

Unterlage 01.03.02 – Auslaufbauwerk

Teilbericht 02.01 - Variantenbetrachtung Auslaufbauwerk

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Planungsrandbedingungen	1
2.1	Vorbemerkungen.....	1
2.2	Einordnung des Bauwerkes in die aktuelle Normung	2
2.3	Gewässerkundliche Grundlagen	2
2.4	Allgemeine Anforderungen	3
2.5	Anforderungen des Betreibers/Nutzers.....	3
2.6	Zusätzlicher Einsatzfall: Flutung über Einlaufbauwerk und Auslaufbauwerk	4
3	Variantenbetrachtungen	4
3.1	Vorbemerkungen.....	4
3.2	Variantenbetrachtung zum Standort des Auslaufbauwerks.....	5
3.2.1	Vorbetrachtungen.....	5
3.2.2	Standortvarianten	6
3.2.3	Variantenvergleich und Vorschlag einer Vorzugsvariante zum Standort	10
3.3	Variantenbetrachtung zur Konstruktion.....	10
3.3.1	Vorbetrachtungen.....	10
3.3.2	Varianten zum Funktionsprinzip.....	11
3.3.3	Varianten zur Bauweise	11
3.3.4	Varianten zu den Verschlusseinrichtungen.....	13
3.3.5	Varianten zu den Antrieben	14
3.3.6	Variantenbetrachtung zur Energieumwandlungsanlage am geplanten Auslaufbauwerk	17
3.3.7	Grundlagen und Randbedingungen für die hydraulischen Vorberechnungen	17
3.3.8	Variante ABW 1: offene Bauweise mit Wehrfeldern	20
3.3.8.1	Funktionsprinzip und hydraulisches Berechnungsverfahren	20
3.3.8.2	Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Entleerung über ABW)	21
3.3.8.3	Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Flutung über EBW und ABW)	22
3.3.8.4	Konstruktion	24
3.3.8.5	Vor- und Nachteile	25
3.3.9	Variante ABW 3a: geschlossene Bauweise mit Rechteckdurchlässen	26
3.3.9.1	Funktionsprinzip und hydraulisches Berechnungsverfahren	26
3.3.9.2	Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Entleerung über ABW)	27
3.3.9.3	Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Flutung über EBW und ABW)	28

3.3.9.4	Konstruktion	29
3.3.9.5	Vor- und Nachteile	30
3.4	Variantenvergleich und Vorschlag einer favorisierten Bauweise	31
4	Weitere Betrachtungen.....	32
4.1	(n – 1)-Bedingung	32
4.2	Revisions- und Notverschlüsse, doppelte Verschlussebene	32
4.2.1	Revisions- und Notverschlüsse.....	32
4.2.2	doppelte Verschlusseinrichtungen	33
4.2.3	Empfehlung	33
4.3	Baugrube, Wasserhaltung und Dichtungsanschluss	34
4.4	Grobrechen	34
4.5	Weitere Anlagenteile	35
4.6	Auswirkungen und Maßnahmen am Kößnach-Ableiter	36
4.7	Untersuchungen zur Minimierung der Einstaudauer für die Biotopstrukturen innerhalb der Hochwasserrückhaltung.....	36
5	Zusammenfassung	37
6	Literatur- und Quellenverzeichnis	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wasserstände der Donau in m ü. NN	2
Tabelle 2:	Variantenvergleich für den Standort des Auslaufbauwerks.....	9
Tabelle 3:	Vor- und Nachteile zu den näher betrachteten Antriebsvarianten.....	15
Tabelle 4:	optimales Entleerungsende und optimale Entleerungsdauer anhand der Ganglinien.....	18
Tabelle 5:	Leistungsfähigkeit, Einstaudauer und Anzahl der Öffnungen bei Variante ABW 1	21
Tabelle 6:	Scheitelreduzierung bei HQ30-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 1	23
Tabelle 7:	Scheitelreduzierung bei HQ100-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 1	23
Tabelle 8:	Leistungsfähigkeit, Einstaudauer und Anzahl der Öffnungen bei Variante ABW 3a	27
Tabelle 9:	Scheitelreduzierung bei HQ30-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 3a.....	28
Tabelle 10:	Scheitelreduzierung bei HQ100-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 3a	29
Tabelle 11:	Zusammenstellung der Vorzugsvarianten und Entwurfsparameter	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standortvarianten zum Auslaufbauwerk 8

Anhangverzeichnis

Anhang A Variantenvergleich zum Standort

Anhang B Variantenvergleich zu den Konstruktionsvarianten

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Plandarstellung zu den Standortvarianten

Anlage 2 Plandarstellungen zu den baulichen Varianten

Anlage 3 Hydraulische Vorberechnungen zur Variante ABW 1

Anlage 4 Hydraulische Vorberechnungen zur Variante ABW 3a

Anlage 5 Untersuchungen zur Minimierung der Einstaudauer für die Biotopstrukturen innerhalb der Hochwasserrückhaltung

1 Veranlassung

Im Rahmen der Bearbeitung der Planungsleistungen zur Errichtung einer gesteuerten Hochwasserrückhaltung an der Oberauer Schleife der Donau wurden Variantenuntersuchungen zu den einzelnen Bauwerken durchgeführt, die zur Umsetzung der Aufgabenstellung und der im Rahmen der Vorplanung herausgearbeiteten Vorzugsvariante für die Hochwasserrückhaltung erforderlich werden.

Gegenstand der nachfolgenden Unterlage ist die Variantenuntersuchung für das **Auslaufbauwerk** der geplanten Hochwasserrückhaltung (HWR) für die favorisierte Planung. Die Variantenuntersuchung zum Auslaufbauwerk ist als Teilbericht 02.01 Bestandteil der Vorplanungsunterlage.

Zielstellung dieser Unterlage ist es, verschiedene Lösungsmöglichkeiten zum Standort des Auslaufbauwerks sowie der Konstruktion aufzuzeigen, untereinander zu vergleichen und zu bewerten. Abschließend wird als Grundlage für die Entwurfsplanung eine Vorzugsvariante empfohlen

2 Planungsrandbedingungen

2.1 Vorbemerkungen

Im Ergebnis eines Raumordnungsverfahrens (ROV) [3][3], das im Jahr 2012 durchgeführt wurde und mit der Landesplanerischen Beurteilung [2] im Jahre 2013 abgeschlossen wurde, ist die Oberauer Donauschleife als Überflutungsfläche zur Rückhaltung im Hochwasserfall vorgesehen. Im Zuge der Vorplanung konnten die im Raumordnungsverfahren prognostizierten Wirkungen für die raumgeordnete „Variante 4 mod LaB“ anhand weiterführender hydraulischer Berechnungen, die auf der Grundlage des fortgeschriebenen Oberflächenwassermodells und für verschiedene Hochwasserwellen durchgeführt wurden, aufgrund der geänderten Randbedingungen und der Vorgaben aus dem Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020plus aus dem Jahr 2013 nicht bestätigt werden.

Im Rahmen der Vorplanung zur Umsetzung der Hochwasserrückhaltung wurden verschiedene Varianten untersucht, mit denen sich die im Raumordnungsverfahren prognostizierten Wirkungen erreichen lassen. Im Ergebnis wurde eine favorisierte Planung entwickelt, für die im Jahr 2017 ein Scopingverfahren [1] durchgeführt wurde. Die favorisierte Planung ist die Grundlage für die weitere Planung.

Vorgesehen ist eine gesteuerte Hochwasserrückhaltung, die ab einem HQ30, HQ100 bzw. HQ200 in der Donau geflutet werden soll. Die Hochwasserrückhaltung soll maximal bis zu einem Binnenwasserstand von 320,20 m ü. NN angestaut werden. Bei Erreichen des Stauziels in der Hochwasserrückhaltung wird das Einlaufbauwerk geschlossen und das Auslaufbauwerk je nach Wasserstand im Unterwasser geöffnet, um den Stauinhalt mit der abfließenden Hochwasserwelle zu entleeren.

Für ein Hochwasserereignis mit einer kurzen, schnellen Hochwasserwelle, wie die Ereignisse auf Basis des Hochwasserereignisses von 2002, muss das Auslaufbauwerk auch für eine Flutung von unterstrom ausgelegt sein.

Die wesentlichen Anlagenteile am Auslaufbauwerk sind:

- Bauwerkskörper,
- Verschlusseinrichtungen,
- Energieumwandlungsanlage,
- Zulaufbereich, evtl. mit Zulaufgerinne
- Ablaufbereich, evtl. mit Ablaufgerinne zum Vorfluter.

2.2 Einordnung des Bauwerkes in die aktuelle Normung

Die Bestimmung der maßgebenden Normen für das Auslaufbauwerk und weitere durch das Planungsvorhaben betroffene wasserbaulichen Anlagen beruht auf folgenden Überlegungen:

Das geplante Auslaufbauwerk (ABW) dient im Einsatzfall der Entleerung der geplanten Hochwasserrückhaltung mit absinkender Hochwasserwelle in der Donau. Obwohl das Auslaufbauwerk auf beiden Seiten ständig geringfügig eingestaut wird, ist es als Entleerungsbauwerk der DIN 19712 [15] zuzuordnen (siehe auch Sicherheitskonzept [8]). Trotz des ständigen Einstaus handelt es sich nicht um eine Stauanlage gemäß DIN 19700-13 [11], da diese Norm ausdrücklich nicht für wehrähnliche Entlastungsanlagen anzuwenden ist.

Nach einem Hochwasserfall bzw. dem Einstau der Hochwasserrückhaltung ist das Auslaufbauwerk gezielt zu öffnen, um diese möglichst rasch zu entleeren. Außerhalb des Hochwasserfalls hat das Bauwerk einzig die Funktion den Wasserstand in der oberen Schleife zu halten, der i.d.R höher liegt als die Wasserstände im Kößnach-Ableiter.

2.3 Gewässerkundliche Grundlagen

Hauptvorfluter im Vorhabensgebiet ist die durch die Staustufe Straubing aufgestaute Bundeswasserstraße Donau. Maßgebender Pegel ist der etwa 15 km unterstrom von Straubing liegende Pegel Pfelling.

Auf Basis realer Hochwasserereignisse aus den Jahren 1988, 2002, 2011 und 2013 liegen Messwerte zum Abfluss in der Donau vor. Daraus wurden Hochwasserganglinien für die Jährlichkeiten HQ30, HQ100 und HQ200 erzeugt.

Auf der Grundlage des Oberflächenwassermodells wurden aktuelle Wasserspiegellagenberechnungen für den Ist-Zustand bei den Ganglinien auf Basis des Hochwassers 2011 durchgeführt. Danach können der Donau unterstrom der Staustufe Straubing folgende Wasserstände zugeordnet werden:

Tabelle 1: Wasserstände der Donau in m ü. NN

Fluss-km	MQ * 473 m³/s	HQ30 2.800 m³/s	HQ100 3.400 m³/s	HQ200 3.700 m³/s	HQ500 4.100 m³/s
2330,0	320,00	320,01	320,09	320,51	321,10
2321,0	k. A.	319,30	319,97	320,22	320,78
2320,7	k. A.	319,28	319,95	320,21	320,75
2320,0	313,89	319,13	319,77	320,01	320,48

* aus dem Längsschnitt des WSA Regensburg für die Jahresreihe von 1961 bis 1990

Hinweis: Wasserstände in Tabelle ohne Deichbruch an den Kößnachdeichen und ohne Überströmung der St 2125

Der Rückstau der Donau in den Kößnach-Ableiter und die Kößnach erfolgt von etwa Donau-km 2320,7, wo der Kößnach-Ableiter in die Donau mündet.

Folgende höchste schiffbare Wasserstände (HSW) der Bundeswasserstraße Donau bestehen an der Staustufe Straubing:

oberstrom der Staustufe: 320,00 m ü. NN

unterstrom der Staustufe: 316,20 m ü. NN

Die Wasserstände in der Oberauer Schleife werden im jährlichen Turnus durch eine Heberanlage an der Donau sowie ein Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK) reguliert:

obere Schleife 315,45 ... 316,20 m ü. NN (sowie zur Frühjahrsflutung 318,00 m ü. NN)

untere Schleife 315,45 ... 315,80 m ü. NN

2.4 Allgemeine Anforderungen

Für die Variantenbetrachtung gelten folgende Prämissen:

- möglichst rasche Entleerung der Hochwasserrückhaltung,
- möglichst geringe Eingriffe in Natur und Landschaft,
- Funktions- und Überlastungssicherheit des Auslaufbauwerks (ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit des Auslaufbauwerks mit möglichst geringen Auswirkungen auf den Vorfluter bei Entleerung),
- geringe Baukosten, geringe Folgekosten,
- einfache Wartung und Unterhaltung des Bauwerks,
- einfache Kontrolle des Auslaufbauwerks bei Entleerung der Hochwasserrückhaltung.

Das bedeutet u.a. Erhalt der Uferstrukturen und -vegetation des Vorfluters, Erhalt der Wege sowie des Radwegenetzes, ästhetische Anforderungen an das Bauwerk und das Landschaftsbild.

