Zeitpunkt Deichbruch bei HQ30 sowie mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	keine
HQ200	Plan	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 18
HQ300	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 700 m und Zeitpunkt Deichbruch bei HQ30 sowie mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	keine
HQ300	Plan	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	keine
HQ200 D	Ist	ohne	Hochwasserwelle mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) und mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	keine
HQ200 D	Plan	ohne	Hochwasserwelle mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) und mit Einsatz Hochwasserrückhaltung (Kappung zweiter Scheitel)	keine
HQ300 D	Ist	ohne	Hochwasserwelle mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) und mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	keine
HQ300 D	Plan	ohne	Hochwasserwelle mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) und mit Einsatz Hochwasserrückhaltung (Kappung beider Scheitel)	keine
Ganglinien auf Basis des Hochwasserereignisses 2002 (spitze Welle)				
HQ30	Ist	ohne ⁽²⁾	ohne unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 9
HQ30	Plan	ohne ⁽²⁾	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 19
HQ100	Ist	ohne	mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 10
HQ100	Plan ⁽¹⁾	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 20
HQ200	Ist	ohne	mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 11

HW-Welle	Ist / Plan	Deichbruch	Beschreibung	Kartendarstellung
HQ200	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 700 m und Zeitpunkt Deichbruch bei HQ30 sowie mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	keine
HQ200	Plan ⁽¹⁾	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 21
HQ300	Ist	mit	Deichbruch mit Breschenbreite 700 m und Zeitpunkt Deichbruch bei HQ30 sowie mit unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife	keine
HQ300	Plan ⁽¹⁾	ohne	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	keine
Ganglinien auf Basis des Hochwasserereignisses 2013 (Realereignis)				
HQreal	Ist	ohne ⁽²⁾	ohne unkontrollierter Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife infolge Deichüberströmung	Anlage 12
HQreal	Plan	ohne ⁽²⁾	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anlage 22

Anmerkungen:

- (1) Da das Einlaufbauwerk auf die Bemessungsganglinie eines HW 2011 ausgelegt wird, sind die Berechnungen für HW 2002 mit der maximalen Leistungsfähigkeit des Einlaufbauwerks (8+1 Felder) sowie mit zusätzlichem Einsatz des Auslaufbauwerks durchzuführen.
- (2) Ein Deichbruch ist nicht zu erwarten, da die Wasserstände bei HQ30 bzw. HW2013 niedriger liegen als die Deichkronen am Kößnach-Ableiter.

Bei den Berechnungen im Plan-Zustand erfolgten alle Scheitelkappungen bei den Hochwasserwellen 2011, 1988 und 2013 durch das geplante Einlaufbauwerk des Flutpolders.

Aufgrund der sehr spitzen Ganglinie wurden bei den Hochwasserwellen auf Basis HW 2002 zur optimalen Kappung neben dem Einlaufbauwerk auch das Auslaufbauwerk des Flutpolders verwendet. Zusätzlich wurde das (n-1)-Feld als neuntes Wehrfeld am Einlaufbauwerk für die Flutung herangezogen. Der zeitliche Ablauf mit Einsatz des Einlauf- und Auslaufbauwerks wurde wie folgt angesetzt:

- Beginn Flutung über neun Wehrfelder am Einlaufbauwerk
- ca. 5 Stunden nach Flutungsbeginn wird zusätzlich das Auslaufbauwerk zur Kappung des Scheitels geöffnet
- nach weiteren ca. 10 Stunden (Scheiteldurchgang abgeschlossen) wird die Flutung über das Auslaufbauwerk eingestellt und die restliche Flutung bis zum Stauziel erfolgt über die neun Wehrfelder am Einlaufbauwerk

8.2 Ergebnisdarstellungen

Die Ergebnisse der Berechnungen zur Retentionswirkung im Ist- und Plan-Zustand wurden in den Anhängen A bis D ausgewertet. Die zugehörigen Kartendarstellungen sind in den Anlagen enthalten. Dabei werden folgende Ergebnisse in den Karten dargestellt:

- maximale Fließtiefen und Wasserspiegelisolinen,
- maximale Fließgeschwindigkeiten,
- maximale Sohlschubspannungen,
- maximale Einstaudauer.

Für die nachstehenden Wellen erfolgte nach Tabelle 13 die Ergebnisdarstellung nur in den Anhängen. Auf Kartendarstellungen wurde verzichtet.

- HQ200-Ist mit Deichbruch (700 m) für HW 2011, HW 1988 und HW 2002
- HQ300-Ist mit Deichbruch (700 m) für HW 2011, HW 1988 und HW 2002
- HQ300-Ist ohne und mit Deichbruch (200 m) für HW 2011
- HQ300-Plan für HW 2011, HW 1988 und HW 2002
- HQ200 Doppelwelle HW 1988 (Ist- und Plan-Zustand)
- HQ300 Doppelwelle HW 1988 (Ist- und Plan-Zustand)

Die in den Anhängen und in den nachfolgenden Kapiteln angegebenen Wasserspiegelabsenkungen und Abflussreduzierungen wurden auf die jeweiligen Ist-Zustände bezogen. Bei den Wasserspiegelabsenkungen stellen die Ist-Zustände die Bezugsbasis dar, so dass im Ist-Zustand keine Reduzierung angegeben wird. Bei den Abflussreduzierungen ist die Bezugsbasis hingegen der max. Scheitelwert der jeweiligen Zuflussganglinie, so dass auch für die Ist-Zustände eine Reduzierung angegeben werden kann.

8.3 Ergebnisse bei HQ30

- Anhang A bis Anhang D (Wasserstände, Abflussganglinien)
- Anlagen 1, 6, 9 (Ist-Zustand)
- Anlagen 13, 16, 19 (Plan-Zustand)

Bei einem HQ30 = 2.800 m³/s werden die Kößnachdeiche im Ist-Zustand unabhängig von der Wellenform durch das Hochwasser in der Donau und den Rückstau in den Kößnach-Ableiter nicht überströmt. Der maximale Wasserspiegel in der Kößnach weist nur ein sehr geringes Gefälle (Fließrichtung in die Donau) auf. Im Bereich der beiden Schleifenteile, des Polders Öberau und des Polders Sossau treten im Ist-Zustand keine Überschwemmungen auf und der maximale Wasserspiegel in der Oberauer Schleife entspricht den Anfangswasserspiegeln (s. Kapitel 5.10).

An der Staustufe Straubing wird der Wasserspiegel beim HQ30 auf dem Stauzielniveau gehalten.

Infolge der im Ist-Zustand fehlenden Flutung der Retentionsräume an der Öberauer Schleife erfolgt bei Einsatz des Flutpolders im Plan-Zustand eine hohe Rückhaltewirkung, siehe Tabelle 14.

Bei einer breiten Welle, wie auf Basis HW 1988, ist die Abflussreduzierung und die Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter aufgrund der großen Abflussfülle eher moderat. Bei einer spitzen Welle, wie auf Grundlage HW 2002, ist die Wirkung des geplanten Flutpolders aufgrund der geringen Fülle des Ereignisses hingegen sehr hoch. Beide Wellen zeigen die Bandbreite der Wirkung bei HQ30 auf.

Ein HQ30-Ereignis in der Donau mit mittlerem Volumen, wie auf Basis HW 2011 zeigt im Plan-Zustand eine große Abflussreduzierung und eine große Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter.

Tabelle 14: Vergleich der Wellen bei HQ30

HW	HQ	IZ/PZ	Deichbruch	WSP Donau Absenkung (-) / Erhöhung (+)	Donau Abfluss- reduzierung	WSP Kößnach Absenkung (-) / Erhöhung (+)	beanspruchtes Retentions- volumen
				[cm]	[m³/s]	[cm]	[Mio.m³]
1988 2002 2011	HQ30	IZ	ohne	im Ist-Zustand keine Flutung			
1988	HQ30	PZ	ohne	-14	111	-5	14,0
2002	HQ30	PZ	ohne	-31	238	-25	14,0
2011	HQ30	PZ	ohne	-24	175	-12	14,0

Anmerkung: Wasserspiegelabsenkung und Abflussreduzierung ermittelt am Donau-km 2320,000.

8.4 Ergebnisse bei HW 2013

- Anhang A bis Anhang D (Wasserstände, Abflussganglinien)
- Anlage 12 (Ist-Zustand) und Anlage 22 (Plan-Zustand)

Beim realen Hochwasser 2013 wurde am Standort der Öberauer Schleife nahezu ein HQ30 in der Donau erreicht. Die Kößnachdeiche wurden trotz des Rückstaus in den Kößnach-Ableiter nicht überströmt. Im Bereich der Öberauer Schleife traten keine Überschwemmungen auf.

An der Staustufe Straubing wird der Wasserspiegel beim HW 2013 auf dem Stauzielniveau gehalten.

Analog den Berechnungen zum HQ30, siehe Kapitel 8.3, wäre die Wirkung beim Hochwasser im Jahr 2013 und Einsatz des geplanten Flutpolders mit einer Scheitelreduktion von ca. 168 m³/s und einer Wasserspiegelabsenkung in der Donau von ca. 25 cm vergleichsweise groß gewesen.

Tabelle 15: Vergleich der Wellen bei HW 2013

HW	HQ	IZ/PZ	Deichbruch	WSP Donau Absenkung (-) / Erhöhung (+)	Donau Abfluss- reduzierung	WSP Kößnach Absenkung (-) / Erhöhung (+)	beanspruchtes Retentions- volumen
				[cm]	[m³/s]	[cm]	[Mio.m³]
2013	HQreal	IZ	ohne	im Ist-Zustand keine Flutung			
2013	HQreal	PZ	ohne	-25	168	-27	14,0

8.5 Ergebnisse bei HQ100

- Anhang A bis Anhang D (Wasserstände, Abflussganglinien)
- Anlagen 2, 3, 7, 10 (Ist-Zustand)
- Anlagen 14, 17, 20 (Plan-Zustand)

Bei einem HQ100 = 3.400 m³/s in der Donau wird im Ist-Zustand der rechte Kößnachdeich zum Polder Sossau Ost durch das Hochwasser in der Donau und den Rückstau in den Kößnach-Ableiter überströmt. Die Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing wurden mit dem Ausbaugrad HQ100 gemäß Donauausbau angesetzt und werden hingegen nicht überströmt.

Infolge der Überströmung des rechten Kößnachdeiches treten im Ist-Zustand Überschwemmungen in den beiden Schleifenteilen, dem Polder Öberau und dem Polder Sossau auf.

Die Überströmung des rechten Kößnachdeiches wird in den Berechnungen mit und ohne anschließenden Deichbruch berücksichtigt, s. Kapitel 5.6.7.

An der Staustufe Straubing kann beim HQ100 das Stauzielniveau gehalten werden.

Infolge der bereits im Ist-Zustand in Anspruch genommenen Retentionsflächen an der Oberauer Schleife (ungesteuerte Retention) ist die Rückhaltewirkung im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) nicht so hoch wie bei HQ30, siehe Tabelle 16.

Die Retentionswirkung im Ist-Zustand ist davon abhängig, ob am rechten Kößnachdeich ein Deichbruch auftritt oder nicht, siehe auch Anlage C-1. Beim Ist-Zustand mit Deichbruch fließt mehr Wasser in die Retentionsräume an der Oberauer Schleife und führt zu einer größeren Abflussreduzierung und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter als beim Ist-Zustand ohne Deichbruch.

Tabelle 16: Vergleich der Wellen bei HQ100

HW	HQ	IZ/PZ	Deichbruch	WSP Donau Absenkung (-) / Erhöhung (+)	Donau Abfluss- reduzierung	WSP Kößnach Absenkung (-) / Erhöhung (+)	beanspruchtes Retentions- volumen
				[cm]	[m³/s]	[cm]	[Mio.m³]
2011	HQ100	IZ	ohne	-	75	-	3,4
2011	HQ100	IZ	200m	-4	114	-10	11,4
2011	HQ100	PZ	ohne	-9 ... -13	185	-9 ... +1	14,0
1988	HQ100	IZ	ohne	-	80	-	6,9
1988	HQ100	PZ	ohne	-4	119	+/-0	14,0
2002	HQ100	IZ	ohne	-	74	-	2,0
2002	HQ100	PZ	ohne	-22	259	-19	14,0

Anmerkung: Wasserspiegelabsenkung und Abflussreduzierung ermittelt am Donau-km 2320,000.

Im Plan-Zustand ist die Rückhaltewirkung dennoch größer als bei den Ist-Zuständen. Die Größe der Wasserspiegel- und Abflussreduktion hängt jedoch stark von der Wellenform ab. Es können folgende Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen abgeleitet werden:

- Je spitzer die Welle ist (z. B. auf Basis HW 2002), umso weniger Wasser kann im Ist-Zustand durch Überströmung des Kößnachdeiches in die Retentionsräume an der Oberauer Schleife einströmen, siehe Anlage 10-1. Der Vergleich mit dem Ist-Zustand zeigt im Plan-Zustand eine große Abflussreduktion und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter.
- Je breiter die Welle ist (z. B. auf Basis HW 1988), umso mehr Wasser kann im Ist-Zustand durch Überströmung des Kößnachdeiches in die Retentionsräume an der Oberauer Schleife einströmen, siehe Anlage 7-1. Der Vergleich mit dem Ist-Zustand zeigt im Plan-Zustand dann nur noch eine geringfügig größere Abflussreduktion und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter.
- Ein Deichbruch im Ist-Zustand führt zu einer größeren Überflutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife. Die Retentionswirkung steigt im Vergleich mit dem Ist-Zustand ohne Deichbruch.

- Bei einem HQ100-Ereignis in der Donau mit mittlerem Volumen, wie auf Basis HW 2011 ist bei Vergleich mit dem Ist-Zustand mit und ohne Deichbruch dennoch eine moderate Abflussreduzierung und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter zu erwarten.

8.6 Ergebnisse bei HQ200

○ Anhang A bis Anhang D (Wasserstände, Abflussganglinien)

○ Anlagen 4, 5, 8, 11 (Ist-Zustand)

○ Anlagen 15, 18, 21 (Plan-Zustand)

Wie bei HQ100 wird auch bei HQ200 = 3.700 m³/s in der Donau gegenwärtig der rechte Kößnachdeich zum Polder Sossau Ost durch das Hochwasser in der Donau und den Rückstau in den Kößnach-Ableiter überströmt. Die anderen Kößnachdeiche sind mit Höhen von 320,61 ... 320,91 m ü. NHN (Ortslage Sossau) bzw. 320,54 m ü. NHN (Ortslage Kößnach) ausreichend hoch, um bei HQ200 nicht überströmt zu werden.

Die Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing wurden mit dem Ausbaugrad HQ100 gemäß Donauausbau angesetzt und werden auch bei HQ200 nicht überströmt. Es kommt jedoch zur Inanspruchnahme des ca. 1,0 m hohen Freibords an den Donaudeichen.

Infolge der Überströmung des rechten Kößnachdeiches treten im Ist-Zustand Überschwemmungen in den beiden Schleifenteilen, dem Polder Oberau und dem Polder Sossau auf. Sämtliche Retentionsflächen werden nahezu vollflächig überflutet. Die Überströmung des rechten Kößnachdeiches wird in den Berechnungen mit und ohne anschließenden Deichbruch berücksichtigt, s. Kapitel 5.6.7.

An der Staustufe Straubing kann beim HQ200 das Stauzielniveau nicht mehr gehalten werden, da unterstrom der Staustufe der maximale Wasserstand über dem Stauzielniveau von 320,20 m ü. NHN liegt.

Infolge der bereits im Ist-Zustand in Anspruch genommenen Retentionsflächen an der Oberauer Schleife (ungesteuerte Retention) ist die Rückhaltewirkung im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) nicht so hoch wie bei HQ30 oder HQ100, siehe Tabelle 17.

Tabelle 17: Vergleich der Wellen bei HQ200

HW	HQ	IZ/PZ	Deichbruch	WSP Donau	Donau	WSP Kößnach	beanspruchtes
				Absenkung (-) / Erhöhung (+)	Abfluss- reduzierung	Absenkung (-) / Erhöhung (+)	
				[cm]	[m³/s]	[cm]	[Mio.m³]
2011	HQ200	IZ	ohne	-	169	-	9,8
2011	HQ200	IZ	200m	+1	163	+9	13,3
2011	HQ200	IZ	700m	+5	121	+13	15,1
2011	HQ200	PZ	ohne	-2 ... -7	189	-8 ... +5	14,0
1988	HQ200	IZ	ohne	-	35	-	10,9
1988	HQ200	IZ	700m	+2	21	+1	15,9
1988	HQ200	PZ	ohne	-10 ... -12	120	-10... -12	14,0
2002	HQ200	IZ	ohne	-	170	-	7,3
2002	HQ200	IZ	700m	0	168	-11	13,2
2002	HQ200	PZ	ohne	-13	280	+7 ... +17	14,0

Anmerkung: Wasserspiegelabsenkung und Abflussreduzierung ermittelt am Donau-km 2320,000.

Im Plan-Zustand ist die Rückhaltwirkung bei HQ200 dennoch größer als bei den Ist-Zuständen. Die Größe der Wasserspiegel- und Abflussreduktion hängt jedoch stark von der Wellenform ab und ob und wie groß ein Deichbruch am rechten Kößnachdeich ausfällt. Es können folgende Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen für HQ200 abgeleitet werden:

- Je spitzer die Welle ist (z. B. auf Basis HW 2002), umso weniger Wasser kann auch im Ist-Zustand bei HQ200 durch Überströmung des Kößnachdeiches in die Retentionsräume an der Oberauer Schleife einströmen. Der Vergleich mit dem Ist-Zustand zeigt im Plan-Zustand eine große Abflussreduktion und Wasserspiegelabsenkung in der Donau. Im Plan-Zustand treten jedoch im Kößnach-Ableiter geringfügig höhere Wasserstände auf als im Ist-Zustand. Dies ist auf die zusätzliche Flutung des Flutpolders durch das Auslaufbauwerk zurückzuführen, siehe Kapitel 8.1. Eine Erhöhung der Hochwassergefahr für die Ortslagen an der Kößnach entsteht dadurch aber nicht.
- Bei einer breiten Welle (z. B. auf Basis HW 1988) werden im Ist-Zustand die Retentionsräume an der Oberauer Schleife hingegen nahezu vollständig gefüllt, so dass der Scheitel nur teilweise reduziert werden kann, siehe Anhang C-2. Der Vergleich mit dem Ist-Zustand zeigt im Plan-Zustand daher eine große Abflussreduktion und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter.
- Ein Deichbruch im Ist-Zustand führt ebenfalls nur zu einer teilweisen Scheitelreduzierung, da sich dadurch die Retentionsräume an der Oberauer Schleife rasch füllen. Die Retentionswirkung sinkt bei größeren Hochwasserereignissen, wie HQ200 im Vergleich mit dem Ist-Zustand ohne Deichbruch.
- Bei einem HQ200-Ereignis in der Donau mit mittlerem Volumen, wie auf Basis HW 2011, ist bei Vergleich mit dem Ist-Zustand mit und ohne Deichbruch nur eine geringe bis moderate Abflussreduzierung und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter zu erwarten. Die geringe Scheitelreduzierung im Plan-Zustand ist hierbei auf den Ist-Zustand zurückzuführen, wo insbesondere ohne Deichbruch eine annähernd gleich große Scheitelkappung und Wasserspiegelreduzierung wie im Plan-Zustand erfolgt, siehe Anhang C-1. Zudem steht im Ist-Zustand bei gleichem Wasserstand im Flutpolder ein größeres Volumen zur Verfügung, da auch die im Plan-Zustand ausgedeichten Bereiche überschwemmt werden.
- Tritt im Ist-Zustand HQ200 ein Deichbruch ein, ist die Wirkung des Plan-Zustandes hingegen größer. Dabei ist ein Szenario mit Deichbruch aufgrund der größeren Überströmhöhen bei HQ200 als wahrscheinlicher einzuschätzen, als ein Überströmen ohne Deichbruch.

8.7 Ergebnisse bei HQ300

○ Anhang A-1, C-1 und D-1 (Wasserstände, Abflussganglinien)

Bei HQ300 = 3.900 m³/s in der Donau wird im Ist-Zustand der rechte Kößnachdeich zum Polder Sossau Ost durch das Hochwasser in der Donau und den Rückstau in den Kößnach-Ableiter überströmt. Die anderen Kößnachdeiche sind mit Höhen von 320,61 ... 320,91 m ü. NHN (Ortslage Sossau) bzw. 320,54 m ü. NHN (Ortslage Kößnach) ausreichend hoch, um auch bei HQ300 nicht überströmt zu werden.

Die Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing wurden mit dem Ausbaugrad HQ100 gemäß Donauausbau angesetzt und werden auch bei HQ300 nicht überströmt. Es kommt jedoch zur Inanspruchnahme des ca. 1,0 m hohen Freibords an den Donaudeichen.

Infolge der Überströmung des rechten Kößnachdeiches werden bei HQ300 sämtliche Retentionsflächen an der Oberauer Schleife vollflächig überflutet.

Die Überströmung des rechten Kößnachdeiches wird in den Berechnungen mit und ohne anschließenden Deichbruch berücksichtigt, s. Kapitel 5.6.7.

An der Staustufe Straubing kann beim HQ300 das Stauzielniveau nicht mehr gehalten werden, da unterstrom der Staustufe der maximale Wasserstand über dem Stauzielniveau von 320,20 m ü. NHN liegt. Bei HQ300 wurde die Staustufe Straubing 2D modelliert, da die W/Q-Beziehung für HQ100 bzw. maximal bis HQ200 verifiziert wurde, siehe Kapitel 5.9.3.

Infolge der bereits im Ist-Zustand in Anspruch genommenen Retentionsflächen an der Oberauer Schleife (ungesteuerte Retention) ist die Rückhaltewirkung im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) nicht so hoch wie bei HQ30 oder HQ100, siehe Tabelle 18.

Tabelle 18: Vergleich der Wellen bei HQ300

HW	HQ	IZ/PZ	Deichbruch	WSP Donau Absenkung (-) / Erhöhung (+)	Donau Abfluss- reduzierung	WSP Kößnach Absenkung (-) / Erhöhung (+)	beanspruchtes Retentions- volumen
				[cm]	[m³/s]	[cm]	[Mio.m³]
2011	HQ300	IZ	ohne	-	161	-	14,8
2011	HQ300	IZ	200m	+3	139	+4	14,8
2011	HQ300	IZ	700m	0	162	+1	16,9
2011	HQ300	PZ	ohne	-4 ... -7	197	-4 ... -7	14,0
1988	HQ300	IZ	700m	-	20	-	18,3
1988	HQ300	PZ	ohne	-12	120	-12	14,0
2002	HQ300	IZ	700m	-	207	-	15,7
2002	HQ300	PZ	ohne	-9	295	+5	14,0

Anmerkung: Wasserspiegelabsenkung und Abflussreduzierung ermittelt am Donau-km 2320,000.

Im Plan-Zustand bei HQ300 hängt die Rückhaltewirkung wie auch bei HQ200 stark von der Wellenform ab und ob und wie groß ein Deichbruch am rechten Kößnachdeich ausfällt. Die Abflussreduzierung und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter ist im Plan-Zustand gering bis moderat, aber größer als bei HQ200. Ein Szenario mit Deichbruch ist aufgrund der größeren Überströmhöhen bei HQ300 zudem als wahrscheinlicher einzuschätzen, als ein Überströmen ohne Deichbruch.

Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die Wirkung des Flutpolders mit größeren Ereignissen zunimmt. Grund ist der Vergleich mit den Ist-Zuständen, bei denen die Retentionsräume an der Oberauer Schleife zwar vollständig gefüllt werden, aber durch die längeren Hochwasserereignisse nur noch teilweise zu einer Scheitelreduktion beitragen können, siehe Anhang C-1.

8.8 Ergebnisse für eine Doppelwelle bei HQ200 und HQ300

○ Anhang A-5, C-5 und D-6 (Wasserstände, Abflussganglinien)

Die Berechnungen zu den Ganglinien der Donau mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) wurden für HQ200 und HQ300 auf Basis HW 1988 geführt. Dabei wurden folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- Überströmung rechter Kößnachdeich zum Polder Sossau Ost, ohne Deichbruch
- keine Überströmung der anderen Kößnachdeiche und keine Überströmung der Donaudeiche unterstrom der Staustufe Straubing (Berücksichtigung des Donauausbaus)
- an der Staustufe Straubing kann bei HQ200 und HQ300 das Stauzielniveau nicht mehr gehalten werden => Staustufe Straubing modelliert als 2D-Bauwerk

Die Kappung der beiden Scheitel erfolgte bei HQ200 und HQ300 in unterschiedlicher Form. Nachfolgend werden der Flutpoldereinsatz und die Ergebnisse getrennt nach den beiden Ereignissen erläutert.

HQ200 (Doppelwelle)

Die Berechnung zur Doppelwelle HQ200 auf Basis HW 1988 zeigt die Wirkung des Flutpolders bei einem mehrgipfligen Ereignis, wenn nur die höchste Abflussspitze (hier der zweite Scheitel) gekappt wird, siehe Anhang C-5. Dieses Ereignis tritt beispielsweise ein, wenn bei Kenntnis des ersten Scheitels ein anschließender zweiter Scheitel vorhergesagt wird.

Durch den ersten Scheitel werden im Ist-Zustand die Retentionsräume an der Oberauer Schleife gefüllt und nur teilweise vor Eintreffen des zweiten Scheitels entleert. Dadurch kann im Ist-Zustand keine nennenswerte Reduktion des zweiten Scheitels erfolgen.

Der Einsatz des Flutpolders beim zweiten Scheitel führt dadurch zu einer großen Scheitelreduktion von ca. 145 m³/s und einer Wasserspiegelabsenkung von ca. 17 cm gegenüber dem Ist-Zustand, siehe Anhang D-6.

Die Kappung im Plan-Zustand führt zu einer Reduktion des zweiten Scheitels auf etwa die Höhe des ersten Scheitels. Durch Einsatz des Flutpolders wird der Abfluss in der Donau auf 3.574 ...3.587 m³/s begrenzt. Der Abfluss im Plan-Zustand liegt damit im Gegensatz zum Ist-Zustand bei beiden Scheiteln deutlich unter einem HQ200 mit 3.700 m³/s.

HQ300 (Doppelwelle)

Die Berechnung zur Doppelwelle HQ300 auf Basis HW 1988 zeigt die Wirkung des Flutpolders bei einem mehrgipfligen Ereignis, wenn beide Abflussspitzen gekappt werden, siehe Anhang C-5. Dieses Ereignis tritt beispielsweise ein, wenn bei Kenntnis des ersten Scheitels noch keine Vorhersage eines nachfolgenden zweiten Scheitels vorliegt.

Im Ereignisfall ist es wahrscheinlich, dass es bei einer Hochwasserprognose mit einem Scheitel von 3781 m³/s (höher als HQ200) zur Polderflutung mit vollem Poldervolumen kommt. Nach der Scheitelreduktion des ersten Scheitels wird die Entleerung des Flutpolders beginnen. Erst dann wird bekannt, dass ein zweiter Scheitel zu erwarten ist. Anschließend wird der Flutpolder soweit wie möglich entleert (bis auf ca. 319,46 m NHN), um mit dem Restvolumen auch den zweiten Scheitel zu reduzieren.

Der Donauabfluss im Plan-Zustand kann bei Scheitel 1 gegenüber dem Ist-Zustand um ca. 102 m³/s reduziert werden. Die Wasserspiegelabsenkung gegenüber dem Ist-Zustand beträgt in der Donau und im Kößnach-Ableiter ca. 12 cm, siehe Anhang D-6.

Die Kappung des Scheitels 2 führt im Plan-Zustand bei Einsatz des Teilvolumens zu einer Abflussreduktion von ca. 48 m³/s bzw. zu einer Wasserspiegelabsenkung von ca. 6 cm gegenüber dem Ist-Zustand.

Durch die Kappung beider Scheitel im Plan-Zustand wird der Abfluss in der Donau auf ca. 3.638 m³/s (erster Scheitel) und ca. 3.860 m³/s (zweiter Scheitel) verringert. Die Berechnung zeigt, dass mit Einsatz des Flutpolders auch bei mehrgipfligen Ereignissen eine Scheitelreduktion beider Scheitel erfolgt. Die gezielte Flutung im Plan-Zustand ist deutlich effektiver als die Retentionswirkung im Ist-Zustand.

9 Einsatzziel Zeitgewinn - Berechnungen und Ergebnisse

9.1 Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen

Das Einsatzziel Zeitgewinn bezeichnet die Einsatzmöglichkeit des Flutpolders zur zeitlichen Verschiebung des Hochwasserscheitels. Ist das Flutpoldervolumen nicht ausreichend, um unterstrom einen schadlosen Abfluss und damit Deichüberströmungen und ein Versagen zu verhindern, so kann durch Einsatz des Flutpolders zumindest das Eintreten dieser kritischen Situationen verzögert werden. Damit wird der Zeitraum für eine Evakuierung von Menschen und Sachgütern verlängert.

Die Berechnungen zum Einsatzziel Zeitgewinn erfolgten durch eine überschlägige analytische Berechnung unter Verwendung der Hochwasserwellen der Donau (Zeit-Abfluss-Beziehung), der Stauinhaltslinie in der Hochwasserrückhaltung (Wasserstand-Volumen-Beziehung) und der Leistungsfähigkeit des Einlaufbauwerks (Wasserstand-Abfluss-Beziehung).

Eine Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen für das Einsatzziel Zeitgewinn zeigt nachstehende Tabelle 19.

Tabelle 19: Übersicht zu den durchgeführten Berechnungen für das Einsatzziel Zeitgewinn

HW-Welle	Ist / Plan	Beschreibung	Anhang
Ganglinien auf Basis des Hochwasserereignisses 2011 (Welle mit mittlerem Volumen)			
HQ200	Plan	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anhang E-1
HQ300	Plan	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anhang E-2
HQ1000	Plan	mit Einsatz Hochwasserrückhaltung	Anhang E-3
Ganglinien auf Basis des Hochwasserereignisses 1988 (breite Welle)			
HQ300 D	Plan	Hochwasserwelle mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) und mit Einsatz Hochwasserrückhaltung (Kappung beider Scheitel)	Anhang E-4

Anhand der Hochwasserwellen im Anhang E wurde der mögliche Zeitgewinn (Verzögerung des Auftretens kritischer Situationen unterstrom, bei denen Deichüberströmungen bzw. Deichversagen droht) für

verschiedene Grenzabflüsse ermittelt und den Ist-Zuständen (mit und ohne Deichbruch) gegenübergestellt. Bei den Wellen auf Basis von HW 2011 wurde als unterster Grenzabfluss das HQ100 mit $3.400 \text{ m}^3/\text{s}$ und weitere beispielhafte Grenzabflüsse (im konkreten Einsatzfall ggf. höhere, aber noch als tolerierbar angesehene Abflusswerte) in Schritten von $100 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen, bei der Doppelwelle auf Basis HW 1988 wurde beispielhaft ein Grenzabfluss von HQ200 mit $3.700 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt.

Der Abfluss in der Donau wird beim Einsatz des Flutpolders so lange wie möglich konstant gehalten. Ist der Flutpolder vollständig gefüllt, erfolgt die Weiterleitung des Abflusses in der Donau ohne Entnahme, wodurch es unterstrom zu Deichüberströmungen und -versagen kommen kann.

Ohne Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit am Einlaufbauwerk ergibt sich anhand des Flutpoldervolumens der maximal mögliche Zeitgewinn (theoretische Zeitgewinn), siehe auch Abbildung 31.

Der Zeitgewinn bei Reduzierung der Welle auf einen konstanten Abfluss ist in der Realität jedoch abhängig von der Größe der jeweiligen Hochwasserwelle und der Leistungsfähigkeit des Einlaufbauwerks mit 8 Wehrfeldern. Liegt der Hochwasserscheitel weit über dem Abfluss bei Beginn des Flutpoldereinsatzes kann über das Einlaufbauwerk nur für eine gewisse Zeit der Abfluss konstant gehalten werden und steigt danach etwas an (realistischer Zeitgewinn). Aber auch für den Zeitraum, in dem der Abfluss nicht mehr auf den Grenzabfluss reduziert werden kann, erfolgt eine deutliche Abflussreduzierung und damit eine Reduzierung des Risikos einer Deichüberströmung bzw. eines Deichversagens.

9.2 Ergebnisse bei HW 2011

○ Anhang E-1 bis E-3 (Abflussganglinien)

Den möglichen Zeitgewinn bei den Hochwasserwellen auf Basis HW 2011 zeigt die nachstehende Tabelle 20. Je nach Wellenform ist ein theoretischer Zeitgewinn von 7 bis 16 Stunden realisierbar. Der realistische Zeitgewinn liegt niedriger, bei 2 bis 16 Stunden.

Beim HQ200 kann unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit des Einlaufbauwerks nur für ca. 6 bis 8 Stunden der angenommene Grenzabfluss von $3.400 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Donau gehalten werden. Es erfolgt anschließend aber weiterhin eine deutliche Abflussreduzierung und der Grenzabfluss von $3.400 \text{ m}^3/\text{s}$ wird nur marginal um ca. $35 \text{ m}^3/\text{s}$ überschritten. Das Ende der möglichen Abflussreduzierung mit vollständiger Polderfüllung liegt (sofern die leichte Überschreitung des Grenzabflusses als noch tolerierbar angesehen wird) somit im Bereich des theoretischen Zeitgewinns mit 14 ...16 Stunden.

Bei den sehr großen Wellen wie HQ300 und HQ1000 zeigt sich, dass bei einem Grenzabfluss von HQ100 bzw. $3.400 \text{ m}^3/\text{s}$ der realistische Zeitgewinn deutlich unter dem theoretischen Zeitgewinn liegen kann. Hier ist bei deutlich ansteigendem Zufluss die Überschreitung des Grenzabflusses aufgrund der begrenzten Leistungsfähigkeit des Einlaufbauwerks nicht mehr nur marginal. Erst bei höheren ggf. noch tolerierbaren Grenzabflüssen liegt auch bei diesen Wellen der realistische Zeitgewinn im Bereich des theoretischen Zeitgewinns.

Aufgrund der unkontrollierten Flutung im Ist-Zustand kommt es zu dem Umstand, dass bei den in Anhang E-1 bis E-3 dargestellten Steuerungen auf Zeitgewinn nach vollständiger Füllung des Flutpolders höhere Abflüsse als im Ist-Zustand auftreten. Dies tritt vor allem für HQ200 mit einer Erhöhung von $100 \dots 150 \text{ m}^3/\text{s}$ und bei HQ300 mit einer Erhöhung von $135 \dots 170 \text{ m}^3/\text{s}$ auf. Bei HQ1000 ist die Abflusserhöhung mit bis zu $25 \text{ m}^3/\text{s}$ hingegen nur marginal. Im Ist-Zustand strömt immer noch Wasser in die Retentionsräume und verringert dadurch den Abfluss. Im Plan-Zustand stellt dies nach der Phase des Zeitgewinns somit eine Abflussverschärfung dar.