2.5 Anforderungen des Betreibers/Nutzers

Betreiber des geplanten Auslaufbauwerks wird das Wasserwirtschaftsamt Deggendorf sein. Das Heberbauwerk an der Donau und das Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK), die beide der Regulierung der Wasserstände in der Oberauer Schleife dienen, werden auch zukünftig durch das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Regensburg betrieben. An das Auslaufbauwerk und die damit errichteten baulichen Anlagen werden folgende Grundanforderungen gestellt:

- Abgabe in den Vorfluter mit dessen sinkendem Wasserspiegel, bei Bedarf Regelbarkeit des Durchflusses über Zwischenstellungen, Beenden der Entleerung durch Schließen des Auslaufbauwerks,
- zusätzlicher Einsatzfall: Unterstützung des Flutungsvorgangs über das Auslaufbauwerk bei „spitzen“ Wellen, wie auf Basis Hochwasser 2002,
- einfacher Einsatz von Revisions- und Notverschlüssen, Berücksichtigung des Arbeitsschutzes für das Setzen der Verschlüsse (geringer Personaleinsatz, Verwendung betriebseigener Hebeteknik),
- ständige Erreichbarkeit der Anlage mit schweren Fahrzeugen (SLW60), Zufahrt zum Vorland auf Seiten des Kößnach-Ableiters,
- einfache Revisions-, Unterhaltungs- und Überwachungsmöglichkeiten, Fernüberwachung und ggf. Fernsteuerung des Auslaufbauwerks.

Weitere Anforderungen des Betreibers an die Gestaltung und Ausrüstung des Auslaufbauwerks (z.B. Stromversorgung, Beleuchtung, Umzäunung, ...) werden im Rahmen dieser Variantenuntersuchung nicht betrachtet.

2.6 Zusätzlicher Einsatzfall: Flutung über Einlaufbauwerk und Auslaufbauwerk

Da die Hochwasserrückhaltung auf die donaubetonnten Ganglinien auf Basis des Hochwassers 2011 bemessen wurde, ist das Einlaufbauwerk nicht ausreichend leistungsfähig um bei einer „spitzen“ Welle die Hochwasserrückhaltung bis zum Stauziel zu füllen. Dies betrifft vor allem die Ganglinien HQ30 und HQ100 auf Basis des Hochwassers 2002, wo am Einlaufbauwerk statt der für die Bemessungswelle ausreichenden 8+1 Wehrfelder mindesten 11 Felder benötigt werden, s. Teilbericht 01.01 zur Vorplanung (Variantenuntersuchung Einlaufbauwerk).

Das Ereignis HQ200 auf Basis Hochwasser 2002 ist hingegen nicht relevant, da dafür nur 9 Wehrfelder benötigt werden und diese Anzahl unter Berücksichtigung des (n - 1)-Feldes am Einlaufbauwerk für eine optimale Scheitelkappung zur Verfügung steht.

Um dennoch eine Vollfüllung auch bei HQ30 und HQ100 auf Basis des Hochwassers 2002 zu ermöglichen, ist für die Varianten zum Auslaufbauwerk zu untersuchen, ob der zusätzliche Einsatz des (n - 1)-Feldes am Einlaufbauwerk bei gleichzeitigem Einsatz des Auslaufbauwerks zur Polderflutung und damit zur Scheitelkappung beitragen kann.

3 Variantenbetrachtungen

3.1 Vorbemerkungen

Aufgabe der nachfolgenden Variantenbetrachtungen ist es, verschiedene Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen, untereinander zu vergleichen und zu bewerten sowie abschließend eine Vorzugsvariante zu empfehlen. Die Variantenbetrachtungen erfolgen vorrangig für die nachfolgend aufgeführten Bereiche:

- Lage bzw. Standort des Bauwerks,
- Konstruktion und hydraulisches Funktionsprinzip,
- Höhe, Breite und Anzahl der Wehrfelder,
- Verschlusseinrichtungen.

Aufgrund der Vielzahl von Varianten werden in einem ersten Schritt denkbare Varianten aufgezeigt, untersucht und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet. Nach dem Ausschlussprinzip erfolgt eine erste Filterung der Varianten.

Im zweiten Schritt werden die Vor- und Nachteile der verbliebenen Varianten verglichen und bewertet. Die Bewertung der Varianten erfolgt dabei relativ zueinander.

Für die Lage und Konstruktion des Bauwerks erfolgt zudem ein vertiefter Variantenvergleich unter Verwendung einer Bewertungsmatrix. Darin erfolgt die Bewertung nach Hauptkriterien, die wiederum in Unterkriterien unterteilt sein können. Weder die Reihenfolge der Kriterien noch deren Anzahl ist ein Maß für die Rangfolge. Im Rahmen dieser Variantenuntersuchung werden die Kriterien nicht mit Wichtigkeitsfaktoren belegt.

Für jedes Bewertungskriterium werden zwischen 0 und 100 Punkte vergeben. Die Maximalpunktzahl 100 entspricht der Bestbewertung. Die Abstufung der Punktvergabe erfolgt in 25er Schritten.

Allen nachfolgenden Varianten liegen folgende Festlegungen zugrunde:

- Minimierung der Eingriffe in Natur und Landschaft,
- optimale hydraulische Leistungsfähigkeit mit geringsten Auswirkungen auf den Vorfluter,
- ggf. Durchflussregelung bei Entleerung, korrespondierende Abgabe mit sinkendem Wasserspiegel im Vorfluter,
- hauptsächliche Entleerung über die obere Oberauer Schleife.

3.2 Variantenbetrachtung zum Standort des Auslaufbauwerks

3.2.1 Vorbetrachtungen

Die Standortsuche für das Auslaufbauwerk erfolgte mit dem Ziel, unter Berücksichtigung der topografischen Verhältnisse die Lage zu finden, bei der die geringsten naturschutzfachlichen Eingriffe zu erwarten sind. Zudem soll die Entleerung der Hochwasserrückhaltung so erfolgen, dass im Umfeld keine Schäden entstehen bzw. diese auf ein verträgliches Minimum beschränkt werden können.

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten die geplante Hochwasserrückhaltung zu entleeren:

- Auslaufbauwerk an der oberen Oberauer Schleife mit Entleerung in den Kößnach-Ableiter,
- Auslaufbauwerk am Standort des bestehenden Regulierungsbauwerks zur Kößnach (RzK) im Bereich der oberen und unteren Oberauer Schleife mit Entleerung in den Kößnach-Ableiter (Neubau eines Komplexbauwerks zur Wasserstandsregulierung in den Schleifenteilen und zur Entleerung der Hochwasserrückhaltung bei Hochwasser),
- Auslaufbauwerk an der unteren Oberauer Schleife mit Entleerung in die Donau.

Die Kombination des geplanten Auslaufbauwerkes mit dem bestehenden Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK) erfordert einen Ersatzneubau mit größeren Abflussquerschnitten, um neben der Regulierung der Wasserstände in den Schleifenteilen zusätzlich ein ausreichendes Entleeren der Hochwasserrückhaltung in den Kößnach-Ableiter zu ermöglichen.

Aufgrund der zu erwartenden Bauzeit von mindestens einem Jahr für den Rückbau des alten Regulierungsbauwerks und die Errichtung des neuen kombinierten Bauwerks wäre ein Ersatzneubau zur Regulierung der Wasserstände bzw. deren Simulation in der Oberauer Schleife für die gesamte Dauer der Bautätigkeiten notwendig. Dieser Ersatzneubau, der ebenfalls einen nicht unerheblichen Eingriff in den ökologischen Bestand bedeuten würde, müsste dann im Anschluss an die Baumaßnahme wieder zurückgebaut werden. Die Regulierung der Wasserstände in den Schleifenteilen mit Hilfe von technischen Maßnahmen wie z.B. Pumpen wird aufgrund der notwendigen Dimensionierung, der Wassermengen und der langen Bauzeit als sehr aufwändig und unwirtschaftlich eingeschätzt.

Ein weiterer Nachteil ist die Lage des Standortes. Durch die Nähe zur Brücke, mit der die Westtangente (SRs 48) über den Kößnach-Ableiter geführt wird, können erhöhte hydraulische Beanspruchungen der Widerlager nicht ausgeschlossen werden. Begünstigt wird dies durch die Querschnittsverengung des Kößnach-Ableiters einschließlich der Vorlandbereiche durch das Brückenbauwerk.

Auch die bestehenden hochwertigen Auwald- und Röhrichtstrukturen am Kößnachdeich und am Trenndamm in unmittelbarer Nähe des Regulierungsbauwerks sind von Nachteil. Diese werden als sehr schützenswert (FFH-Lebensraumtypen) eingeschätzt und könnten durch die Sogwirkung, die durch den Entleerungsvorgang hervorgerufen wird, in Mitleidenschaft gezogen werden.

Weiterhin ist die Zuordnung der Zuständigkeiten für die erweiterte Anlage mit kombinierter Nutzung zu berücksichtigen. Während die Bundeswasserstraßenverwaltung (WSV) für die Regulierung der Wasserstände in den Schleifenteilen zuständig ist, hat die Wasserwirtschaftsverwaltung des Freistaates Bayern (WWA Deggendorf) die Zuständigkeit für die Entleerung der Hochwasserrückhaltung. Eine Kombination dieser beiden Bauwerke erfordert eine Koordination der jeweiligen Zuständigkeitsbereiche, die im Einsatzfall sehr schnell geschehen muss.

Aufgrund der ungünstigen Standortbedingungen (Straßenbrücke, Auwald- und Röhrichtbestände), der hohen Aufwendungen für die bauzeitliche Aufrechterhaltung der Wasserstandsregulierung in den Schleifenteilen und der Vermischung von Zuständigkeiten (WWA/WSV) wird diese Variante nicht näher in Betracht gezogen.

Eine weitere Variante zur Entleerung der Hochwasserrückhaltung ist die Ausleitung in die Donau (Stauhaltung Straubing) oder in das Unterwasser der Schleuse Straubing (Alte Donau). Für die direkte Entleerung in die Donau müsste das Auslaufbauwerk an der unteren Oberauer Schleife angeordnet werden.

Die Möglichkeit die Hochwasserrückhaltung mit einem Stauziel von 320,20 m ü. NN in das Oberwasser der Schleuse Straubing (Stauhaltung) zu entleeren, ist aufgrund des Stauziels der Stauhaltung von 320,00 m ü. NN nicht möglich. Außerdem wurden zwischenzeitlich in diesem Bereich neue Anlegestellen für die Fahrgastschiffahrt realisiert, was die Wahl eines geeigneten Standortes erschweren würde und daher als nachteilig zu bewerten ist. Weiterhin wurde der Stauhaltungsdamm auf Seiten der unteren Schleife sehr flach angeschüttet, so dass ein Bauwerk in diesem Bereich ein sehr langes Zulaufgerinne benötigt und die dort vorhandenen Verkehrsanlagen (Zufahrt nach Öberau) integriert werden müssten.

Für die Ausleitung der Hochwasserrückhaltung in das Unterwasser der Schleuse Straubing (Alte Donau) wäre ein großes offenes oder geschlossenes, aber vor allem ein sehr langes Entleerungsgerinne in den Poldern Sossau West und Ost mit Bauwerken in der Westtangente und im linksseitigen Donau-deich notwendig. Aufgrund der Streckenlänge sind hier hohe Herstellungskosten und ein erhöhter Unterhaltungsaufwand zu erwarten. Zudem wären die landwirtschaftlichen Flächen im Polder Sossau betroffen. Mit der Entscheidung der Landesplanerischen Beurteilung [2], den Polder Sossau Ost aus der Überflutungsfläche der Hochwasserrückhaltung auszugrenzen, wurde im Grunde auch die Hauptentleerung in das Unterwasser der Donau obsolet.

Somit werden auch die Varianten an der unteren Oberauer Schleife zur direkten Entleerung der Hochwasserrückhaltung in die Donau nicht weiter berücksichtigt.

Zur Anordnung des Auslaufbauwerks verbleibt damit einzig ein Bereich am östlichen Ende der oberen Schleife mit Entleerung in den Kößnach-Ableiter.

3.2.2 Standortvarianten

Als Standort des Auslaufbauwerks ist der östliche Bereich der Hochwasserrückhaltung am Deichabschnitt 2 zwischen Deich-km 3+200 und 4+300 einzugrenzen. Im Süden wird die Lage durch das Regulierungsbauwerk und die Brücke über den Ableiter (Deich-km 4+300) und im Norden durch den Polder Kößnach und die Kößnachdeiche (Deich-km 3+200) beschränkt. Nur zwischen Deich-km 3+200 und 4+300 kann die Rückhaltung auf direktem Wege über den Kößnach-Ableiter in die Donau entleert werden.

Bei der Standortwahl des Auslaufbauwerkes sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- FFH-Gebiet „Donau und Altwässer zwischen Regensburg und Straubing“ (DE 7040-371),
- SPA-Gebiet „Donau zwischen Regensburg und Straubing“ (DE 7040-471),
- Naturschutzgebiet „Oberauer Donauschleife“ (NSG-00288.01),
- Landschaftsschutzgebiet „Bayerischer Wald“ (LSG-00547.01),
- geschützte Biotop und Arten in der oberen Oberauer Schleife sowie im Kößnach-Ableiter,
- Aufweitungen und Altwässer im Kößnach-Ableiter.

Die Standortfindung für das Auslaufbauwerk erfolgt mit dem Ziel, unter Berücksichtigung der topografischen Verhältnisse die Lage zu finden, bei der die geringsten naturschutzfachlichen Eingriffe zu erwarten sind. Zudem soll die Entleerung der Hochwasserrückhaltung so erfolgen, dass im Umfeld keine Schäden entstehen bzw. diese auf ein verträgliches Minimum beschränkt werden können.

Unter Berücksichtigung der genannten Randbedingungen wurden folgende Varianten zum Standort (S) des Auslaufbauwerkes erarbeitet:

Variante ABW S1: Auslaufbauwerk mit Flutpolderentleerung in den Kößnach-Ableiter,
Deich-km 4+300 bzw. Kößnach-km 1+650

Variante ABW S2: Auslaufbauwerk mit Flutpolderentleerung in die Kößnach,
Deich-km 3+200 bzw. Kößnach-km 2+800

Variante ABW S1 liegt im südlichen Teil des Deichabschnittes 2, ca. 200 m nördlich des bestehenden Regulierungsbauwerkes zur Kößnach (RzK) und am Rande der oben genannten Schutzgebiete in der Oberauer Schleife. Im Kößnach-Ableiter befindet sich am linken Ufer eine Aufweitung mit gewässerbegleitenden Gehölzen. Der Standort selbst befindet sich nah an den Gewässerflächen des Ableiters und der oberen Schleife, außerhalb von Auwäldern. Es sind einzig gewässerbegleitende Gehölze am Kößnach-Ableiter und eine Pappelreihe auf Seiten der oberen Schleife betroffen.

Variante ABW S2 liegt im nördlichen Teil des Deichabschnittes 2 zwischen den Ortslagen Kößnach und Unterzeitldorn und innerhalb der oben genannten Schutzgebiete. Auch hier wurde ein Standort gewählt, der nur geringe Betroffenheit von hochwertigen Strukturen auf Seiten der oberen Schleife sowie im Kößnach-Ableiter verursacht. Jedoch befindet sich bei diesem Standort am gegenüberliegenden Ufer des Ableiters ein Altarm mit hochwertigen Strukturen (Auwald, Röhrichte, Mollusken).

Zwischen den beiden Standorten von Deich-km 3+600 bis 4+200 befindet sich auf Seiten der oberen Schleife ein breites Vorland bis zum Altwasser, welches ausgedehnte Auwaldstrukturen aufweist. Lagevarianten in diesem Bereich wurden ebenfalls ausgeschlossen, da andere Standorte mit weniger eingriffen bestehen.

Beide Varianten sind im Polderdeich integriert und orthogonal zur Fließrichtung des Kößnach-Ableiters ausgerichtet. Von der Höhenlage in der oberen Schleife und im Kößnach-Ableiter sind beide Varianten etwa gleichwertig. Die beiden Varianten zum Standort des Auslaufbauwerkes sind in Abbildung 1 und Anlage 1 dargestellt und werden in Tabelle 2 detailliert beschrieben.

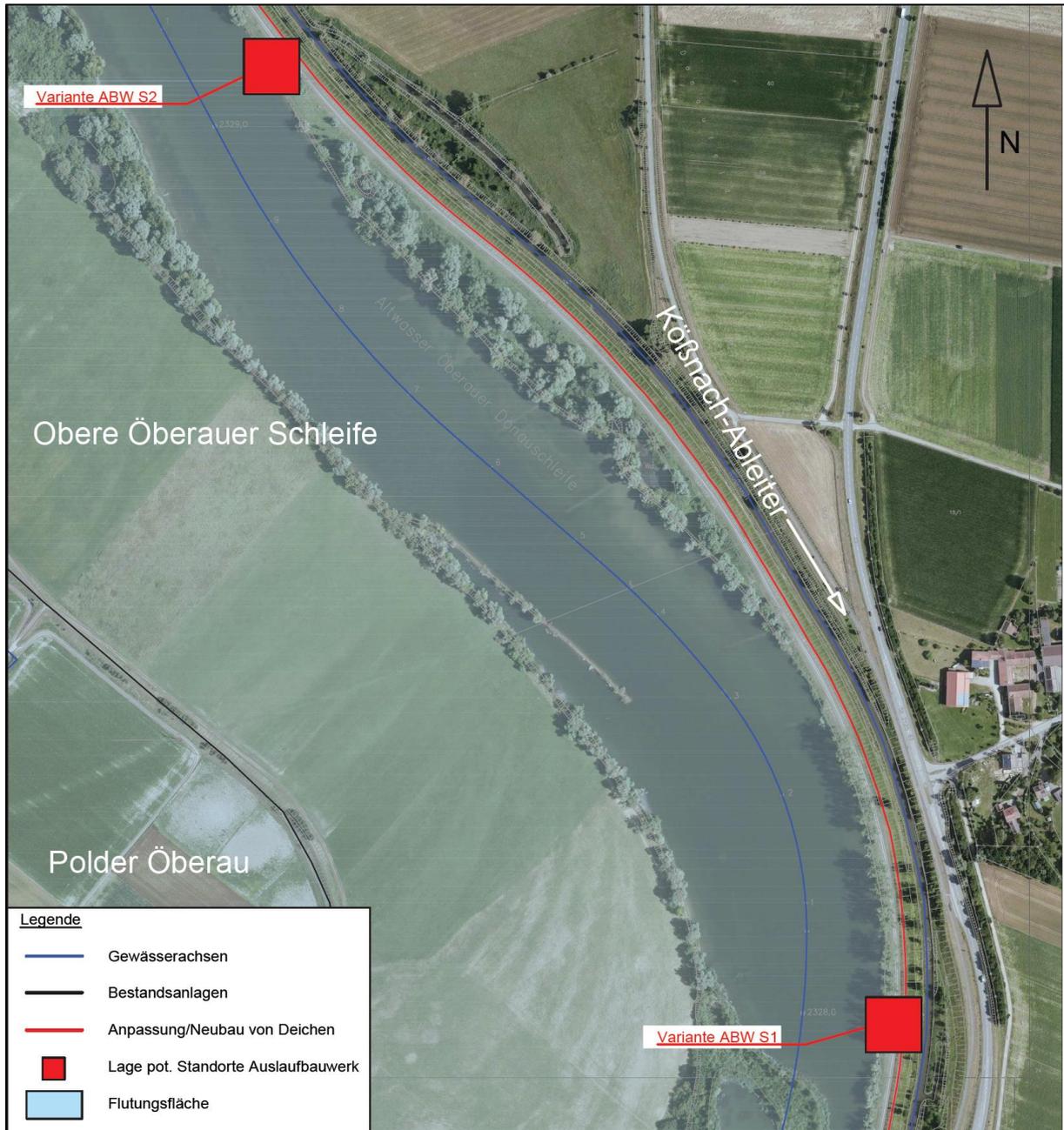


Abbildung 1: Standortvarianten zum Auslaufbauwerk

Tabelle 2: Variantenvergleich für den Standort des Auslaufbauwerks

	Variante ABW S1	Variante ABW S2
Deich-km	4+300 (ehemaliger linker Donaudeich bzw. künftiger Deichabschnitt 2)	3+200 (ehemaliger linker Donaudeich bzw. künftiger Deichabschnitt 2)
Fließgewässer	Kößnach-Ableiter, km 1+650	Kößnach-Ableiter, km 2+800
WSP Kößnach bei HQ(100)	319,92 m ü. NN	319,92 m ü. NN
min. Sohlhöhe im Ableiter	314,91 m ü. NN	315,02 m ü. NN
Kronenhöhe	321,45 m ü. NN	321,45 m ü. NN
Kronenbreite	4,50 m	4,50 m
Neigung der Böschung ÖS	1:2,5	1:2,5
Neigung der Böschung K-A	1:2,1 ... 1:2,2	1:2,4 ... 1:2,5
Vorteile	kurze Strecke zwischen Einleitung in Kößnach und Mündung in Donau, niedrige Höhenlage der Gewässersohle im Kößnach-Ableiter; Einleitung in Kößnach-Ableiter mit gegenüberliegender Aufweitung, wodurch die Turbulenzbildung verringert wird; nur geringwertige Biotope (kein Auwald) im Bereich des Auslaufbauwerks; Schutzgebiete nur randlich betroffen; geringere Bauwerkslänge durch kleinere Vorlandsflächen; Radweg und Straße am gegenüberliegenden Ufer sind durch ausreichend hohe Deiche geschützt	ausgeprägtes Vorland am gegenüberliegende Ufer des Kößnach-Ableiters, nur geringwertige Biotope (kein Auwald) im Bereich des Auslaufbauwerks;
Nachteile	nahegelegene Ortschaften Unterzeitldorn und Sossau; unmittelbare Nähe zu einem Radweg und der Westtangente; gewässerbegleitende Gehölze an beiden Ufern des Kößnach-Ableiters sowie Pappelreihe auf Seiten der oberen Schleife	Lage innerhalb von Schutzgebieten; Altarm mit Auwald und Röhrichtstrukturen sowie Mollusken am gegenüberliegenden Ufer des Kößnach-Ableiters; größere Distanz zur Mündung in Donau, größere Bauwerkslänge aufgrund größerer vorhandener Vorlandflächen; niedrig gelegener Radweg auf dem gegenüberliegenden Kößnachufer (Wellenschlag und Turbulenzen durch Entleerung können zu Beschädigungen am Radweg führen)

3.2.3 Variantenvergleich und Vorschlag einer Vorzugsvariante zum Standort

Der Variantenvergleich mit Hilfe der Bewertungsmatrix in Anhang A kommt zu dem Ergebnis, dass die Variante ABW S1 in der Gesamtbewertung der Vorzug zu geben ist.

Die Variante ABW S1 verursacht einerseits nur eine geringe Flächeninanspruchnahme und andererseits wird mit dieser Variante am ehesten dem Vermeidungs- und Minimierungsgebot für die Schutzgüter nach Naturschutzrecht entsprochen. Die Variante ABW S1 erfordert zudem aufgrund der kurzen Baulängen (Anbindung an obere Schleife und Kößnach-Ableiter) nur moderate Kosten.

Im Kößnach-Ableiter ist in beiden Varianten ein gegenüberliegendes Vorland als Sicherheit gegen Turbulenzen und Beschädigung der Uferstrukturen vorhanden. In Lagevariante ABW S2 ist dieses Vorland jedoch mit Auwald bewachsen und durch ein Altgewässer mit hochwertigen Biotopen gekennzeichnet. Außerdem befindet sich der Standort vollständig in Natura 2000 Gebieten sowie innerhalb eines Landschaftsschutzgebietes.

Daher ist der Variante ABW S1 sowohl aus naturschutzfachlicher, als auch wasserwirtschaftlicher Sicht der Vorzug zu geben.

Die einzigen Nachteile der Variante ABW S1 sind die Betroffenheit einer Pappelreihe auf Seiten der oberen Schleife sowie der gewässerbegleitenden Gehölze im Kößnach-Ableiter. Die geringe Beeinträchtigung weiterer Schutzgüter in der Oberauer Schleife und im Kößnach-Ableiter überwiegen jedoch diese Nachteile.

Die Entleerung bei der anderen Variante ABW S2 verursacht eine weitaus höhere naturschutzfachliche Betroffenheit als die Variante ABW S1. Für diese Varianten ist eine Genehmigungsfähigkeit nur unter sehr gewichtigen Gründen erreichbar. Da durch die Variante ABW S1 eine Alternative mit geringeren Eingriffen vorliegt, sind bei der anderen Variante somit höhere Genehmigungswiderstände zu erwarten.

=> Empfohlene Vorzugsvariante: Variante ABW S1 mit Auslaufbauwerk bei Kößnach-km 1+650

3.3 Variantenbetrachtung zur Konstruktion

3.3.1 Vorbetrachtungen

Das Auslaufbauwerk soll die Entleerung der Hochwasserrückhaltung ermöglichen. Ein wesentlicher Faktor dabei ist die Entleerungszeit, da Hochwasserereignisse mit mehreren Spitzen oder mehrere aufeinander folgende Hochwasserereignisse auftreten können. Weiterhin sind die Auswirkungen auf den Kößnach-Ableiter sowie die Donau zu berücksichtigen.

Grundlage für die hydraulische Vorbemessung sind einerseits die Hochwasserganglinien der Donau und andererseits die Geometrie des Flutpolders.

Wie in Kapitel 3.2 beschrieben sind mehrere Standorte möglich. Diese Variantenbetrachtung bezieht sich auf den Standort am Deich-km 4+300 (Kößnach-km 1+650). Variationen am Standort haben Auswirkungen auf die Höhenlage der Sohle des Bauwerkes und auf die Konstruktion, nicht jedoch auf die hier vorgestellten Bauweisen.

In den folgenden Kapiteln 3.3.2 bis 3.3.6 werden die verschiedenen Varianten zum Funktionsprinzip, zur Bauweise, zu den Verschlusseinrichtungen und Antriebsarten sowie zu den erforderlichen Energieumwandlungsanlagen näher betrachtet. Daraus werden geeignete Konstruktionsvarianten ermittelt und in den Kapiteln 3.3.8 und 3.3.9 detailliert beschrieben.

Abschließend werden mit Hilfe einer Bewertungsmatrix die ausgewählten Konstruktionsvarianten gegenübergestellt und mit einander verglichen. Ziel dieser Betrachtungen ist die Findung einer Vorzugsvariante, die letztendlich die favorisierte Konstruktion des Auslaufbauwerkes vorgibt.

Die zeichnerische Darstellung der Konstruktionsvarianten erfolgt in Anlage 2.

3.3.2 Varianten zum Funktionsprinzip

Grundsätzlich kommen folgende hydraulische Prinzipien für die Ausleitung des Stauinhaltes der Hochwasserrückhaltung in Frage:

- Freispiegelabfluss,
- Druckabfluss,
- Überleitung mittels Heber,
- Pumpenanlage.