Tabelle 20: Zeitgewinn bei den Wellen auf Basis HW 2011 in Stunden

HW-Welle	Einsatz Flutpolder bei einem Grenzabfluss von		Zeitgewinn gegenüber Ist-Zustand	
			theoretisch (ohne EBW)	realistisch (mit EBW)
HQ200	3.400 m ³ /s	HQ100	14 ... 16	6 ... 8
HQ300	3.400 m ³ /s	HQ100	13	5
HQ300	3.500 m ³ /s	HQ100 – HQ200	11 ... 13	5 ... 7
HQ300	3.600 m ³ /s	HQ100 – HQ200	12 ... 13	11 ... 12
HQ1000	3.400 m ³ /s	HQ100	16	11
HQ1000	3.500 m ³ /s	HQ100 – HQ200	10	5
HQ1000	3.600 m ³ /s	HQ100 – HQ200	7	2
HQ1000	3.700 m ³ /s	HQ200	8	7
HQ1000	3.800 m ³ /s	HQ200 – HQ300	16	16

Prinzipiell ist eine Steuerung auf Zeitgewinn eine Alternative für Hochwasserereignisse, bei denen das Rückhaltevolumen im Flutpolder nicht mehr für eine Scheitelreduktion auf einen noch tolerierbaren Abfluss ausreicht und ein Überströmen oder Versagen der Hochwasserschutzanlagen voraussichtlich auch mit Flutpoldereinsatz nicht vermieden werden kann. Wie hoch ein noch tolerierbarer Abfluss ist, hängt vom Aufbau, Zustand und von der Leistungsfähigkeit der unterstrom liegenden Hochwasserschutzanlagen ab bzw. ist im tatsächlichen Hochwasserfall von den auftretenden aktuellen Entwicklungen abhängig, z. B. mögliche Anzeichen eines drohenden Deichbruches.

Auf jeden Fall ist ein Szenario zu vermeiden bei dem ein Deichbruch erst durch eine Abflusserhöhung nach Füllung des Flutpolders auftritt, bei Abflüssen, die im Ist-Zustand gar nicht erreicht worden wären. Die möglichen Auswirkungen auf den Abflussscheitel (in Abhängigkeit von der Wellenform, der Scheitelhöhe und dem noch tolerierbaren Grenzabfluss) für das Einsatzziel Zeitgewinn ist bei den weiteren Steuerungsüberlegungen zu berücksichtigen. Gegebenenfalls wäre der Einsatz hinsichtlich eines Zeitgewinns auf diejenigen Szenarien zu beschränken, bei denen keine nennenswerte Verschärfung des Abflussscheitels auftritt.

9.3 Ergebnisse bei HW 1988

○ Anhang E-4 (Abflussganglinien)

Den möglichen Zeitgewinn bei einer Hochwasserwelle mit zwei Scheiteln (Doppelwelle) auf Basis HW 1988 zeigt die nachstehende Tabelle 21. Je nach Beginn des Flutpoldereinsatzes ist selbst bei einem mehrgipfligen Ereignis ein Zeitgewinn von 9 bis 10 Stunden bei der Kappung des zweiten Scheitels realisierbar.

Tabelle 21: Zeitgewinn bei der Doppelwelle auf Basis HW 1988

HW-Welle	Einsatz Flutpolder bei		Zeitgewinn gegenüber Ist-Zustand (Verzögerung des Abflussscheitels)
HQ300	3.700 m ³ /s	HQ200	9 Stunden
HQ300	3.800 m ³ /s	HQ200 – HQ300	10 Stunden

10 Zusammenfassung und Beschreibung der Veränderungen sowie Auswirkungen durch Einsatz des Flutpolders

10.1 Einsatzfälle, Einsatzhäufigkeit und Einsatzziele

Der Einsatz des Flutpolders erfolgt nur, wenn an der Donau unterstrom ein Überlastfall droht, d.h. wenn z. B. aufgrund der Hochwasservorhersage ein Überschreiten der Bemessungswasserstände der Hochwasserschutzanlagen wahrscheinlich ist. Dabei werden zwei Einsatzfälle unterschieden:

- lokaler/regionaler Einsatzfall (bei drohendem Überlastfall unterstrom des Flutpolders im gleichen Donauabschnitt bis vor Isarmündung)
- überregionaler Einsatzfall (bei drohendem Überlastfall im nachfolgenden flussabwärts gelegenen Donauabschnitt; hier nach Einmündung der Isar bis zur Innmündung)

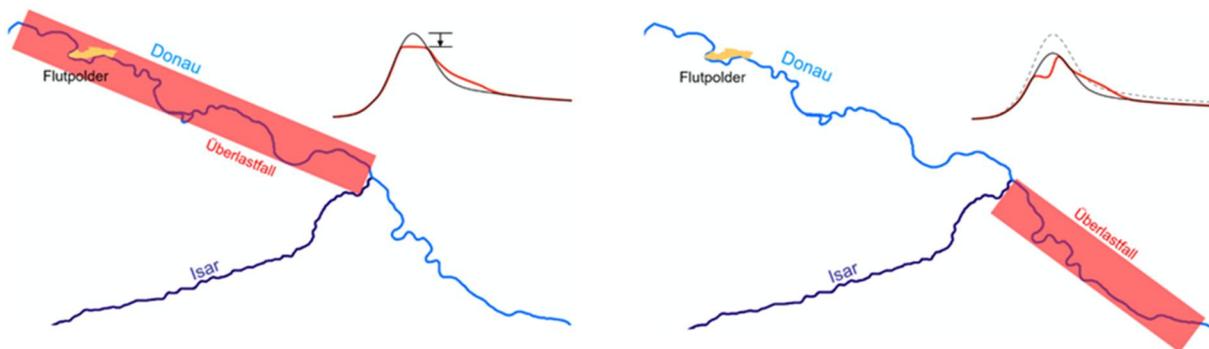


Abbildung 30: Einsatzfälle der gesteuerten Flutpolder (beispielhaft für Donauabschnitt III und IV), links: lokaler/regionaler Einsatzfall bei Überlastfall im selben Donauabschnitt (hier III), rechts: überregionaler Einsatzfall bei Überlastfall im unterhalb liegenden Donauabschnitt (hier IV) nach [14]

Nach Umsetzung der im Rahmen des Donauausbaus vorgesehenen Maßnahmen unterstrom des Flutpolders wird der Ausbaugrad einem HQ100 entsprechen. Falls der Flutpolder vor der vollständigen Umsetzung des HWS Straubing-Vilshofen in Betrieb gehen sollte, kann temporär der Schutzgrad noch ca. einem HQ30 entsprechen. Die Einsatzhäufigkeit für den lokalen/regionalen Einsatz bei einem Überlastfall im Bereich Straubing bis Isarmündung beträgt:

- beim Zustand vor Donauausbau Straubing-Vilshofen ab HQ30
=> Einsatzhäufigkeit i. M. alle 30 Jahre bzw. i. M. 3,33 Einsätze in 100 Jahren
(Hierbei handelt es sich nur um einen Übergangszustand bis der Donauausbau zwischen Straubing und Vilshofen vollständig umgesetzt ist.)
- beim Zustand nach Donauausbau Straubing-Vilshofen ab HQ100
=> Einsatzhäufigkeit i. M. alle 100 Jahre bzw. i. M. 1 Einsatz in 100 Jahren

Wie oft ein Einsatzfall im Mittel auftritt, bei dem ein Überlastfall im selben und/oder im unterhalb gelegenen Donauabschnitt auftritt, hängt davon ab, wie wahrscheinlich ein gleichzeitiges Auftreten des Überlastfalles in beiden Donauabschnitten ist. Nach Gleichzeitigkeitsuntersuchungen des LfU ist von folgenden Einsatzhäufigkeiten für einen Überlastfall in beiden Donauabschnitten auszugehen:

- ab einem HQ100 i. M. einmal in 85-90 Jahren
- beim temporären Übergangszustand mit HQ30 i. M. alle 25-30 Jahre

Ziel eines Flutpoldereinsatzes ist es, im drohenden Überlastfall die Wasserstände unterhalb des Flutpolders nicht über ein noch verträgliches Maß ansteigen zu lassen. Dazu wird der Hochwasserscheitel auf einen Abfluss Q_{Grenz} reduziert, um Schäden im Unterlauf zu verhindern oder zu verringern. Der darüber hinaus gehende Abflussanteil wird in den Flutpolder abgeschlagen (siehe Abbildung 31 links, Einsatzziel „Scheitelreduktion“).

Bei außergewöhnlichen Ereignissen, wenn das Rückhaltevolumen nicht mehr ausreicht, um die Hochwasserwelle auf ein verträgliches Maß zu reduzieren, kann mit den Flutpoldern immer noch Zeit gewonnen werden, bis der Überlastfall unterhalb eintritt (siehe Abbildung 31 rechts, Einsatzziel „Zeitgewinn“). In der gewonnenen Zeit können beispielsweise Menschen evakuiert oder Sachwerte in Sicherheit gebracht werden.

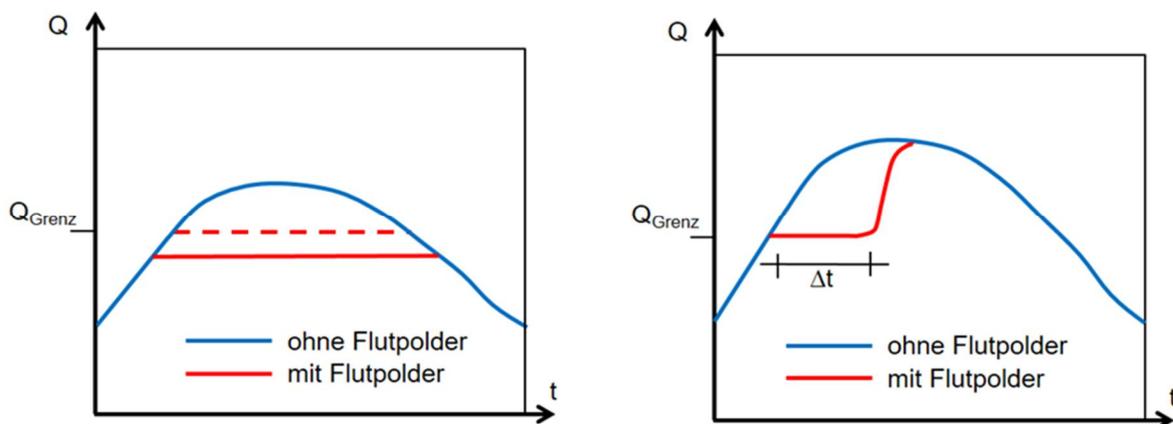


Abbildung 31: Einsatzziele „Scheitelreduktion“ (links) und „Zeitgewinn“ (rechts) der gesteuerten Flutpolder nach [14]; Q_{Grenz} : unkritischer bzw. noch verträglicher Abfluss für die Hochwasserschutzanlagen unterhalb; im linken Bild entspricht die rot gestrichelte Linie einer Teilfüllung des Flutpolders, wenn das erforderliche Rückhaltevolumen kleiner ist als das vorhandene Flutpoldervolumen und die rot durchgezogene Linie entspricht einem Einsatz des gesamten Flutpoldervolumens

10.2 Rückhaltewirkung lokaler/regionaler Einsatzfall

Für den lokalen/regionalen Einsatzfall wurden für die Einsatzziele „Scheitelreduktion“ und „Zeitgewinn“ die Retentionswirkung der geplanten Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife bestimmt.