Der Heberüberfall als selbständige Anlage oder als Anlagenteil wird nicht weiter betrachtet, weil das stoßweise Anspringen des Hebers eine plötzliche Abflusswelle (Schwall) im Unterwasser erzeugt, die sich ungünstig auf die Abflussbedingungen und Ufer- bzw. Vorlandstrukturen im Kößnach-Ableiter auswirken können. Zudem ist eine Steuerung mittels Heberanlage auch für ein Entleerungsbauwerk recht kompliziert zu realisieren.

Die Pumpenanlage scheidet aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen aus. Das Wasserspiegelgefälle zwischen der eingestauten Hochwasserrückhaltung und dem niedriger gelegenen Kößnach-Ableiter ist für die Entleerung der Hochwasserrückhaltung ausreichend. Die Entleerung der Hochwasserrückhaltung mit sinkendem Donauwasserstand stellt damit eine deutlich günstigere Alternative dar, da bereits die im Vergleich höheren Anschaffungs- und laufenden Betriebskosten entfallen.

Somit sind nur die Prinzipien des Freispiegel- und Druckabflusses für die Ausleitung des zurückgehaltenen Scheitelvolumens in den Kößnach-Ableiter bzw. die Donau geeignet.

=> Empfohlene Varianten: Freispiegel- oder Druckabfluss

3.3.3 Varianten zur Bauweise

Unabhängig vom Standort des Bauwerkes sind für die zuvor aufgeführten hydraulischen Funktionsprinzipien folgende Bauweisen möglich:

- offene Bauweise mit Brücke (vergleichbar mit einer Wehranlage),
- teiloffene Bauweise mit Staubalken und Brücke (vergleichbar mit einer Wehranlage),
- geschlossene Bauweise mit unterirdischen Durchlässen, im Deichkörper des Deichabschnittes 2 integriert (vergleichbar mit einem Durchlassbauwerk)

Die folgenden Abbildungen zeigen die aufgeführten Bauweisen, die für das Auslaufbauwerk in Frage kommen:

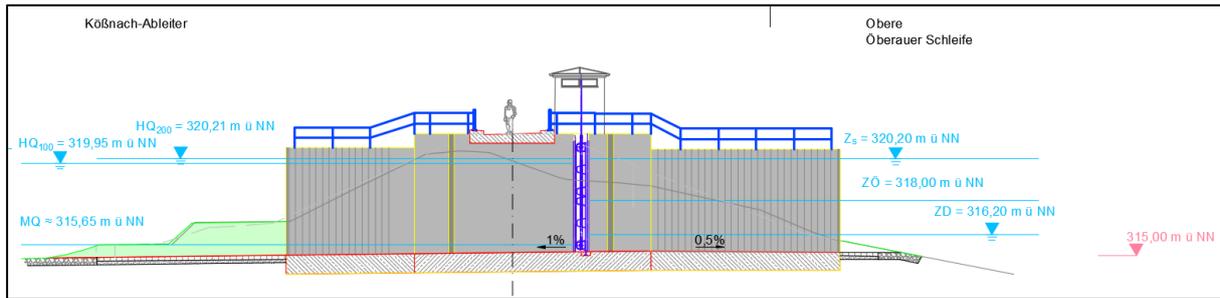


Abbildung 3-2: offene Bauweise mit Brücke

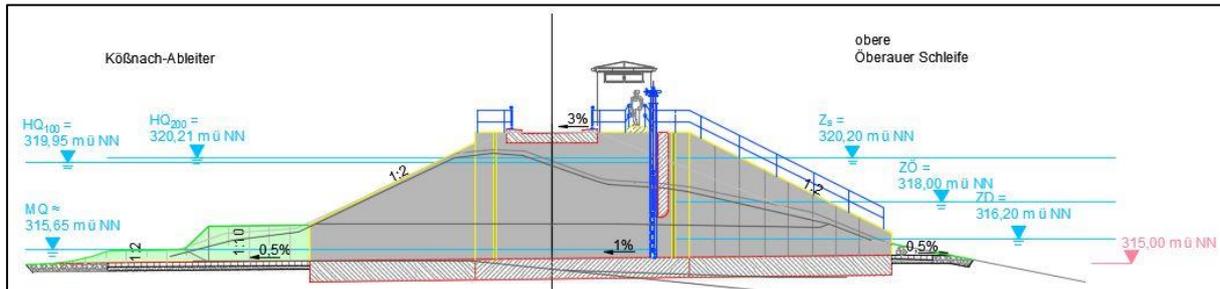


Abbildung 3-2: teiloffene Bauweise mit Staubalken und Brücke

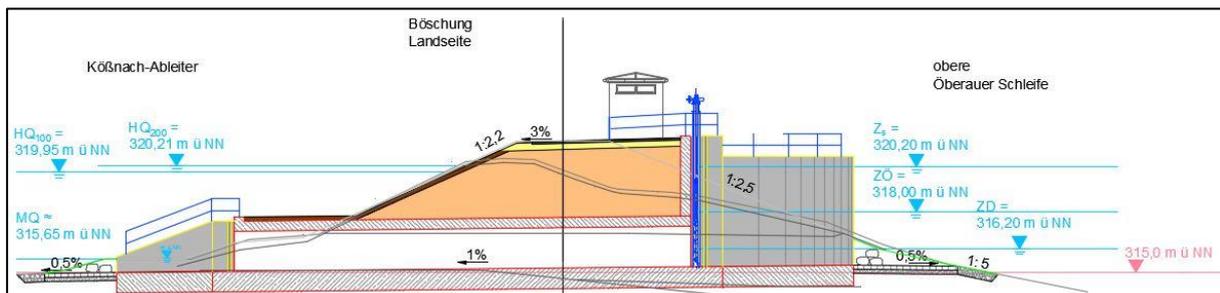


Abbildung 3-3: geschlossene Bauweise mit in den Deichkörper integrierten Durchlässen

Die zuvor betrachteten Varianten zum Funktionsprinzip und zur Bauweise können in vier kombinierte Konstruktionsvarianten zusammengefasst werden:

- Variante ABW 1: offene Bauweise mit Wehrfeldern
(Freispiegelabfluss über ein breitkroniges Wehr)
- Variante ABW 2: teiloffene Bauweise mit Stirnwand und Rechtecköffnungen
(Druckabfluss, unterströmtes Schütz)
- Variante ABW 3a: geschlossene Bauweise mit Rechteckdurchlässen
(Druckabfluss, Druckrohrströmung)
- Variante ABW 3b: geschlossene Bauweise mit Kreisdurchlässen in Sielbauweise
(Druckabfluss, Druckrohrströmung)

Von den vier Varianten werden die Varianten ABW 2 und ABW 3b nicht weiter betrachtet.

Die Variante ABW 2 bietet keine wesentlichen Vorteile gegenüber den Varianten ABW 1 und ABW 3a. Sie erfordert ebenso ein nach oben „offenes“ Betonbauwerk mit hohen Seitenwänden und Pfeilern

und eine Betriebswegebrücke wie die Variante ABW 1. Zusätzlich werden noch Stirnwände in den Öffnungen benötigt. Durch die Stirnwände und die damit verbundene Reduzierung des Öffnungsquerschnittes wird zu Entleerungsbeginn zwar ein sehr leistungsfähiger Druckabfluss erzeugt, der aber nach dem Absinken des Wasserstandes in der Hochwasserrückhaltung unter die Öffnungshöhe in Freispiegelabfluss übergeht. Dies führt zu Entleerungsende wiederum zu einer geringen Leistungsfähigkeit.

Sinkt der Wasserstand in der Hochwasserrückhaltung zudem unter 318,00 m ü. NN (= Öffnungshöhe > 75 % des Oberwasserstandes) ist der Abflussvorgang nicht eindeutig definierbar. Dann kommt es zu einem wechselnden Anstau und Durchschießen des Wassers vor dem Schütz, wodurch Schwingungen angeregt werden, welche für den Bestand des Bauwerkes gefährlich sein können.

Weitere Nachteile dieser Varianten sind die geringere Leistungsfähigkeit bei hohem Unterwasserstand (rückgestauter Abfluss) und die großen Fließgeschwindigkeiten infolge des Druckabflusses, was eine umfangreichere Energieumwandlungsanlage erfordert.

Die Variante ABW 3b unterscheidet sich von Variante ABW 3a nur durch den Querschnitt der Durchlassöffnungen. Da Kreisdurchlässe nur selten in Größen von mehr als DN 1600 bis DN 2000 erhältlich sind, wären sehr viele Durchlässe erforderlich, um eine vergleichbare Leistungsfähigkeit, wie bei Variante ABW 3a mit Rechteckdurchlässen zu erreichen. Beispielsweise würden statt 4 Rechteckdurchlässen (H = B = 2,0 m) mindestens 7 Kreisdurchlässe DN 1600 benötigt. Dadurch ist ein breiteres Bauwerk und aufgrund der Sielbauweise ein Bauwerk mit doppelten Verschlüssen notwendig. Aus diesem Grund wird auf eine weitere Betrachtung der Variante ABW 3b verzichtet.

=> Empfohlene Varianten: ABW 1 - offene Bauweise mit Wehrfeldern (Freispiegelabfluss)

**ABW 3a - geschlossene Bauweise mit Rechteckdurchlässen
(Druckabfluss)**

3.3.4 Varianten zu den Verschlusseinrichtungen

Am Auslaufbauwerk sind grundsätzlich folgende Verschlussstypen möglich:

- Hubschütz (Gleitschütz/Rollschütz)
- Doppelschütz bzw. zweiteiliges Hubschütz
- Klappe,
- Segment,
- Schlauchwehr,
- Stemmtor.

Das Stemmtor ist grundsätzlich bei offener Bauweise als Verschluss in einem Auslaufbauwerk verwendbar, es kann aber nur in eine Richtung geöffnet werden (Entleerung). Durch den zusätzlichen Einsatzfall der Flutung über das Auslaufbauwerk ist das Stemmtor daher nicht geeignet.

Ebenso ist die Klappe auszuschließen, die ebenfalls nur in eine Richtung bewegt werden kann. Zudem kommen Klappen eher bei großen Breiten zur Anwendung.

Schlauchwehre sind ebenfalls nicht geeignet, da diese i.d.R. nur für geringe Höhen Verwendung finden und vorwiegend zur Wasserstandsregelung in staugeregelten Gewässern zur Anwendung kommen. Zudem wäre die Schlauchmembran ständig und unmittelbar der Witterung (UV-Strahlung) ausgesetzt, was die Dauerhaftigkeit der Membran mindert.

Segmentschütze sind grundsätzlich für die Anwendung in einem Auslaufbauwerk geeignet. In der Regel werden diese als Druck- oder Zugsegment verwendet. Durch den zusätzlichen Einsatzfall mit Befüllung der Hochwasserrückhaltung über das Auslaufbauwerk müsste ein Segmentschütz sowohl auf Druck als auch Zug ausgelegt werden. Dies ist eher untypisch, weshalb auch das Segmentschütz entfällt.

Walzen-, Sektor- und Zylinderschütze werden hingegen nicht betrachtet. Diese Bauweisen erfordern komplizierte Konstruktionen und werden i.d.R. nur bei großen Breiten und Höhen verwendet. Sie sind zu aufwendig für die Anwendung in einem Auslaufbauwerk mit geringen Abmessungen, dass nur alle ca. 30 Jahre in Betrieb geht.

Von den oben genannten Verschlüssen verbleiben damit nur noch die Hubschütze bzw. Doppelschütze für eine Anwendung im Auslaufbauwerk. Vorteil der Hubschütze ist der geringe Platzbedarf in Längsrichtung und dass diese zur Prüfung und Wartung ganz aus dem Wasser gehoben werden können. Zudem sind sie auch als doppelkehrende Verschlüsse zur Flutung sowie zur Entleerung der Hochwasserrückhaltung geeignet. Nachteilig sind die hohen Aufbauten für die Antriebe. Durch zweiteilige Hubschütze (Doppelschütz) kann dieser Nachteil minimiert werden.

=> Empfohlene Varianten: Hubschütz oder Doppelschütz

3.3.5 Varianten zu den Antrieben

Für das Auslaufbauwerk kommen als Verschlusseinrichtungen ausschließlich Hubschütze zur Anwendung. Hubschütze werden i. d. R. über zweiseitige Antriebe bewegt, um die Selbsthemmung in den Nischen zu verhindern.

Generell können elektrische und hydraulische Antriebe unterschieden werden. Als Antriebstypen für die Hubschütze für das geplante Auslaufbauwerk kommen grundsätzlich folgende Varianten in Betracht:

- elektromechanischer Antrieb über Kette (Elektrokettantrieb)
- elektromechanischer Antrieb über Spindel (Elektrospindelantrieb)
- elektromechanischer Antrieb über Triebstock (Triebritzelantrieb)
- elektromechanischer Hubzylinder (Elektrohubzylinder)
- hydraulischer Hubzylinder (Hydraulikzylinder)
- hydraulischer Direktantrieb (Hydraulikmotor)

Der elektromechanische Antrieb über eine geführte Kette und der hydraulische Direktantrieb mittels eines Hydraulikmotors werden aufgrund des großen Platzbedarfs, den dadurch erhöhten Herstellungskosten sowie des problematischen Notbetriebes im Störfall ausgeschlossen.

Daher werden nachfolgend nur vier der oben genannten Antriebsvarianten näher beschrieben, gegenübergestellt und anhand der Vor- bzw. Nachteile qualitativ und anwendungsbezogen bewertet:

- Variante ABW A1: Triebritzelantrieb
- Variante ABW A2: Elektrospindelantrieb
- Variante ABW A3: Elektrohubzylinder
- Variante ABW A4: Hydraulikzylinder

Die maßgebenden Vor- und Nachteile der vier Antriebsvarianten werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 3: Vor- und Nachteile zu den näher betrachteten Antriebsvarianten

Antriebstyp	Vorteile	Nachteile
Variante ABW A1 (Triebstock- /Triebritzelantrieb)	<ul style="list-style-type: none"> - Antriebseinheit aus Motor, Getriebe und Bremsen - Wegfall der Kabelschleppketten - Absenken der Hubschützen auch ohne Stromzufuhr möglich - geringer Eingriff in den Massivbau - niedrige Herstellungskosten - geringer Kostenaufwand bezogen auf die Steuerungs- und Automatisierungsanlagen - einfache Steuerung und Überwachung - evtl. notwendige Handbetätigungen können direkt an der einen Antriebseinheit per Handkurbel oder Ankopplung eines Hilfsantriebs vorgenommen werden - langjährige und gute Erfahrungen im Stahlwasserbau 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhter Wartungsaufwand durch regelmäßiges Fetten der Antriebe und Triebstöcke - keine kompakte Bauweise - nur als „steigende“ Ausführung möglich, daher architektonisch wirksam bzw. negative Optik (Landschaftsbild) - Schutzabdeckung erforderlich
Variante ABW A2 (Elektrospindelantrieb)	<ul style="list-style-type: none"> - „nicht-steigende“ Ausführung möglich - als zweiseitiger Antrieb ausführbar - kompakte, robuste und gering stör anfällige Bauweise bzw. -form - geringer Eingriff in den Massivbau - moderate Herstellungskosten - geringer Kostenaufwand bezogen auf die Steuerungs- und Automatisierungsanlagen - einfache Steuerung und Überwachung - mechanisch selbsthemmend - Absenken der Hubschützen auch ohne Netzstromzufuhr möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - geringere Zug-/Druckkraft gegenüber Hydraulikzylinder - eine längere Einsatzdauer kann eine Kühlung erforderlich machen

Antriebstyp	Vorteile	Nachteile
	<ul style="list-style-type: none"> - bei Stromausfall über Netzersatzaggregat oder im Handbetrieb fahrbar - geringer Wartungsaufwand - gute Erfahrungen im Stahlwasserbau 	
<p>Variante ABW A3 (Elektrohubzylinder)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - kompakte, robuste und gering stör anfällige Bauweise bzw. -form - geringer Eingriff in den Massivbau - moderate Herstellungskosten - geringer Kostenaufwand bezogen auf die Steuerungs- und Automatisierungsanlagen - einfache Steuerung und Überwachung - geringer Wartungsaufwand - gute Erfahrungen im Stahlwasserbau 	<ul style="list-style-type: none"> - geringere Zug-/Druckkraft gegenüber Hydraulikzylinder - eine längere Einsatzdauer kann eine Kühlung erforderlich machen - nur bedingt für einen Parallelbetrieb einsetzbar - bedingt selbsthemmend - nur stark eingeschränkter Handbetrieb bei zweiseitiger Ausführung möglich
<p>Variante ABW A4 (Hydraulikzylinder)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verschlüsse sind durch Eigengewicht selbstständig verschließbar - evtl. notwendige Handbetätigung kann vom Aggregat aus erfolgen - keine Bremsfunktion der motorischen Antriebsaggregate erforderlich - geringer Kostenaufwand bezogen auf die Steuerungs- und Automatisierungsanlagen - einfache Steuerung und Überwachung - gute Erfahrungen im Stahlwasserbau 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhter Platzbedarf für Hydraulikaggregat und Ölbehälter - hoher Aufwand für Ölauffangvorrichtung in der Größe des Behältervolumens - großformatige und flexible Rohrleitungen notwendig, die über ein Kabelschleppsystem geführt werden müssen - Verlegen von Hydraulikleitungen über größere Entfernungen notwendig - potentielle Umweltgefährdung/ erhöhte Emissionsgefahr durch austretendes Öl - erhöhte Reinvestitionskosten durch den Austausch der Hydraulikschläuche - erhöhter Wartungsaufwand - hohe Herstellungskosten - erhöhter Kostenaufwand bezogen auf die Steuerungs- und Automatisierungsanlagen

Der Triebstock-/Triebritzelantrieb wird aufgrund der Triebstöcke, die bei gehobenen Schützen über das Auslaufbauwerk hinausragen, nicht empfohlen. Auch auf die Anwendung eines Hydraulikzylinders sollte verzichtet werden, da dazu zusätzliche Nebenanlagen wie Ölbehälter sowie Auffangvorrichtungen und Schlauchleitungen benötigt werden. Damit verbunden sind hohe Herstellungskosten und ein hoher Wartungsaufwand.

Stattdessen wird die Variante ABW A2, also ein Elekterspindeltrieb in zweiseitiger Ausführung und zentralem Elektromotor empfohlen. Als Antriebsvariante mit „nicht steigenden“ Trapezgewindespindeln sind sie auch aus optischen Gründen besonders für Hubschütze geeignet. Alternativ ist auch ein Elektrohubzylinder verwendbar.

=> Empfohlene Varianten: Elekterspindeltrieb oder Elektrohubzylinder

3.3.6 Variantenbetrachtung zur Energieumwandlungsanlage am geplanten Auslaufbauwerk

Aufgrund der beiden Funktionen des Auslaufbauwerks die Hochwasserrückhaltung zu entleeren und zusätzlich bei bestimmten Einsatzfällen auch zur Flutung beizutragen, sind Anlagen zur Energieumwandlung sowohl auf Seiten des Kößnach-Ableiters, als auch auf der Seite der oberen Schleife erforderlich.

Aufgrund der geringen Größe des Auslaufbauwerks sind räumliche Tosbecken zu favorisieren

Toskammern, Tauchwände oder Diffusoren werden als Energieumwandlungsanlagen nicht betrachtet, da das Auslaufbauwerk nicht ständig in Betrieb ist. Diese Typen sind eher für Betriebseinrichtungen an Talsperren geeignet und erfordern tiefe Baugruben und eine aufwändige Bauweise mit hohen Herstellungskosten. Einschränkungen ergeben sich bei Überwachung und Kontrolle der Energieumwandlung während des Flutvorgangs. Zudem erfordert die Unterhaltung und Revision dieser Anlagen einen hohen Aufwand.

Mit Wasserbausteinen befestigte Tosmulden werden ebenfalls ausgeschlossen, da diese einen hohen Platzbedarf und umfangreiche Befestigungen erfordern. Da Kößnach-Ableiter und obere Schleife unmittelbar an das Auslaufbauwerk angrenzen, bestehen schlicht keine ausreichenden Längen für diese Bauweise.

=> Empfohlene Variante: räumliches Tosbecken

3.3.7 Grundlagen und Randbedingungen für die hydraulischen Vorberechnungen

Ganglinien

Für die hydraulischen Berechnungen stehen die Hochwasserganglinien für HQ30, HQ100 und HQ200 auf Basis der Ereignisse aus den Jahren 1988, 2002 und 2011 zur Verfügung. Für die Bemessung der Hochwasserrückhaltung werden die donaubetonen Ganglinien auf Basis des Hochwassers 2011 verwendet.

Die bereits im Raumordnungsverfahren verwendeten Ganglinien aus den Hochwasserereignissen von 1988 und 2002 werden für den Nachweis der Rückhaltewirkung herangezogen, jedoch aufgrund ihrer zu geringen oder zu großen Fülle nicht als Bemessungsganglinie verwendet.

Das Hochwasserereignis 1988, das real etwa einem HQ20 entsprach, hatte eine lange Zeitdauer und damit eine sehr große Fülle („breite“ Welle). Das Hochwasserereignis 2002, das real einem HQ10 bis HQ20 entsprach, war hingegen durch eine kurze Zeitdauer gekennzeichnet und besaß damit eine sehr geringe Fülle („spitze“ Welle). Beide Ganglinien spiegeln daher die äußersten Extreme für den Einsatz der Hochwasserrückhaltung wieder.

Entleerungsvorgang

Um bei einem nachfolgenden zweiten Hochwasserereignis eine optimale Hochwasserschutzwirkung zu erzielen, muss die Hochwasserrückhaltung möglichst schnell wieder entleert werden. Sobald unterstrom der Hochwasserrückhaltung der Bemessungshochwasserabfluss unterschritten wird, kann mit der Entleerung begonnen werden.

Somit wird unmittelbar nach Erreichen des Stauziels in der Hochwasserrückhaltung der Entleerungsvorgang gestartet. Ein verzögerter Entleerungsbeginn ist nicht sinnvoll, da dadurch vor allem bei sehr „kurzen“ Ereignissen das Entleerungsende verlängert wird. Es ist jedoch zu beachten, dass im Unterwasser keine Wasserstands- und Abflussspitzen auftreten, welche die Rückhaltewirkung vermindern. Mit der Entleerung ist solange zu warten, bis der Abfluss in der Donau unterstrom soweit abgesunken ist, dass auch bei vollem Öffnen des Auslaufbauwerks der o.g. Abfluss nicht mehr überschritten wird. Die Entleerung der Hochwasserrückhaltung sollte möglichst parallel zum fallenden Donauwasserspiegel erfolgen.

Ziel der Vorbemessung ist es, die Leistungsfähigkeit, die Anzahl der erforderlichen Öffnungen und die jeweiligen Entleerungszeiten zu ermitteln.

Die Entleerung ist abgeschlossen, sobald der Wasserspiegelunterschied zwischen Kößnach-Ableiter und Hochwasserrückhaltung zu Entleerungsende nur wenige Zentimeter beträgt. In der nachfolgenden Tabelle sind das optimale Entleerungsende und die optimale Entleerungsdauer anhand der Ganglinienverläufe aufgelistet.

Tabelle 4: optimales Entleerungsende und optimale Entleerungsdauer anhand der Ganglinien

Welle	HQ(t)	Flutungsdauer		Entleerungsdauer		Einstaudauer	
		[h]	[d]	[h]	[d]	[h]	[d]
1988	30	50	2,08	356	14,83	406	16,92
	100	49	2,04	462	19,25	511	21,29
	200	48	2,00	502	20,92	550	22,92
2002	30	25	1,04	43	1,79	68	2,83
	100	23	0,96	48	2,00	71	2,96
	200	21	0,88	52	2,17	73	3,04
2011	30	31	1,29	112	4,67	143	5,96
	100	29	1,21	138	5,75	167	6,96
	200	29	1,21	149	6,21	178	7,42

Maßgebende Hochwasserereignisse sind das HQ30 mit der größten erforderlichen Leistungsfähigkeit und der geringsten Entleerungszeit sowie das HQ200 mit der geringsten erforderlichen Leistungsfähigkeit und der längsten Entleerungszeit. HQ100 liegt zwischen den beiden Ereignissen und wird daher für die vorläufigen Berechnungen nicht verwendet.

Die Entleerungsdauer ist zudem abhängig von der Ausprägung der Wellenform. So beträgt die Entleerungszeit bei den Ereignissen auf Basis des Hochwassers 2002 nur etwa 1,8 bis 2,2 Tage, während dafür bei den Ganglinien auf Basis des Hochwassers 1988 etwa 15 bis 21 Tage benötigt werden. Beim Bemessungshochwasser 2011 ist je nach Hochwasserereignis mit ca. 4,7 bis 6,2 Tagen für die Entleerung zu rechnen.

Zum Vergleich sei die Einstaudauer bei der ökologischen Frühjahrsflutung in der oberen Schleife genannt. Diese beträgt insgesamt ca. 30 Tage (Mitte Februar bis Mitte März) bei einer maximalen zeitweiligen Einstauhöhe von ca. 318,00 m ü. NN.

Öffnungsbreite

Zur Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Funktionsprinzipien wurde zunächst von gleichen Öffnungsbreiten von $B = 2,0$ m ausgegangen. Da bei einigen Varianten die Öffnungshöhe teils viel größer ist als die Öffnungsbreite erfolgen nachstehend auch Aussagen zu Optimierungsmöglichkeiten mit größeren Breiten bei weniger Öffnungen.

Randbedingungen

Anhand der oben genannten Hochwasserganglinien (Zeit-Abfluss-Beziehung) wird nachfolgend unter Verwendung einer Wasserstands-Abfluss-Beziehung in der Donau (an Mündung der Kößnach), der jeweiligen Abflussformel im Auslaufbauwerk und der Stauinhaltslinie in der Hochwasserrückhaltung (Wasserstand-Volumen-Beziehung) der Entleerungsvorgang überschlägig ermittelt. Zur Vereinfachung der Berechnungen wurde von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- der Flutungsvorgang wird als überschlägige Berechnung anhand einer optimalen Kappung (horizontale Scheitelreduzierung) berücksichtigt,
- der Entleerungsbeginn erfolgt unmittelbar nach Erreichen des Stauziels,
- der Entleerungsvorgang wird als Gesamtprozess, ohne Berücksichtigung der Entleerungsprozesse in den einzelnen Teilstauräumen (obere/untere Schleife, Polder Oberau und Polder Sossau West) berücksichtigt,
- die Restentleerung des Polders Sossau West über den Druckkanal in die Donau wird nicht berücksichtigt (stattdessen wird davon ausgegangen, dass auch das Restvolumen, das regulär der Druckkanal ableitet über das Auslaufbauwerk abzuführen ist; aufgrund des größeren Volumens liegt die Bemessung des Auslaufbauwerks damit auf der sicheren Seite)
- die Entleerung erfolgt vom Stauziel 320,20 m ü. NN bis zum Absenkziel von ca. 316,04 m ü. NN (Mittelwert der Anfangswasserstände in der oberen Schleife = 316,20 m ü. NN und der unteren Schleife = 315,80 m ü. NN im Bezug zum Stauvolumen von 13,85 Mio. m³).