Die Verbesserung ergibt sich insbesondere aus der planbar zielgerichteten Ausleitung mit deshalb optimierter Wirkung gegenüber einer unkontrollierten Wirkung im Ist-Zustand, die von vielen nicht beeinflussbaren Faktoren abhängt, insbesondere Wellenform, Volumen, ob Deiche versagen, wenn ja, Zeitpunkt und Größe eines Deichversagens. Auch eine geringe bis moderate Scheitelreduktion kann den Ausschlag geben, die Wasserstände um die entscheidenden Zentimeter zu senken.

Dargestellt sind nur die Wirkungen des einzeln eingesetzten Flutpolders. Künftig soll jedoch eine Kette von Flutpoldern entlang der bayerischen Donau mit dann noch deutlich verbesserter Summenwirkung einsetzbar sein, s. Abbildung 32. Ein Flutpolder dieser Kette, der Flutpolder Riedensheim, ist bereits seit 2020 technisch betriebsbereit.

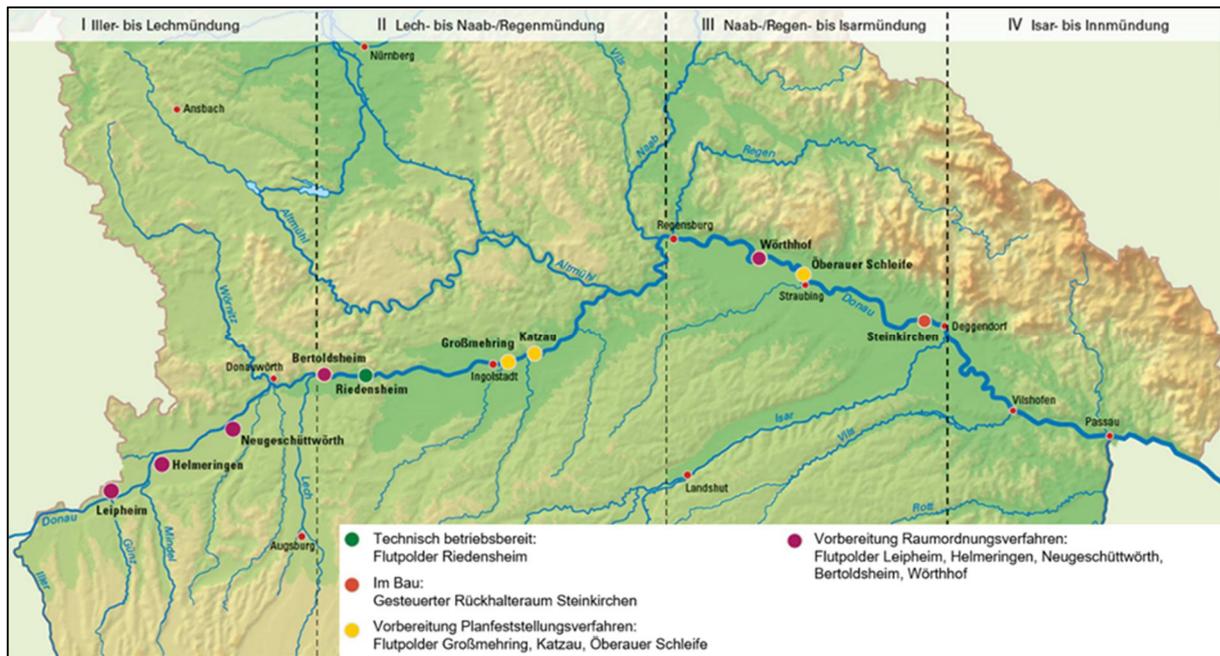


Abbildung 32: Derzeit an der bayerischen Donau geplante Flutpolderstandorte mit gesteuertem Rückhalteraum Steinkirchen (Quelle: StMUV, Stand September 2021)

Einsatzziel Scheitelreduktion

Die wesentlichen Aussagen zur Retentionswirkung des geplanten Flutpolders können wie folgt zusammengefasst werden:

- HQ30

Infolge der im Ist-Zustand fehlenden Flutung der Retentionsräume an der Öberrauer Schleife erfolgt bei Einsatz des Flutpolders eine moderate bis große Scheitelreduktion und Wasserspiegellabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter. Der Spitzenabfluss kann je nach Wellenform um 4,0 % (breite Welle) bzw. um 8,5 % (spitze Welle) verringert werden.

- HQ100

Infolge der bereits im Ist-Zustand in Anspruch genommenen Retentionsflächen an der Öberrauer Schleife (ungesteuerte Retention) ist die Rückhaltewirkung im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) nicht so hoch wie bei HQ30. Der Spitzenabfluss kann je nach Wellenform um 1,1 % (breite Welle) bzw. um 5,4 % (spitze Welle) gegenüber dem Ist-Zustand verringert werden.

- HQ200

Infolge der bereits im Ist-Zustand in Anspruch genommenen Retentionsflächen an der Öberrauer Schleife (ungesteuerte Retention) und die große Fülle des Hochwasserereignisses ist die Rückhaltewirkung im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) gering bis moderat. Der Spitzenabfluss kann je nach Wellenform um 2,2 % (breite Welle) bzw. um 3,0 % (spitze Welle) gegenüber dem Ist-Zustand verringert werden. Bei einer Welle mit mittlerem Volumen, wie auf Basis HW 2011 beträgt die Scheitelreduktion 0,5 % (bei Vergleich mit Ist-Zustand ohne Deichbruch) bzw. 1,8 % (bei Vergleich mit Ist-Zustand mit großem Deichbruch).

- HQ300

Infolge der bereits im Ist-Zustand in Anspruch genommenen Retentionsflächen an der Öberrauer Schleife (ungesteuerte Retention) und die große Fülle des Hochwasserereignisses ist die Rückhaltewirkung im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) gering bis moderat. Der Spitzenabfluss

kann um 0,9 % (bei Vergleich mit Ist-Zustand ohne Deichbruch) bzw. um 1,5 % (bei Vergleich mit Ist-Zustand mit großem Deichbruch) verringert werden.

- Doppelwelle HQ200

Der Einsatz des Flutpolders beim höchsten der beiden Scheitel führt zu einer großen Scheitelreduktion und einer großen Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter. Der Spitzenabfluss kann um 3,9 % gegenüber dem Ist-Zustand verringert werden. Die Kappung im Plan-Zustand führt zu einer Reduktion des zweiten Scheitels auf etwa die Höhe des ersten Scheitels.

- Doppelwelle HQ300

Der Einsatz des Flutpolders bei beiden Scheiteln führt aufgrund der großen Fülle des Hochwasserereignisses zu einer moderaten Scheitelreduktion und Wasserspiegelabsenkung in Donau und Kößnach-Ableiter. Der Spitzenabfluss kann um 2,7 % (Scheitel 1) bzw. um 1,2 % (Scheitel 2) gegenüber dem Ist-Zustand verringert werden.

Einsatzziel Zeitgewinn

Die wesentlichen Aussagen zum Einsatz des geplanten Flutpolders für die Verzögerung des Auftretens kritischer Situationen, wie Deichüberströmungen bzw. Deichversagen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Hochwasserwelle mit einem Scheitel

Je nach Wellenform ist ein theoretischer Zeitgewinn von 7 bis 16 Stunden realisierbar. Der realistische Zeitgewinn liegt niedriger, bei 2 bis 16 Stunden. Aber auch für den Zeitraum, in dem der Abfluss nicht mehr auf den Grenzabfluss reduziert werden kann, erfolgt eine deutliche Abflussreduzierung und damit eine Reduzierung des Risikos einer Deichüberströmung bzw. eines Deichversagens.

- Hochwasserwelle mit zwei Scheiteln (Doppelwelle)

Je nach Beginn des Flutpoldereinsatzes ist selbst bei einem mehrgipfligen Ereignis ein Zeitgewinn von 9 bis 10 Stunden realisierbar.

Aufgrund der unkontrollierten Flutung im Ist-Zustand kommt es zu dem Umstand, dass bei Steuerungen auf Zeitgewinn nach vollständiger Füllung des Flutpolders höhere Abflüsse als im Ist-Zustand auftreten können. Bei der Füllung des Flutpolders ist eine Hochwasserverschärfung im Vergleich zum Ist-Zustand zu vermeiden. Dies bedeutet, dass in solchen Fällen eine Steuerung auf Zeitgewinn nicht oder nur deutlich eingeschränkt möglich wäre.

10.3 Rückhaltewirkung überregionaler Einsatzfall

Zum Nachweis der überregionalen Wirkung des geplanten Flutpolders an der Oberauer Schleife wurden seitens der TU München unter Zuarbeit der WIGES zusätzliche Berechnungen im Donauabschnitt des Flutpolders und unterstrom (Abschnitt III und IV) durchgeführt.

Es erfolgten Berechnungen für einen Einsatzfall ab HQ30 auf Basis Hochwasser 2011, siehe [16] und für einen Überlastfall im Donauabschnitt IV (ca. HQ50) auf Basis Hochwasser 2013, siehe [17]. Die wesentlichen Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst.

HQ30 auf Basis HW 2011

Simuliert wurde die Wirkung des geplanten Flutpolders Oberauer Schleife bei einer Welle mit mittlerem Volumen für ein Hochwasser HQ30 im Donauabschnitt III und einem gleichzeitigen HQ100 in der Isar, das unterstrom von Deggendorf zum Überlastfall im Donauabschnitt IV führt.

Die im Rahmen des Donauausbaus definierten Hochwasserrückhalteräume zwischen Straubing und Deggendorf werden bei HQ30 nicht aktiviert.

Der Einsatz des Flutpolders mit lokal optimierter Scheitelkappung führt bei HQ30 gemäß Kapitel 8.3 zu einer Abflussreduzierung von 175 m³/s und einer Wasserspiegelabsenkung von 24 cm unterstrom von Straubing.

Durch den Einfluss der Isar verringert sich ab Deggendorf die Absenkung in der Donau auf 146 m³/s und die Wasserspiegelreduzierung auf 15 cm, siehe Tabelle 22. Weiter unterstrom in Vilshofen ist dann noch eine Abflussreduktion von 130 m³/s und eine Wasserspiegelabsenkung von 14 cm zu erwarten.

Abschließend kann eingeschätzt werden, dass infolge des Einsatzes der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife ein durch die Isar hervorgerufener Überlastfall im Donauabschnitt IV (nach der Isarmündung) wesentlich abgemindert werden kann.

Tabelle 22: Abflussreduktion und Wasserspiegelabsenkung an den Pegeln aus [17]

Donauabschnitt	Lage	Donau km	Abflussreduktion in m ³ /s	WSP-Absenkung in m
III	UW Staut. Straubing	2329,80	175	0,24
Naab-/ Regen- bis Isarmündung	Pegel Pfelling	2305,53	163	0,21
	Pegel Deggendorf	2284,44	146	0,15
IV Isar- bis Inmündung	Pegel Niederalteich	2276,22	136	0,14
	Pegel Hofkirchen	2256,86	132	0,15
	Pegel Vilshofen	2249,47	130	0,14

Überlastfall im Donauabschnitt IV (skaliertes Hochwasser 2013)

Simuliert wurde die Wirkung des geplanten Flutpolders Oberauer Schleife bei einer Welle mit mittlerem Volumen für ein Hochwasser knapp unter einem HQ100 im Donauabschnitt III und einem gleichzeitigen Hochwasser (> HQ100) in der Isar für den zukünftigen Ausbauzustand in der Strecke Straubing-Vilshofen. Dies führt unterstrom von Deggendorf zum Überlastfall im Donauabschnitt IV. Die im Rahmen des Donauausbaus definierten Hochwasserrückhalteräume zwischen Straubing und Vilshofen werden bei diesem Szenario sowohl im Ist- als auch Plan-Zustand aktiviert.

Der Einsatz des Flutpolders Oberauer Schleife erfolgt bei eintretendem Überlastfall im nachfolgenden flussabwärts gelegenen Donauabschnitt IV nicht durch eine lokal optimierte Scheitelkappung, sondern durch eine konstante Abflussreduktion für einen bestimmten Zeitraum. Dadurch wird der Abfluss so verändert, dass nach Zufluss der Isar der Scheitel mit Sicherheit, wenn auch nicht optimal reduziert werden kann. Die tatsächlich erreichbare Abflussreduktion durch Einsatz des Flutpolders zeigt sich somit erst unterstrom der Einmündung der Isar im Donauabschnitt IV.

Durch den Einsatz des Flutpolders Oberauer Schleife wird der Abflussscheitel im Donauabschnitt III von Straubing bis Deggendorf um 53 bis 85 m³/s verringert, siehe Tabelle 23. Im Donauabschnitt IV von der

Isarmündung bis Vilshofen beträgt die Abflussreduktion nach Zufluss der Isar immerhin noch 54 bis 64 m³/s. Dies entspricht unterstrom der Isarmündung einer Wasserspiegelabsenkung von ca. 6 cm.

Es kann somit auch der betrachtete, durch die Donau und Isar hervorgerufene, überregionale Überlastfall im Donauabschnitt IV (nach der Isarmündung) durch den Einsatz der Hochwasserrückhaltung Öberauer Schleife abgemindert werden.

Eine weitere Reduzierung der Abflüsse wäre im Falle eines kombinierten Einsatzes mehrerer Flutpolder im Donauabschnitt III möglich. Die Flutpolder Wörthhof groß unterstrom von Regensburg sowie der Flutpolder Öberauer Schleife bei Straubing würden so gesteuert werden, dass erst bei Zufluss der Isar der Scheitel nahezu optimal reduziert wird. Dadurch erhöht sich im Donauabschnitt IV die Abflussreduktion wesentlich, auf Werte zwischen 172 und 204 m³/s, siehe Tabelle 23.

Tabelle 23: Abflussreduktion an den Pegeln aus [16]

Donauabschnitt	Lage	Donau km	Abflussreduktion Ö in m³/s	Abflussreduktion EWÖ in m³/s
III Naab-/ Regen- bis Isarmündung	Pegel Straubing	2327,02	85	93
	Pegel Pfelling	2305,53	53	135
	Pegel Deggendorf	2284,44	53	183
IV Isar- bis Innmündung	Pegel Niederalteich	2276,22	63	173
	Pegel Hofkirchen	2256,86	64	204
	Pegel Vilshofen	2249,47	54	181

Anmerkung: Ö = Flutpolder Öberauer Schleife; EWÖ = Flutpolder Eltheim, Wörthhof, Öberauer Schleife

10.4 Wasserspiegelanstiegsgeschwindigkeiten

In Tabelle 24 sind die Wasserspiegelanstiegsgeschwindigkeiten bei Flutung der Öberauer Schleife im Ist-Zustand bzw. bei Flutung des Flutpolders im Plan-Zustand aufgeführt:

Tabelle 24: Anstiegsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Wellen in m/h

Öberauer Schleife	Ist	Plan
Altwasser	0,10 ... 0,55	0,27 ... 0,95
Wiesenflächen	0,01 ... 0,10	0,06 ... 0,13

Die Anstiegsgeschwindigkeiten in den Altwasserbereichen der unteren und oberen Schleife sind zu Beginn der Flutung am höchsten. Bei Ausdehnung der Überflutung auf die ausgedehnten Wiesenflächen und den Polder Öberau nimmt die Anstiegsgeschwindigkeit stark ab. Im Plan-Zustand erhöht sich die Anstiegsgeschwindigkeit infolge der gezielten Flutung. Im Plan-Zustand ist in den Altwasserbereichen ein deutlich größerer Wasserspiegelanstieg als im Ist-Zustand zu erwarten. Die Erhöhung im Plan-Zustand ist auf den Wiesenflächen hingegen nur gering.

Zur Einordnung der zu erwartenden Anstiegsgeschwindigkeiten im Flutpolder Oberauer Schleife sind diese in Tabelle 25 zusammen mit den Werten im Donauvorland zwischen Donau-km 2317,5 und 2319,0 sowie mit Werten von anderen bayerischen Flüssen dargestellt.

Tabelle 25: Anstiegsgeschwindigkeiten an ausgewählten Gewässern

Standort / Gewässer	Anstiegsgeschwindigkeiten
Öberauer Schleife Ist-Zustand	0,10 ... 0,55 m/h
Öberauer Schleife Plan-Zustand	0,27 ... 0,95 m/h
Isar (HW 2002 / HW 2005)	0,25 ... 0,50 m/h
Inn (HW 1985 / HW 2005)	0,40 ... 0,80 m/h
Salzach (HW 2002)	0,45 ... 0,55 m/h

10.5 Wassertiefen

Die Wassertiefen im Bereich der Oberauer Schleife sind für den Ist- und Plan-Zustand in den Anlagen dargestellt und im Anhang B für ausgewählte Punkte zusammengefasst. Eine Übersicht zu den Wassertiefen zeigt die nachstehende Tabelle.

Die Wassertiefen im künftigen Flutpolder liegen im Bereich der Wiesenflächen der oberen und unteren Schleife zwischen 2,0 und 2,8 m, im Bereich der Altwasserflächen bei 4,0 bis 4,4 m. Die künftigen Einstauhöhen im Flutpolder entsprechen in etwa den Wassertiefen beim derzeitigen HQ200.

Infolge der größeren Rückhaltewirkung des Flutpolders sind im Plan-Zustand die Wassertiefen im Polder Sossau Ost und in der Donau unterstrom der Staustufe Straubing etwas niedriger als im Ist-Zustand.

Im Vergleich zum Vorland in der Donau zwischen Donau-km 2317,5 und 2319,0, wo die Wassertiefen 2,0 bis 5,5 m betragen, sind die Einstauhöhen auf den Wiesenflächen im künftigen Flutpolder deutlich geringer.

Tabelle 26: Wassertiefen bei verschiedenen Wellen in m

Polderteile / Donau	ökologische Flutung		HQ30		HQ100	HQ200	HQ100 / HQ200
	Ist	Plan	Ist	Plan	Ist	Ist	Plan
Obere Schleife							
Wiesen	0,5	0,5	-	2,0 - 2,8	1,4 - 2,3	2,0 - 2,9	2,0 - 2,8
Altwasser	1,8	1,8	-	4,0	3,5	4,0	4,0
Untere Schleife							
Wiesen	-	-	-	2,0 - 2,6	1,5 - 2,0	2,0 - 2,6	2,0 - 2,6
Altwasser	-	-	-	4,4	3,8	4,4	4,4
Hagen	-	0,5 - 2,5	-	2,5 - 4,7	1,3 - 2,8	3,0 - 3,3	2,5 - 4,7
Polder Öberau	-	-	-	1,7 - 3,4	1,5 - 2,9	1,7 - 3,4	1,7 - 3,4
Polder Sossau West	-	-	-	2,2 - 3,7	1,7 - 3,2	2,2 - 3,7	2,2 - 3,7

Polder Teile / Donau	ökologische Flutung		HQ30		HQ100	HQ200	HQ100 / HQ200
	Ist	Plan	Ist	Plan	Ist	Ist	Plan
Polder Sossau Ost	-	-	-	-	2,0 - 3,0	2,5 - 3,5	1,5 - 3,5
Donau							
km 2317,5 ... 2319,0	-	-	2,0 - 4,5	1,5 - 4,0	2,5 - 5,0	3,0 - 5,5	2,5 - 5,5
km 2334,0 ... 2335,0	-	-	0,5 - 1,5	0,5 - 1,5	0,5 - 2,0	0,5 - 2,5	0,5 - 2,5

10.6 Entleerung und Restwasserflächen

Im Ist-Zustand erfolgt die Entleerung der Retentionsflächen an der Oberauer Schleife in umgekehrter Richtung wie die Flutung, über den rechten Kößnachdeich. Dabei ist die Entleerung, wie auch die Flutung, abhängig davon, ob ein Deichbruch am Kößnachdeich eintritt. Ohne Deichbruch können die Retentionsräume an der Oberauer Schleife nur bis zur niedrigsten Höhe des Kößnachdeiches bzw. durch Einsatz des bestehenden Regulierungsbauwerks zur Kößnach (RzK) entleert werden. Bei einem Deichbruch am Kößnachdeich erfolgt auch ein Großteil der Entleerung über die Deichbresche und die Restentleerung über das RzK.

Die Entleerung der Retentionsräume im Ist-Zustand erfolgt sukzessive mit fallendem Donauwasserstand in 3 Phasen. Wobei die letzte Phase unabhängig vom Donauwasserstand stattfindet.

- Phase 1 Entleerung über die Deichkrone/Deichbresche am Kößnachdeich mit fallendem Wasserstand in der Donau sowie gleichzeitig durch das Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK)
- Phase 2 Entleerung über das RzK mit fallendem Wasserstand in der Donau
- Phase 3 Restentleerung über das RzK

Am Ende der Entleerungsphase 2 sinkt der Wasserstand im Kößnach-Ableiter unter die Schwelle der Öffnungen am RzK. Aufgrund der geringen Leistungsfähigkeit des RzK verbleibt in den Polderflächen jedoch eine große Wassermenge zurück, die anschließend langsam über das RzK in Richtung Kößnach-Ableiter und Donau abfließt (Phase 3). Dadurch steigen die Entleerungszeiten bzw. Einstaudauern der einzelnen Polderflächen im Ist-Zustand maßgeblich.

Die Entleerungsvolumen und -zeiten für die Phase 1 wurden im OW-Modell anhand implementierter Kontrollquerschnitte erfasst. Wegen der sehr zeitaufwendigen Simulation wurde für die unterschiedliche Hochwasserwellen jeweils nur eine Berechnung der kompletten Entleerung bis zum Ende der Phase 3 ausgeführt. Die Ergebnisse wurden bei den Wellen (HWx) für die weiteren Hochwasserscheitel (HQx) faktorisiert, um die Entleerungszeiten der Phase 2 und 3 zu ermitteln.

Im Plan-Zustand dient das Auslaufbauwerk der Entleerung des geplanten Flutpolders. Die Deichlücken und das Verbindungsbauwerk im Trenndamm unterstützen die Entleerung und Verteilung der ausströmenden Wassermengen. Die Entleerung des künftigen Flutpolders erfolgt ebenfalls sukzessive mit fallendem Donauwasserstand in 3 Phasen.

- Phase 1 Hauptentleerung über das Auslaufbauwerk
- Phase 2 Restentleerung über das Auslaufbauwerk und Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK)
- Phase 3 Restentleerung Polder Sossau West und Ost über den Entleerungskanal

In Phase 1 können über das Auslaufbauwerk ca. 80 % des rückgehaltenen Wassers mit fallendem Wasserstand in Kößnach-Ableiter und Donau entleert werden.

Die Restentleerung des Flutpolders erfolgt durch das Rzk bzw. in den Poldern Sossau West und Ost durch den Entleerungskanal und die Durchlässe in den Wegen, ebenfalls mit fallendem Donauwasserstand. Dabei kann der Polder Sossau Ost erst entleert werden, wenn der Polder Sossau West durch den Entleerungskanal entwässert wurde.

Die Restentleerung des Polders Öberau wird durch das vorhandene Grabensystem und die Durchlässe in den Wegen und Ringdeichen sichergestellt.

Die Restentleerung der oberen Schleife erfolgt über das Auslaufbauwerk bis zum Anfangswasserstand von 316,16 m ü. NHN. Da der Anfangswasserspiegel in der unteren Schleife niedriger liegt als in der oberen Schleife, siehe Kapitel 5.10, wird die Resteentleerung der unteren Schleife durch das Rzk gewährleistet.