Weiterhin wurden folgende zusätzliche Randbedingungen definiert:

- die Entleerung über das Auslaufbauwerk soll parallel zum fallenden Donauwasserspiegel erfolgen, Wasserspiegelanstiege in Donau und Kößnach-Ableiter sind zu vermeiden,
- unter dem Freigeben der Öffnungen wird das vollständige Ziehen einzelner oder aller Verschlusselemente aus dem Abflussquerschnitt verstanden, es werden keine Zwischenstellungen berücksichtigt (unterströmter Verschluss).

Die Darstellung der Entleerung erfolgt in Diagrammen, mit Angabe der Wasserstände und Abflüsse in Abhängigkeit der zeitlichen Reihenfolge.

3.3.8 Variante ABW 1: offene Bauweise mit Wehrfeldern

3.3.8.1 Funktionsprinzip und hydraulisches Berechnungsverfahren

Funktionsprinzip

Der Betrieb des Auslaufbauwerks in offener Bauweise erfolgt mit mehreren Öffnungen (Wehrfelder) im Freispiegelabfluss. Der Abfluss über das Bauwerk entspricht damit einem Überfall. Die Leistungsfähigkeit wird dadurch maßgeblich von der Wasserstandshöhe über der Bauwerkssohle bestimmt. Verluste durch Widerlager und Pfeiler sowie dem Unterwasserstand (Kößnach-Ableiter) sind zu berücksichtigen.

Aufgrund des Freispiegelabflusses tritt zu Entleerungsbeginn die größte Leistungsfähigkeit auf. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass dies zu keinem Wasserspiegelanstieg im Unterwasser führen darf. Ein gestaffeltes Freigeben der Öffnungen ist somit zwingend erforderlich. Bei Entleerungsende nimmt die Leistungsfähigkeit stark ab. Hier ist es wichtig, dass über eine ausreichend tiefe Bauwerkssohle noch ein nennenswerter Abfluss in das Unterwasser erfolgt.

Die offene Bauweise bedingt ein hohes Bauwerk mit hohen Verschlusselementen sowie eine Betriebswegebücke, die über die Wehrfelder und das Bauwerk führt. Das Bauwerk ist somit auch von weitem als technische Anlage erkennbar und fügt sich daher nicht so gut in das Landschaftsbild ein, wie beispielsweise eine geschlossene Bauweise.

hydraulisches Berechnungsverfahren

Für die Bemessung werden die Öffnungen ($B = 2,0$ m) als Wehrüberfälle mit Freispiegelabfluss verstanden. Die Bauwerkssohle im Einlaufbereich liegt bei etwa 315,30 m ü. NN und damit deutlich unter den Absenkzielen der oberen Oberauer Schleife von 315,80 bzw. 316,20 m ü. NN.

Der Fließvorgang kann nach der Formel von *Poleni* berechnet werden:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

Zusätzlich sind für den Einfluss der Pfeiler und des Rückstaus aus dem Unterwasser (Kößnach-Ableiter) variable Abminderungsfaktoren zu berücksichtigen. Die Formel ergibt sich dann zu:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sigma_{pf} \cdot \sigma_{uw} \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

Der Überfallbeiwert μ ist im Grunde auch variabel, wurde aber aufgrund der geringen Schwankungsbreite für die Vordimensionierung als konstant angenommen. Im vorliegenden Fall wird gemäß THM1 [20] von einem breitkronigen Wehr mit einem Überfallbeiwert von 0,577 ausgegangen.

Um die Wirkung der Pfeiler einzurechnen, wurde gemäß THM1 [20] der Pfeilerbeiwert wie folgt ermittelt:

$$\sigma_{pf} = 1 - \frac{\sum b_{pf}}{b} - 2 \cdot n \cdot \xi \cdot \frac{h}{b}$$

dabei ist:	$\sum b_{pf}$	Summe der Breite aller Pfeiler	variabel
	b	Gesamtbreite der Wehrfelder, inkl. Pfeiler	variabel
	n	Anzahl der Pfeiler + Widerlager (je $n = 0,5$)	variabel
	ξ	Einschnürungsbeiwert	0,07 (kreisförmig ausgerundet)
	h	Überfallhöhe	variabel

Bei hohem Wasserspiegel im Kößnach-Ableiter oder bei annähernd gleichem Wasserstand in der Rückhaltung und im Ableiter macht sich der Unterwasserstand bemerkbar. Dieser Einfluss wird nach THM1 [20] wiederum mit einem Faktor für den unvollkommenen Überfall berechnet. Der Abminderungsfaktor σ_{uv} ist dabei eine Funktion des Verhältnisses der Unterwasserhöhe zur Oberwasserhöhe h_u/h_o und ist abhängig von der Form des Wehres (hier breitkroniges Wehr). Der Wert wird aus THM1 [20], Bild 9.19 ermittelt.

3.3.8.2 Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Entleerung über ABW)

Die Ergebnisse der hydraulischen Vorberechnungen sind in Anlage 3 dargestellt und werden in Tabelle 5 zusammengefasst. In Tabelle 5 ist je nach Hochwasserereignis die erforderliche Feldanzahl benannt, um bei optimaler Zeitdauer gemäß Tabelle 4 die Rückhaltung zu entleeren.

Tabelle 5: Leistungsfähigkeit, Einstaudauer und Anzahl der Öffnungen bei Variante ABW 1

Welle	HQ	max. Wasserspiegel			Anzahl Felder	max. Leistung	Entleerungs- dauer		Gesamt- einstaudauer	
		us ABW *	HWR	Diff.			[h]	[d]	[h]	[d]
		[m ü. NN]	[m ü. NN]	[m]						
1988	30	319,14	320,2	1,06	2	47,38	360	15,00	411	17,13
	200	320,17	320,2	0,03	2	32,49	505	21,04	554	23,08
2002	30	318,95	320,2	1,25	9	195,03	43	1,79	69	2,88
	200	319,99	320,2	0,21	7**	128,41	53	2,21	75	3,13
2011	30	319,04	320,2	1,16	3	71,57	109	4,54	141	5,88
	200	320,08	320,2	0,12	3	49,81	150	6,25	180	7,50

* WSP Donau unterstrom (us) ABW bei gekappter Welle

** statt 9 Öffnungen werden bei HQ200 nur 7 Öffnungen benötigt

Bei HQ30 besteht zu Entleerungsbeginn ein Wasserspiegelunterschied von mehr als 1,0 m zwischen Hochwasserrückhaltung und Kößnach-Ableiter. Damit stellt sich bei Entleerungsbeginn ein Abfluss ohne Rückstau aus dem Unterwasser (Kößnach-Ableiter) ein, was eine hohe Leistungsfähigkeit des Auslaufbauwerks verursacht. Der rückstaufreie Abfluss bleibt während des größten Teils der Entleerung erhalten. Erst am Entleerungsende, wenn sich der Wasserstand in der Hochwasserrückhaltung und im Unterwasser zunehmend gleichen, wird die Leistungsfähigkeit durch den Unterwasserstand verringert.

Bei HQ200 beträgt der Wasserspiegelunterschied zwischen Hochwasserrückhaltung und Kößnach-Ableiter zu Entleerungsbeginn nur Zentimeter bis wenige Dezimeter. Dadurch ist bereits bei Entleerungsbeginn mit Rückstau aus dem Unterwasser zu rechnen. Infolge der längeren Ganglinienverläufe bei HQ200 ist die anfänglich geringe Leistungsfähigkeit aber ausreichend um eine optimale Entleerung bei vergleichbarer Öffnungsanzahl, wie bei HQ30 sicherzustellen.

Die Öffnungsanzahl ist somit nicht von den Hochwassererganglinien HQ30, HQ100 oder HQ200 abhängig sondern von der Form und vor allem der Länge der Hochwasserwelle. Dies wird deutlich bei den Vergleichsereignissen auf Basis der Hochwasser 1988 und 2002.

Die Hochwasserganglinien auf Basis des Hochwassers 2002 („spitze“ Welle) benötigen etwa die dreifache Leistungsfähigkeit und damit auch die dreifache Feldanzahl als bei den Ganglinien auf Basis des Bemessungshochwassers 2011. Um Abflussspitzen infolge der raschen Entleerung im Unterwas-

ser zu vermeiden, ist jedoch ein gestaffeltes Freigeben der Öffnungen bei „spitzen“ Wellen unabdingbar. Bei den Ganglinien auf Basis des Hochwassers 1988 („breite“ Welle) sind hingegen weniger Öffnungen wie bei den Ganglinien auf Basis des Bemessungshochwassers 2011 erforderlich.

Auf Grundlage der Ganglinien des Bemessungshochwassers von 2011 werden drei Öffnungen für die Konstruktion der Variante ABW 1 empfohlen.

Die drei Öffnungen sind ausreichend, um bei den Hochwasserereignissen auf Basis der Hochwasser 2011 und 1988 („breite“ Welle) eine optimale Entleerung mit annähernden Zeitdauern nach Tabelle 5 sicherzustellen. Bei den Hochwasserereignissen auf Basis des Hochwassers 2002 („spitze“ Welle) ist jedoch die Anzahl von drei Öffnungen nicht ausreichend, um bei sehr raschem Absinken der Wasserstände im Kößnach-Ableiter bzw. in der Donau auch die Rückhaltung entsprechend schnell zu entleeren. Hier sind trotz einer hohen Leistung von 62,40 bis 71,56 m³/s längere Entleerungszeiten einzurechnen, statt 1,8 bis 2,2 Tage (bei 9 Öffnungen) etwa 4,2 Tage (bei 3 Öffnungen), s. Anlage 3.2.3.

Untersuchungen zur Variation der Sohlhöhe

Weiterhin wurde der Einfluss der Sohlhöhe auf die Anzahl der Öffnungen überprüft, s. Anlage 3.3.4.

So sind bei einer Sohlhöhe von 315,30 m ü. NN mindestens 3 Öffnungen erforderlich, während bei einer Sohlhöhe von 315,50 bzw. 315,70 m. ü. NN bereits 4 Öffnungen notwendig werden. Maßgebend ist das Hochwasserereignis HQ30, wo sehr schnell entleert werden muss. Bei HQ200 werden hingegen nur bei einer Sohlhöhe von 315,70 m. ü. NN mindestens 4 Öffnungen benötigt, da hier eine längere Zeitdauer für die Entleerung zur Verfügung steht.

Die Untersuchungen zur Sohlhöhe zeigen den Einfluss der Bauwerkssohle auf die Leistungsfähigkeit des Auslaufbauwerks. Da zu Entleerungsende die Leistungsfähigkeit infolge der geringen Überfallhöhe stark abnimmt, ist die Bauwerkssohle ausreichend tief festzulegen, um noch einen nennenswerten Abfluss in das Unterwasser sicher zu stellen.

Untersuchungen zu Variation der Öffnungsweite

Aufgrund des sehr hohen Bauwerks und zur Verminderung von Pfeilern und hydraulischen Verlusten wurde in Anlage 3.3.5 eine größere Breite als 2,0 m untersucht. Um eine vergleichbare Leistungsfähigkeit wie 3 Öffnungen je 2 m Breite zu erhalten, sind beispielsweise 2 Öffnungen je 3 m Breite realisierbar. Es sollten jedoch mindestens 2 Öffnungen vorgehalten werden, damit bei Ausfall eines Feldes die Entleerung mindestens über ein Feld erfolgen kann, s. Kapitel 4.1.

3.3.8.3 Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Flutung über EBW und ABW)

Wie in Kapitel 3.3.7 erläutert, sind bei den Ganglinien HQ30 und HQ100 auf Basis Hochwasser 2002 („spitze“ Welle) die 8+1 Wehrfelder am Einlaufbauwerk nicht ausreichend, um eine optimale Scheitelkappung zu erzielen. Es wird daher untersucht, ob der zusätzliche Einsatz des (n - 1)-Feldes und des Auslaufbauwerks zum Flutvorgang und damit zur Scheitelkappung beitragen kann.

Als Einlaufbauwerk wird überschlägig von einem offenen Bauwerk mit neun Wehrfeldern (Breite = 6,0 m) ausgegangen. Um eine Spannweite der Wirkung bei Füllung über das Auslaufbauwerk zu ermitteln, wird die Anzahl zwischen 2 und 4 Öffnungen variiert.