Die Entleerungsvolumen und -zeiten für den Plan-Zustand wurden im OW-Modell anhand implementierter Kontrollquerschnitte erfasst.

Restwasserflächen

Grundlage des Oberflächenwassermodells sind Laserscandaten (DGM im 1 m-Raster) die den aktuellen Geländeverhältnissen entsprechen. In Seigen und Mulden verbleiben Restwasserflächen, wie sie auch bei der jährlich durchgeführten ökologischen Flutung oder einem derzeitigen HQ100 bzw. HQ200 auftreten. Eine Versickerung oder Verdunstung findet im Oberflächenwassermodell nicht statt.

Die Restwasserflächen sind in den Anlagen auf den Darstellungen zur Einstaudauer zu erkennen. Die Flächen mit der größten Einstaudauer, ausgenommen der Altwasserflächen und Gewässer, sind die zu erwartenden Restwasserflächen des künftigen Flutpolders bzw. die Restwasserflächen im Ist-Zustand.

Die Restwassermengen des Flutpolders, die nicht entleert werden können, betragen ca. 0,51 ... 0,63 Mio. m³. Im Ist-Zustand sind die die Restwassermengen infolge der ungenügenden Entwässerung der Polder Sossau West und Ost größer und betragen ca. 0,89 ... 1,40 Mio. m³.

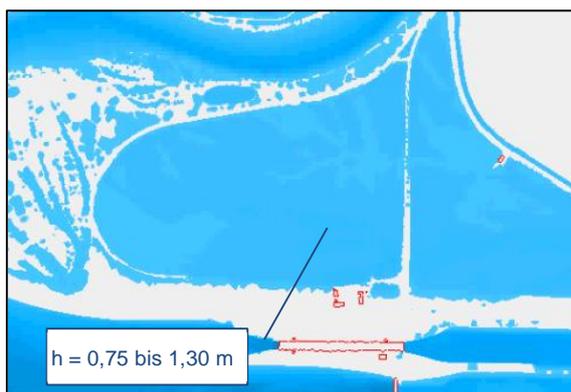


Abbildung 33: Restwasserflächen im Polder Sossau West ohne Ertüchtigung des Grabensystems

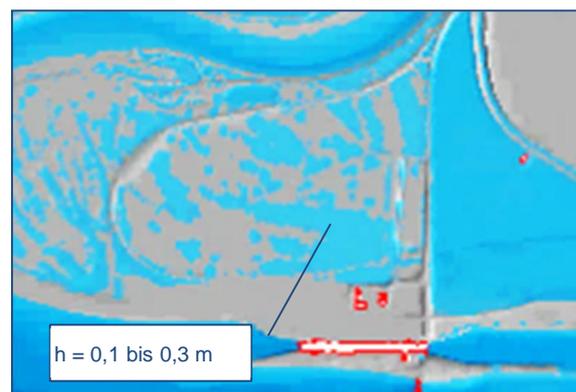


Abbildung 34: Restwasserflächen im Polder Sossau West mit Ertüchtigung des Grabensystems

Im Polder Öberau sind keine Maßnahmen zur Verringerung der Restwasserflächen vorgesehen, da hier durch das vorhandene Grabensystem bereits eine ausreichende Dränierung besteht.

Im Polder Sossau West sind hingegen zusätzliche Durchlässe und die Ertüchtigung der vorhandenen Gräben vorgesehen, um die nördlichen Flächen an die südlichen Flächen und den Bereich des Entleerungskanals anzubinden.

10.7 Einstaudauer

Für alle durchgeführten Berechnungen, die als Anlagen beiliegen wurde die Einstaudauer im Ist- und Plan-Zustand ermittelt und auf Karten dargestellt.

Die Flutungsdauer bis zur Vollfüllung des Flutpolders bzw. der Retentionsräume, die Entleerungsdauer sowie die gesamte Einstaudauer sind im Anhang D für die verschiedenen Hochwasserwellen dokumentiert. Die Einstaudauer ist abhängig von der Wellenform (spitze / breite Welle), siehe Tabelle 27.

Tabelle 27: Flutungszeit und Gesamteinstaudauer im Ist- und Plan-Zustand bei verschiedenen Wellen

Hochwasserwellen / ökolog. Flutung		Flutungszeit in Stunden	Entleerungszeit in Stunden	Gesamteinstau- dauer in Stunden	Gesamteinstau- dauer in Tagen
HW 2011 (Welle mit mittlerem Volumen)	Ist oDB	23 ... 28	461 ... 1889	484 ... 1916	20 ... 80
	Ist mDB	26 ... 39	356 ... 472	389 ... 499	16 ... 21
	Plan	27 ... 31	108 ... 149	139 ... 176	6,0 ... 7,5
HW 1988 (breite Welle)	Ist oDB	52 ... 64	1087 ... 1250	1151 ... 1302	48 ... 54
	Ist mDB	62 ... 114	639 ... 715	701 ... 829	29 ... 35
	Plan	47 ... 50	352 ... 501	402 ... 548	17 ... 23
HW 2002 (spitze Welle)	Ist oDB	20 ... 33	230 ... 1091	250 ... 1124	10 ... 47
	Ist mDB	33	461 ... 544	494 ... 577	21 ... 24
	Plan	21 ... 25	80 ... 90	105 ... 111	4,5 ... 5,0
HW 2013 (Realereignis)	Ist	-	-	-	-
	Plan	35	114	149	6,0 ... 6,5
Ökologische Flutung	Ist	300	420	720	30

Anmerkung: Die maximale Einstauhöhe bei der ökologischen Frühjahrsflutung beträgt 317,96 m ü. NHN.

Bei den Ist-Zuständen ohne Deichbruch ist die Einstaudauer am größten, da die Retentionsräume an der Oberauer Schleife nur bis zur niedrigsten Höhe des Kößnachdeiches bzw. durch Einsatz des bestehenden Regulierungsbauwerks zur Kößnach (RzK) entleert werden. Durch die begrenzte Leistung des RzK dauert die Entleerung mehrere Wochen bis Monate.

Tritt im Ist-Zustand ein Deichbruch auf, reduziert sich auch die Einstaudauer, die aber immer noch einige Wochen betragen kann. Die Wassermengen in den beiden Schleifenteilen können nur teilweise über

den Deichbruch entleert werden, da der Polder Sossau höher liegt. Die Entleerung der Schleifenteile erfolgt dann über das Rzk.

Im Plan-Zustand kann die Einstaudauer durch die geplanten Entleerungsbauwerke deutlich gegenüber dem Ist-Zustand verringert werden. Bei einer Welle mit mittlerem Volumen oder einer spitzen Welle beträgt die Einstaudauer nur wenige Tage bis zu einer Woche. Bei einer breiten Welle dauert der Einstau hingegen bis zu ca. 3 Wochen.

Die Flächen im künftigen Flutpolder werden aufgrund des hinausgezögerten Flutungsbeginns deutlich später eingestaut als natürliche Donauvorländer. Die Entleerung kann parallel mit fallendem Donauwasserspiegel erfolgen. Die Überstaudauer der Vorlandflächen im Flutpolder ist somit deutlich kürzer als beim natürlichen Einstau der Donauvorländer.

Den Vergleich der Einstaudauern im Ist- und Plan-Zustand auf den Wiesenflächen in der Oberauer Schleife sowie auf den landwirtschaftlichen Flächen im Polder Öberau und im Polder Sossau zeigt Anhang B.

Auch bei Wiesen, die im Ist-Zustand als letztes überflutet werden (z. B. Saulburger Wiese) ist eine Reduktion im Plan-Zustand zu erwarten. Grund ist die lange Einstaudauer im Ist-Zustand, die durch die langsame Entleerung über den Kößnachdeich bzw. den Deichbruch und das Rzk verursacht wird.

Eine deutliche Reduzierung der Einstauzeiten ist künftig auf den landwirtschaftlichen Flächen im Polder Öberau und im Polder Sossau zu erwarten. Die geplanten Deichschlitzungen und die Ertüchtigung des Entwässerungssystems im Polder Öberau begünstigen eine rasche Entwässerung der Flächen und reduzieren damit die Einstauzeiten.

Im Polder Sossau West führt der Entleerungskanal und die Ertüchtigung der Gräben ebenfalls zur rascheren Entwässerung der Flächen. Zusätzlich kann nach Entleerung des Polders Sossau West künftig auch der Polder Sossau Ost über den geplanten Entleerungskanal entleert werden, was ebenfalls die Einstauzeit deutlich reduziert.

10.8 Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen

In den Anlagen sind die maximalen Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen für den Ist- und Plan-Zustand dargestellt. Die Unterschiede zwischen dem Ist- und Plan-Zustand sind eher gering und mehrheitlich auf die unterschiedliche Polderflutung zurückzuführen.

Im Ist-Zustand erfolgt die Flutung der Retentionsräume an der Oberauer Schleife unterstrom der Stauhaltung Straubing durch Überströmung des rechten Kößnachdeiches. Dadurch treten in den Deichlücken zwischen den ehemaligen Donaudeichen und dem Stauhaltung sowie am Trenndamm die höchsten Geschwindigkeiten und Schubspannungen auf. An diesen lokal begrenzten Stellen betragen die max. Fließgeschwindigkeiten 1,5 bis 2,0 m/s und die Schubspannungen 50 bis 100 N/m. Auf dem Großteil der Überflutungsflächen sind hingegen nur geringe Fließgeschwindigkeiten von 0,25 bis 0,50 m/s und Schubspannungen von 5 bis 10 N/m² zu erwarten.

Im Plan-Zustand erfolgt die Flutung von oberstrom aus dem Stauraum der Stauhaltung Straubing. Infolgedessen treten die größten Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen am Einlaufbauwerk auf. Durch das Tosbecken im Anschluss an das Einlaufbauwerk und das Ableitungsgerinne zum Absetzbecken werden die Fließgeschwindigkeiten rasch unter 1,0 m/s reduziert. Im Absetzbecken beruhigt sich das einströmende Wasser und die Geschwindigkeiten reduzieren sich auf 0,25 bis 0,50 m/s.

In Senken/Seigen, Gräben und im Bereich der Fließstrecke zwischen Absetzbecken und oberer Schleife sind lokal durchaus Fließgeschwindigkeiten von max. 1,0 bis 2,0 m/s und Schubspannungen von 25 bis 50 N/m² möglich.

Auf dem Großteil der Wiesen- und Wasserflächen im Flutpolder treten jedoch max. Fließgeschwindigkeiten von kleiner 0,5 m/s auf. Dabei weisen die Wiesenflächen im Bereich des Einlaufbauwerks (Saulburger Wiese) und im Bereich des Trenndamms und Auslaufbauwerks (Fuchshöhle) mit 0,3 bis 0,5 m/s die größten Fließgeschwindigkeiten auf. Auf den anderen Wiesenflächen der oberen und unteren Schleife sowie im Polder Öberau und im Polder Sossau West sind hingegen max. Fließgeschwindigkeiten von $< 0,2$ m/s zu erwarten.



Abbildung 35: Bestand im Bereich des geplanten Einlaufbauwerks

Bei einer gut durchwurzelten und regelmäßig unterhaltenen Grasnarbe können die Wiesenflächen gemäß [18] Schubspannungen bis zu 30 N/m^2 und Fließgeschwindigkeiten bis zu $1,5 \text{ m/s}$ schadlos widerstehen.

In folgenden Bereichen des Flutpolders werden diese Werte überschritten:

- am Einlaufbauwerk
- in den Grabenzügen am Einlaufbauwerk
- in der Fließstrecke im Anschluss an das Absetzbecken
- am Auslaufbauwerk
- am Verbindungsbauwerk im Trenndamm
- im Böschungsbereich der oberen Schleife bei Donau-km 2330,5
- in den Deichlücken

Im Bereich der Bauwerke wird den erhöhten Beanspruchungen durch den Einbau von Stahlbetonsohlen und Vor- und Nachschüttungen aus Wasserbausteinen begegnet. Hier sind künftig keine Erosionen zu erwarten.

Im Bereich der Deichlücken treten teilweise ebenfalls erhöhte Fließgeschwindigkeiten und Sohl-schubspannungen auf. Daher sind hier in der Sohle und im Bereich der Böschungen zu den vorhandenen Deichen verdeckte Sicherungen aus Wasserbausteinen vorgesehen, die mit einer Vegetationstragschicht abgedeckt werden. Sollten im Einsatzfall des Flutpolders die Vegetationstragschicht erodiert und die verdeckten Wasserbausteine beschädigt werden, sind diese im Nachgang wiederherzustellen.

Beim künftigen Flutungsprozess sind somit nur lokale Erosionen in den Grabenzügen am Einlaufbauwerk und in Teilen der Fließstrecke zu erwarten. Aufgrund des ökologisch hochwertigen Biotopbestandes sind in diesen Bereichen keine Maßnahmen vorgesehen. Sollten im Einsatzfall des Flutpolders Erosionen auftreten, sind diese im Nachgang zu begutachten und die Abbruchstellen ggf. auszubessern.

Auf den Wiesen- und Altwasserflächen der Oberauer Schleife sowie auf den landwirtschaftlichen Flächen im Polder Öberau und im Polder Sossau West sind aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten keine Erosionen infolge des Flutpoldereinsatzes zu erwarten.

10.9 Auswirkungen im Kößnach-Ableiter

Die Entleerung des künftigen Flutpolders erfolgt zum Großteil über das Auslaufbauwerk in den Kößnach-Ableiter. Dabei kann nur so viel Wasser aus dem Flutpolder herausfließen, wie es die Wasserstände im Kößnach-Ableiter zulassen. Entleert wird im Zuge des Rückgangs des Hochwassers in Donau und Kößnach-Ableiter. Es kann mit der Entleerung somit erst begonnen werden, wenn der Wasserstand im Kößnach-Ableiter niedriger liegt als im Flutpolder. Eine Übersicht zu den maximalen Wasserständen im Kößnach-Ableiter für den Plan-Zustand zeigt die nachstehende Tabelle.

Die größten Unterschiede treten bei HQ30 mit einer Wasserspiegeldifferenz von 1,0 bis 1,2 m ein. Bei HQ100 liegen die Differenzen im Bereich von 0,3 bis 0,5 m und bei HQ200 nur noch bei 0,05 bis 0,15 m. Bei HQ300 und teilweise auch bei breiten Wellen in Höhe eines HQ200 (HW 1988) liegt der Wasserstand im Kößnach-Ableiter höher als im Flutpolder.

Um Abflussspitzen im Kößnach-Ableiter bei der Entleerung des Flutpolders zu vermeiden, erfolgt bei HQ30 und HQ100 eine um wenige Stunden verzögerte Entleerung bzw. eine gestaffelte Freigabe der Öffnungen am Auslaufbauwerk.

Tabelle 28: Wasserstände im Flutpolder und im Kößnach-Ableiter in m ü. NHN

HW	Stauziel Flutpolder	Wasserstände im Kößnach-Ableiter			
		HQ30	HQ100	HQ200	HQ300
2011	320,20	319,14	319,79	320,15	320,39
1988	320,20	319,20	319,88	320,23	320,48
2002	320,20	318,98	319,69	320,04	320,27
2013	320,20	319,01	-	-	-

Bei HQ200 kann mit der Entleerung nahezu unmittelbar nach Erreichen des Stauziels im Flutpolder begonnen werden. Bei HQ300 ist eine Entleerung erst möglich, wenn der Wasserstand im Kößnach-Ableiter unter das Stauziel im Flutpolder absinkt.

Auswirkungen auf das gegenüberliegende Ufer infolge der Entleerung sind nicht zu erwarten, da sich am Standort des Auslaufbauwerks eine Aufweitung am linken Ufer des Kößnach-Ableiters befindet. Durch die größere Breite besteht ein größerer Wasserkörper, der eine Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten und die Beruhigung der Strömung bei der Entleerung unterstützt.

Eine Vergrößerung der Leistungsfähigkeit des Kößnach-Ableiters für die Ableitung der zusätzlichen Wassermengen bei Entleerung des Flutpolder ist nicht erforderlich. Die Entleerung kann nur mit Absinken der Wasserstände im Kößnach-Ableiter erfolgen und ist abhängig von der Wasserspiegeldifferenz in Ableiter und Flutpolder.

Nachteilige Auswirkungen auf die Oberlieger an der Kößnach und am Kößnach-Ableiter ergeben sich durch den Flutpolderbetrieb nicht. Einzig der Wasserstand im Kößnach-Ableiter fällt infolge der Entleerung des Flutpolder um 3 bis 6 Stunden später als im Ist-Zustand.

10.10 Auswirkungen in der Donau oberstrom des Einlaufbauwerks

Das Einlaufbauwerk des Flutpolders befindet sich im Rückstauereich der Staustufe Straubing außerhalb der Hauptströmung der Donau in einem strömungsberuhigten Bereich. Durch den Einsatz des Flutpolders wird die Fließbewegung in der Stauhaltung verändert. In der langsam fließenden Stauhaltung wird durch das Öffnen des Einlaufbauwerks eine zusätzliche Fließbewegung initiiert.

Dadurch sinken im Plan-Zustand die Wasserstände in der Stauhaltung und die Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen steigen leicht an, siehe Anlagen. Die Auswirkungen reichen bis ca. Donau-km 2335, teilweise sogar bis zum Modellanfang bei Donau-km 2336.

Die Veränderung der Wasserstände gegenüber dem Ist-Zustand infolge des Flutpoldereinsatzes zeigen die nachstehende Tabelle sowie der Anhang A.

Die Wasserspiegelabsenkung in der Donau oberstrom des Einlaufbauwerks beträgt bei HQ30 und HQ100 meist weniger als 10 cm. Bei HQ200 ist diese am größten, was auch auf die Steuerung der Staustufe Straubing zurückzuführen ist, an der nur bis HQ100 ein konstanter Wasserstand gehalten wird. Im Fall HQ300 nehmen die Auswirkungen durch den Flutpoldereinsatz aufgrund der großen Fülle des Hochwasserereignisses wieder leicht ab.

Tabelle 29: Wasserspiegelabsenkung in der Donau oberstrom der Ausleitungsstelle in m

HW	Wasserspiegelabsenkung in Donau von km 2334 bis 2336			
	HQ30	HQ100	HQ200	HQ300
2011	-0,04 ... -0,05	-0,06 ... -0,11	-0,16 ... -0,25	-0,02 ... -0,08
1988	-0,02 ... -0,04	-0,04 ... -0,08	-0,09 ... -0,16	-0,07 ... -0,12
2002	-0,05 ... -0,07	-0,07 ... -0,12	-0,18 ... -0,32	-0,17 ... -0,30
2013	-0,04 ... -0,05	-	-	-

Nachteilige Auswirkungen auf die Oberlieger an der Donau ergeben sich durch den Flutpolderbetrieb nicht. Die Auswirkungen sind nach oberstrom begrenzt und stellen für die Stauhaltung keine wesentliche Beanspruchung dar. Das Pittricher Vorland von Donau-km 2334 bis 2335 ist durch den Flutpoldereinsatz nicht betroffen.

11 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Flutpolderkonzept für die bayerische Donau; LfU/Ref.61; Bayerisches Landesamt für Umwelt; 23.07.2014
- [2] Ergänzungen zum ROV und Zusammenfassung der Ergebnisse der nach dem ROV durchgeführten Abstimmungsgespräche mit Fachbehörden und beteiligten Dritten, Planungsstand November 2014; WWA Deggendorf; Deggendorf; 16.02.2015
- [3] Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, 2D-Modellierung; SKI GmbH+Co.KG; Auftraggeber: WWA Deggendorf; München; 09/2011
- [4] Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Stadt Straubing, Landkreis Straubing-Bogen, Einleitung eines Raumordnungsverfahrens gemäß Art. 24 und 25 BayLPIG; Bayerisches Landesamt für Umwelt; 26.02.2013
- [5] Gewässerkundlicher Dienst Bayern; Bayerisches Landesamt für Umwelt; © LfU 2013; <http://www.gkd.bayern.de/fluesse/abfluss/karten/index.php?thema=gkd&rubrik=fluesse&produkt=abfluss&gknr=2>
- [6] Hauptwerte der Kößnach, Wasserwirtschaftsamt Deggendorf, Juli 2015
- [7] Hochwasserschutz Kößnach, Hochwasserrückhaltebecken Aufroth, Erläuterung zur Entwurfsplanung vom 30. September 2010; EBB Ingenieurgesellschaft mbH; Vorhabensträger: Gemeinde Kirchroth, Landkreis Straubing-Bogen; Regensburg; 30.09.2010
- [8] Modell_RMD_Ausbauzustand_Ber140_SMS8.2dm; Oberflächenwassermodell für Programm Hydro_AS-2d; RMD Wasserstraßen GmbH; Auftraggeber: WWA Deggendorf, München; Stand: 09.12.2015
- [9] Schöpfwerk HORNSTORF, Datenblatt Nr. 32; Wasserwirtschaftsamt Deggendorf; Stand 09/2008
- [10] Einleitungsbauwerk zur Kößnach, BESTANDSPLAN, Bauwerk, Schnitte; Zeichnungs Nr.: C IV Str 3926f; Blatt Nr.: S 9-1-043_1; M = 1:50; RMD Wasserstraßen; gez. Bachner; Deggendorf; 18.06.2007
- [11] Einleitungsbauwerk zur Kößnach, BESTANDSPLAN, Bauwerk, Draufsicht und Schnitte; Zeichnungs Nr.: C IV Str 3925f; Blatt Nr.: S 9-1-042_1; M = 1:50; RMD Wasserstraßen; gez. Bachner; Deggendorf; 18.06.2007
- [12] Hydrotechnische Berechnung, Staustufe Straubing, Planfeststellungsverfahren nach § 14 WaStrG; Teilverfahren: I, Beilage: 2; Neubauamt Donauausbau, Regensburg; Dezember 1976, Anmerkung: Wasserspiegelberechnungen vom Prof. Dr. Ing. F. Hartung
- [13] Erläuterungsbericht, Bundeswasserstraße Donau, Donauausbau Stauhaltung Straubing, Planergänzungen, Oberauer Schleife unterer Teil – Niedrigwassersimulation; Wasser- und Schifffahrtsamt Regensburg; Regensburg; 16.03.2012
- [14] Aktionsprogramm 2020plus Flutpolder Donau, Einsatz und Steuerung der Flutpolder „Bewirtschaftungsstrategie“, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 61, 08.07.2019
- [15] Weitergehende Untersuchungen zu den Flutpoldern Bertoldsheim, Eltheim und Wörthhof – Synthesebericht, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 11/2020
- [16] Weitergehende Untersuchungen zu den Flutpoldern Bertoldsheim, Eltheim und Wörthhof - Ergänzung zum Synthesebericht (Auswertung der Wasserstandsreduktionen), Bayerisches Landesamt für Umwelt, 04/2021

- [17] Auswertung der Simulationsergebnisse donaubetontes HQ30 (Basis: HW2011), Kurzbericht Nr. 1, WIGES – Wasserbauliche Infrastrukturgesellschaft mbH, 08/2020
- [18] Haselsteiner, R. (2006): Deichertüchtigung in Bayern - Eine Übersicht. Tagungsband zur Fachtagung "Deichertüchtigung und Deichverteidigung in Bayern", Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München, Band Nr. 107, S. 13 - 28, 13./14. Juli, Wallgau.