Die Berechnungsergebnisse für HQ30 und HQ100 auf Basis Hochwasser 2002 sind für Variante 1 in Anlage 3.4 dokumentiert und werden in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst:

Tabelle 6: Scheitelreduzierung bei HQ30-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 1

Welle	HQ	EBW	ABW	Abfluss Donau					
		Anzahl Felder	Anzahl Öffn.	ohne HWR	vollständige Steuerung	US EBW ohne Einsatz ABW	Red. durch Einsatz EBW	US ABW mit Einsatz ABW	Red. durch Einsatz ABW
		[-]	[-]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
Hochwasser 2002 mit 11 Wehrfeldern am EBW									
2002	30	11	-	2.800,00	2552,40	2.564,69	235,31	-	-
Hochwasser 2002 mit 8+1 Wehrfeldern am EBW und zusätzlicher Flutung über ABW									
2002	30	8 + 1	2	2.800,00	2552,40	2607,47	192,53	2595,59	204,41
2002	30	8 + 1	3	2.800,00	2552,40	2607,47	192,53	2595,57	204,43
2002	30	8 + 1	4	2.800,00	2552,40	2607,47	192,53	2595,56	204,44

Tabelle 7: Scheitelreduzierung bei HQ100-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 1

Welle	HQ	EBW	ABW	Abfluss Donau					
		Anzahl Felder	Anzahl Öffn.	ohne HWR	vollständige Steuerung	US EBW ohne Einsatz ABW	Red. durch Einsatz EBW	US ABW mit Einsatz ABW	Red. durch Einsatz ABW
		[-]	[-]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
Hochwasser 2002 mit 11 Wehrfeldern am EBW									
2002	100	11	-	3.400,00	3128,20	3.147,29	252,71	-	-
Hochwasser 2002 mit 8+1 Wehrfeldern am EBW und zusätzlicher Flutung über ABW									
2002	100	8 + 1	2	3.400,00	3128,20	3172,89	227,11	3131,75	268,25
2002	100	8 + 1	3	3.400,00	3128,20	3172,89	227,11	3157,37*	242,63*
2002	100	8 + 1	4	3.400,00	3128,20	3172,89	227,11	3184,58*	215,42*

* Stauziel von 320,20 m ü. NN vor Ende des Scheiteldurchganges erreicht, dadurch unvollständige Kappung

Während des Scheiteldurchganges eines HQ30 bzw. eines HQ100 auf Basis des Hochwassers 2002 ist die Hochwasserrückhaltung noch nicht vollständig gefüllt. Der Wasserstand in der Hochwasserrückhaltung liegt unter dem Wasserstand am Kößnach-Ableiter, so dass während des Scheiteldurchganges eine zusätzliche Füllung der Rückhaltung über das Auslaufbauwerk möglich ist.

Wie die Darstellungen in Anlage 3.4 und die Tabelle 6 dokumentieren, ist die Anzahl der Öffnungen am Auslaufbauwerk bei der Variante 1 unerheblich für die Größe des Beitrages zur Flutung. Stattdessen wird die Größe der Scheitelkappung mit zusätzlichem Einsatz des Auslaufbauwerks von der Höhe der Ganglinie bzw. des Wasserstandes im Kößnach-Ableiter bestimmt.

Die Ganglinie eines HQ100 ist während des Scheiteldurchganges durch einen hohen Wasserstand im Kößnach-Ableiter (Diff. zu HWR ca. 2 m) gekennzeichnet, so dass statt der in Kapitel 3.3.8.2 empfohlenen drei Öffnungen am Auslaufbauwerk zwei Öffnungen ausreichend sind, um sogar eine größere Scheitelreduzierung (268,25 m³/s) zu erzielen, als bei 11 Öffnungen am Einlaufbauwerk (252,71 m³/s). Dies ist auf die längere Zeitdauer infolge des höheren Wasserstandes im Kößnach-Ableiter zurückzuführen, in der über das Auslaufbauwerk die Hochwasserrückhaltung zusätzlich gefüllt werden kann.

Mit drei oder vier Öffnungen am Auslaufbauwerk ist hingegen keine größere Scheitelkappung erzielbar als mit zwei Öffnungen. Drei oder vier Öffnungen führen jedoch zu einem zu raschen Füllen der Hochwasserrückhaltung, wodurch das Stauziel bereits vor Ende des Hochwasserscheitels erreicht wird. Da dann die Hochwasserrückhaltung bereits voll ist, wird der Scheitel zum Ende hin nur unvollständig gekappt und die Scheitelreduzierung vermindert, s. Anlage 3.4.2.

Bei HQ30 liegt der Wasserstand im Kößnach-Ableiter niedriger als bei HQ100 (Diff. zu HWR ca. 1 m), wodurch sich die Zeitdauer verkürzt, in der das Auslaufbauwerk zur Scheitelkappung beitragen kann. Mit den in Kapitel 3.3.8.2 empfohlenen drei Öffnungen ist bei HQ30 daher nur eine Scheitelreduzierung von 204,43 m³/s möglich und nicht wie bei 11 Wehrfeldern am Einlaufbauwerk eine Reduzierung um 235,31 m³/s. Dennoch ist auch bei HQ30 der Einsatz des Auslaufbauwerks bei der Flutung sinnvoll, da die Scheitelreduzierung von 192,53 m³/s auf immerhin 204,43 m³/s erhöht wird.

3.3.8.4 Konstruktion

Das Auslaufbauwerk der Variante ABW 1 in offener Bauweise besteht aus drei Wehrfeldern mit einer Breite von jeweils 2,0 m und einer Höhe von mehr als 6,0 m. Das Bauwerk wird in den Einlaufbereich auf Seiten der oberen Schleife, in den Bereich der Wehrfelder und den Auslaufbereich auf Seiten des Kößnach-Ableiters gegliedert.

Der Einlaufbereich dient der Zuführung des Wassers zu den Wehrfeldern, die im Bereich der Verschlüsse eine Sohlhöhe von 315,30 m ü. NN aufweisen. Die Verbindungsstrecke von der oberen Schleife zu den Durchlässen (Vorboden) wird trichterförmig mit Wasserbausteinen der Größe LMB 10/60 sowie einer Bodenplatte mit einem Gefälle von ca. 0,5 % zur Schleife hergestellt. In diesem Bereich sind auch die Flügelwände angeordnet, die den Deichkörper abfangen. Um die Anströmung zu begünstigen, werden die Flügelwände schräg abgewinkelt. Die Oberkante ragt ca. 50 cm über das Stauziel von 320,20 m ü. NN heraus, um Belastungen auf den Deichkörper zu vermeiden. Die Wasserbausteine und die massive Bodenplatte im Vorboden dienen bei zusätzlicher Füllung der Hochwasserrückhaltung über das Auslaufbauwerk als Energieumwandlungsstrecke (Tosbecken ohne Eintiefung).

Der Bereich der Wehrfelder besteht aus drei Öffnungen, die durch 1,5 m breite Pfeiler getrennt sind. Die Querschnittsfläche bei Stauziel beträgt je Öffnung ca. 10 m² [(320,20 - 315,30 m ü. NN) · 2,0 m]. Die Neigung erfolgt mit ca. 1 % in Richtung Kößnach-Ableiter. In den Öffnungen befinden sich die Verschlüsse, die beidseitig dichten.

Zur Oberkante der Verschlüsse ist ein Freibord von mindestens 0,5 m einzuhalten. Bei einem Stauziel in der Hochwasserrückhaltung von 320,20 m ü. NN sollten die Oberkante der Verschlüsse mindestens auf einer Höhe von 320,70 m ü. NN liegen. Diese Höhe ist für den Lastfall HQ1000 mit einer maximalen Wasserspiegelhöhe in der Hochwasserrückhaltung von ca. 320,92 m ü. NN jedoch nicht ausreichend. Daher wird die Oberkante der Verschlüsse auf 321,00 m ü. NN festgelegt.

Damit müssen die Verschlusseinrichtungen bei einer Höhe der Überlaufschwelle von 315,30 m ü. NN eine Höhe von 5,70 m verschließen.

Um den Deichverteidigungsweg über die Wehrfelder zu führen ist eine Betriebswegebrücke erforderlich. Nach DIN 19661-1 [16] sollte der Freibord an Brücken in der Regel 0,5 m betragen. Der höchste Lastfall ist ein HQ1000 mit einer maximalen Wasserspiegelhöhe in der Hochwasserrückhaltung von ca. 320,92 m ü. NN.

Die Unterkante der Betriebswegebrücke ist bei einem Freibord von 0,5 m daher mindestens auf einer Höhe von 321,45 m ü. NN festzulegen. Die Oberkante der Brücke orientiert sich dann auf 322,00 m ü. NN. Damit liegt die Brücke ca. 0,55 m höher als der Polderdeich am Kößnach-Ableiter, der eine Höhe von ca. 321,45 m ü. NN besitzt.

Da von der Betriebswegebrücke die hohen Verschlüsse nicht herausgehoben werden können, sind beidseitig des Bauwerks Kranaufstellflächen für einen Mobilkran mit jeweils einer Fläche von 10 x 12,5 m vorgesehen. Die Absturzstellen sind durch Rohrgeländer zu sichern.

Der Auslaufbereich dient der geordneten Abführung des ausströmenden Wassers in den Kößnach-Ableiter. Um die Beanspruchung der Sohle des Ableiters bei Entleerung der Hochwasserrückhaltung zu verringern, ist der Nachboden durch eine Betonplatte (Tosbecken ohne Eintiefung) und der anschließende Bereich mittels Wasserbausteinen der Größe LMB 5/40 zu sichern.

Der Deichschutzstreifen auf Seiten des Ableiters quert als Furt mit 1:10 geneigten Rampen den Auslaufbereich.

Aufgrund der hohen Öffnungsquerschnitte sind als Verschlusseinrichtungen Hubschütze (Roll- oder Gleitschütze) zu favorisieren.

Bei einem Einzelschütz, das die gesamte zu verschließenden Querschnittshöhe von 5,70 m abdeckt, würden im gezogenen Zustand die Verschlüsse ca. 5,20 m über die Betriebswegebrücke mit einer Höhe von 322,00 m ü. NN hinausragen. Um das Schütz über den Wehrfeldern zu halten sind dazu seitliche Führungsbahnen erforderlich. Die Oberkante der Antriebsbrücke, die auf den Führungsbahnen aufliegt, ist dann konstruktionsbedingt auf einer Höhe von 327,60 m ü. NN anzuordnen. Aufgrund der großen Höhe im Vergleich zur Breite sind für diese Variante Rollschütze zu empfehlen.

Um die Höhe der über die Betriebswegebrücke hinausragenden Bauteile zu minimieren, stellt die Verwendung eines Doppelschützes eine gute Alternative dar. Dazu werden zwei Schütze mit einer Höhe von jeweils 3,0 m neben und übereinander geführt, um den Abflussquerschnitt zu verschließen. Im gezogenen Zustand ragen beide Verschlüsse dann nur noch ca. 2,50 m über die Betriebswegebrücke mit einer Höhe von 322,00 m ü. NN hinaus. Die Antriebsbrücke liegt dann konstruktionsbedingt auf einer Höhe von 325,00 m ü. NN und damit ca. 1,5 m höher als das Gelände. Infolge der geringen Höhe sind bei dieser Variante Gleitschütze möglich.

Die Antriebe je Hubschütz können durch zwei nicht steigende Trapezgewindespindeln oder durch einen zentrierten Elektrohubzylinder erfolgen. Wobei der Elektrohubzylinder eher beim 5,70 m hohen Einzelschütz zu favorisieren ist und weniger beim Doppelschutz.

Die Konstruktion der Variante ABW 1 ist in Anlage 2.1 dokumentiert.

3.3.8.5 Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Abflussvorgänge sind jederzeit gut zu beobachten und zu kontrollieren,
- einfaches Erkennen von Gefährdungslagen wie z.B. Undichtigkeit, Verklausungen, Versagen beim Schließen der Wehrverschlüsse, einfachere Gefahrenbeseitigung und Gefahrenabwehr,
- geringe Verklausungsgefahr, da große Öffnungen das Treibgut abführen,
- geringe Aufwendungen für Energieumwandlung auf Seiten des Kößnach-Ableiters (aufgrund der hohen Querschnitte und des Freispiegelabflusses mit moderaten Geschwindigkeiten),
- gute ökologische Durchgängigkeit für Fische während Entleerungsprozess.

Nachteile:

- aufwändige Bauweise mit hohem Betonanteil, durch dammbreite Betonsohle, hohe Pfeiler und Flügelmauern,
- hoher Anteil an Stahlwasserbau durch hohe Schützen sowie Führungsbahnen und Antriebsbrücken,

- zusätzliche Betriebswegebrücke über die Wehrfelder,
- infolge der großen Abflussquerschnitte ist zu Entleerungsbeginn ein gestaffeltes Freigeben der Öffnungen erforderlich, um Abflussspitzen im Unterwasser zu vermeiden,
- große, schwere Verschlüsse, die mit der betriebseigenen Hebetchnik des WWA nicht bewegt werden können,
- schlechte Einbindung in Landschaftsbild, da die Antriebe sehr hoch über das Bauwerk hinausragen und durch die offene Bauweise das Auslaufbauwerk eher als technische Anlage wahrgenommen wird.

3.3.9 Variante ABW 3a: geschlossene Bauweise mit Rechteckdurchlässen

3.3.9.1 Funktionsprinzip und hydraulisches Berechnungsverfahren

Funktionsprinzip

Bei dieser Bauweise wird das Auslaufbauwerk mit mehreren Rechteckdurchlässen im Druckabfluss betrieben. Der Abfluss durch das Bauwerk entspricht damit einer Druckrohrströmung. Hierbei wird eine größere Druckhöhe als beim Freispiegelabfluss erzeugt, was trotz geringer Öffnungsquerschnitte eine hohe Leistungsfähigkeit ermöglicht.

Durch die geschlossene Bauweise wird die Leistungsfähigkeit des Bauwerks maßgeblich durch den Wasserspiegelunterschied von Hochwasserrückhaltung und Unterwasserstand (Kößnach-Ableiter) bestimmt. Weiterhin sind Verluste aus der Rohrreibung und am Ein- und Auslauf zu berücksichtigen.

Aufgrund des Druckabflusses tritt zu Entleerungsbeginn nicht zwingend die größte Leistungsfähigkeit auf, sondern erst wenn der Wasserspiegelunterschied von Hochwasserrückhaltung und Unterwasserstand (Kößnach-Ableiter) am größten ist. Am Entleerungsende nimmt die Leistungsfähigkeit mit sinkendem Wasserspiegelunterschied ab.

Die Höhenlage der Rohrsohle hat hingegen keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Sie sollte jedoch unter dem tiefsten Absenkziel in der oberen Schleife liegen, um jederzeit eine Entleerung zu ermöglichen.

Ziel dieser Variante ist es, ein möglichst leistungsfähiges aber dennoch kleines Bauwerk mit geringem Betonanteil zu erstellen, das durch die Kombination aus Deichkörper und dem eigentlichen Durchlassbauwerk besser in das Landschaftsbild integriert werden kann. Dabei sollen der in Anspruch genommene Platz ebenfalls möglichst gering und die von außen sichtbaren Bauteile möglichst klein dimensioniert werden.

hydraulisches Berechnungsverfahren

Für die Bemessung werden die Rechtecköffnungen ($B = H = 2,0 \text{ m}$) als Rohre mit Druckabfluss verstanden. Die Rohrsohle im Einlaufbereich liegt bei etwa 315,30 m ü. NN und damit deutlich unter den Absenkzielen der oberen Oberauer Schleife von 315,80 bzw. 316,20 m ü. NN.

Die hydraulischen Berechnungen zu den Rechteckdurchlässen erfolgten mit der Kontinuitäts- und Bernoulligleichung:

$$Q = v \cdot A = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta h}{\lambda \cdot \frac{L}{D} + \Sigma \zeta}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

darin sind:	λ	Rohrreibungsbeiwert	0,0197	aus Iteration
	L	Länge des Rohres	25 m	(Annahme)
	D	Durchmesser	2,0 m	äquivalenter Rohrdurchmesser
	$\Sigma\zeta$	Einzelverluste	1,6	Einlauf- und Auslaufverlust sowie Verluste durch Armaturen (Schieber)
	Δh	Druckhöhe zwischen HWR und Donau	variabel	

3.3.9.2 Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Entleerung über ABW)

Die Ergebnisse der hydraulischen Vorberechnungen sind in Anlage 4 dargestellt und werden in Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Leistungsfähigkeit, Einstaudauer und Anzahl der Öffnungen bei Variante ABW 3a

Welle	HQ	max. Wasserspiegel			Anzahl Felder	max. Leistung	Entleerungs- dauer		Gesamt- einstaudauer	
		us ABW *	HWR	Diff.			[h]	[d]	[h]	[d]
		[m ü. NN]	[m ü. NN]	[m]						
1988	30	319,14	320,2	1,06	2	21,69	361	15,04	412	17,17
	200	320,17	320,2	0,03	2	18,12	504	21,00	553	23,04
2002	30	318,95	320,2	1,25	12	107,81	44	1,83	70	2,92
	200	319,99	320,2	0,21	12	99,86	53	2,21	75	3,13
2011	30	319,04	320,2	1,16	4	41,64	110	4,58	142	5,92
	200	320,08	320,2	0,12	4	36,27	150	6,25	180	7,50

* WSP Donau unterstrom (us) ABW bei gekappter Welle

Bei HQ30 besteht zu Entleerungsbeginn ein Wasserspiegelunterschied von mehr als 1,0 m zwischen Hochwasserrückhaltung und Kößnach-Ableiter, was einen hohen Durchfluss über das Auslaufbauwerk verursacht. Dieser Wasserspiegelunterschied sowie der hohe Durchfluss bleiben lange Zeit auf hohem Niveau. Erst am Entleerungsende, wo die Wasserspiegeldifferenz stark abnimmt und sich die Wasserstände in Rückhaltung und Kößnach-Ableiter annähern, sinkt die Leistungsfähigkeit. Dadurch kann in recht kurzer Zeit die Rückhaltung parallel zum fallenden Wasserstand im Kößnach-Ableiter bzw. in der Donau entleert werden.

Bei HQ200 beträgt der Wasserspiegelunterschied zwischen Hochwasserrückhaltung und Kößnach-Ableiter zu Entleerungsbeginn nur Zentimeter bis wenige Dezimeter. Dadurch ist die Leistungsfähigkeit zu Beginn eher niedrig und steigt mit Zunahme der Wasserspiegeldifferenz an, bevor diese am Ende wieder absinkt. Infolge der längeren Ganglinienverläufe bei HQ200 ist die geringere Leistungsfähigkeit aber ausreichend um eine optimale Entleerung bei vergleichbarer Öffnungsanzahl, wie bei HQ30 sicherzustellen.

Die Öffnungsanzahl ist auch bei dieser Variante nicht von den Hochwasserganglinien HQ30, HQ100 oder HQ200 abhängig sondern von der Form und vor allem der Länge der Hochwasserwelle. Dies wird deutlich bei den Vergleichsereignissen auf Basis der Hochwasser 1988 und 2002.

Die Hochwasserganglinien auf Basis des Hochwassers 2002 („spitze“ Welle) benötigen etwa die dreifache Leistungsfähigkeit und damit auch die dreifache Feldanzahl als bei den Ganglinien auf Basis des Bemessungshochwassers 2011. Um Abflussspitzen infolge der raschen Entleerung im Unterwasser zu vermeiden, ist jedoch ein gestaffeltes Freigeben der Öffnungen bei „spitzen“ Wellen unabding-

bar. Bei den Ganglinien auf Basis des Hochwassers 1988 („breite“ Welle) sind hingegen nur halb so viele Öffnungen wie bei den Ganglinien auf Basis des Bemessungshochwassers 2011 erforderlich.

Auf Grundlage der Ganglinien des Bemessungshochwassers von 2011 werden vier Rechteckdurchlässe für die Konstruktion der Variante ABW 3a empfohlen.

Die vier Durchlässe sind ausreichend, um bei den Hochwasserereignissen auf Basis der Hochwasser 2011 und 1988 („breite“ Welle) eine optimale Entleerung mit annähernden Zeitdauern nach Tabelle 4 sicherzustellen. Bei den Hochwasserereignissen auf Basis des Hochwassers 2002 („spitze“ Welle) ist jedoch die Anzahl der Öffnungen nicht ausreichend, um bei sehr raschem Absinken der Wasserstände im Kößnach-Ableiter bzw. in der Donau auch die Rückhaltung entsprechend schnell zu entleeren. Hier sind trotz einer hohen Leistung von 53,97 bis 54,40 m³/s längere Entleerungszeiten einzurechnen, statt 1,8 bis 2,2 Tage (bei 12 Öffnungen) etwa 3,4 bis 3,8 Tage (bei 4 Öffnungen), s. Anlage 4.2.3.

Untersuchungen zu Variation der Öffnungsbreite

Zur Verminderung von Pfeilern und hydraulischen Verlusten wurde in Anlage 4.3.4 eine größere Breite als 2,0 m untersucht. Um eine vergleichbare Leistungsfähigkeit wie 4 Öffnungen je 2 m Breite zu erhalten, sind beispielsweise 2 Öffnungen je 5 m Breite realisierbar. Es sollten jedoch mindestens 2 Öffnungen vorgehalten werden, damit bei Ausfall eines Feldes die Entleerung mindestens über ein Feld erfolgen kann, s. Kapitel 4.1.

3.3.9.3 Ergebnisse der hydraulischen Vorbemessung (Flutung über EBW und ABW)

Wie in Kapitel 3.3.7 erläutert, sind bei den Ganglinien HQ30 und HQ100 auf Basis Hochwasser 2002 („spitze“ Welle) die 8+1 Wehrfelder am Einlaufbauwerk nicht ausreichend, um eine optimale Scheitelkappung zu erzielen. Es wird daher untersucht, ob der zusätzliche Einsatz des (n - 1)-Feldes und des Auslaufbauwerks zum Flutvorgang und damit zur Scheitelkappung beitragen kann.

Als Einlaufbauwerk wird überschlägig von einem offenen Bauwerk mit neun Wehrfeldern (Breite = 6,0 m) ausgegangen. Um eine Spannweite der Wirkung bei Füllung über das Auslaufbauwerk zu ermitteln, wird die Anzahl der Rechteckquerschnitte zwischen 2 und 4 Öffnungen variiert.

Die Berechnungsergebnisse für HQ30 und HQ100 auf Basis Hochwasser 2002 sind für Variante 3a in Anlage 4.4 dokumentiert und werden in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst:

Tabelle 9: Scheitelreduzierung bei HQ30-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 3a

Welle	HQ	EBW	ABW	Abfluss Donau					
		Anzahl Felder	Anzahl Öffn.	ohne HWR	vollständige Steuerung	US EBW ohne Einsatz ABW	Red. durch Einsatz EBW	US ABW mit Einsatz ABW	Red. durch Einsatz ABW
		[-]	[-]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
Hochwasser 2002 mit 11 Wehrfeldern am EBW									
2002	30	11	-	2.800,00	2552,40	2.564,69	235,31	-	-
Hochwasser 2002 mit 8+1 Wehrfeldern am EBW und zusätzlicher Flutung über ABW									
2002	30	8 + 1	3	2.800,00	2552,40	2607,47	192,53	2594,64	205,36
2002	30	8 + 1	4	2.800,00	2552,40	2607,47	192,53	2591,56	208,44
2002	30	8 + 1	5	2.800,00	2552,40	2607,47	192,53	2589,02	210,98

Tabelle 10: Scheitelreduzierung bei HQ100-2002 mit Einsatz des Auslaufbauwerks, Variante ABW 3a

Welle	HQ	EBW	ABW	Abfluss Donau					
		Anzahl Felder	Anzahl Öffn.	ohne HWR	vollständige Steuerung	US EBW ohne Einsatz ABW	Red. durch Einsatz EBW	US ABW mit Einsatz ABW	Red. durch Einsatz ABW
		[-]	[-]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
Hochwasser 2002 mit 11 Wehrfeldern am EBW									
2002	100	11	-	3.400,00	3128,20	3.147,29	252,71	-	-
Hochwasser 2002 mit 8+1 Wehrfeldern am EBW und zusätzlicher Flutung über ABW									
2002	100	8 + 1	3	3.400,00	3128,20	3172,89	227,11	3150,90	249,10
2002	100	8 + 1	4	3.400,00	3128,20	3172,89	227,11	3144,56	255,44
2002	100	8 + 1	5	3.400,00	3128,20	3172,89	227,11	3138,63	261,37

Während des Scheiteldurchgangs eines HQ30 bzw. eines HQ100 auf Basis des Hochwassers 2002 ist die Hochwasserrückhaltung noch nicht vollständig gefüllt. Der Wasserstand in der Hochwasserrückhaltung liegt unter dem Wasserstand am Kößnach-Ableiter, so dass während des Scheiteldurchganges eine zusätzliche Füllung der Rückhaltung über das Auslaufbauwerk möglich ist.

Wie die Darstellungen in Anlage 4.4 sowie die Tabelle 9 und Tabelle 10 dokumentieren, hat die Anzahl der Öffnungen am Auslaufbauwerk bei Variante 3a durchaus Einfluss auf die Größe des Beitrages zur Flutung. Maßgeblich wird die Größe der Scheitelkappung mit zusätzlichem Einsatz des Auslaufbauwerks von der Höhe der Ganglinie bzw. des Wasserstandes im Kößnach-Ableiter bestimmt.

Die Ganglinie eines HQ100 ist während des Scheiteldurchganges durch einen hohen Wasserstand im Kößnach-Ableiter (Diff. zu HWR ca. 2 m) gekennzeichnet, so dass mit den in Kapitel 3.3.9.2 empfohlenen vier Rechteckdurchlässen am Auslaufbauwerk eine vergleichbare Scheitelreduzierung (255,44 m³/s) erzielt werden kann, wie mit 11 Öffnungen am Einlaufbauwerk (252,71 m³/s). Dies ist auf die längere Zeitdauer infolge des höheren Wasserstandes im Kößnach-Ableiter zurückzuführen, in der über das Auslaufbauwerk die Hochwasserrückhaltung zusätzlich gefüllt werden kann.

Bei HQ30 liegt der Wasserstand im Kößnach-Ableiter niedriger als bei HQ100 (Diff. zu HWR ca. 1 m), wodurch sich die Zeitdauer verkürzt, in der das Auslaufbauwerk zur Scheitelkappung beitragen kann. Mit den in Kapitel 3.3.9.2 empfohlenen vier Rechteckdurchlässen ist bei HQ30 daher nur eine Scheitelreduzierung von 208,44 m³/s möglich und nicht wie bei 11 Wehrfeldern am Einlaufbauwerk eine Reduzierung um 235,31 m³/s. Dennoch ist auch bei HQ30 der Einsatz des Auslaufbauwerks bei der Flutung sinnvoll, da die Scheitelreduzierung von 192,53 m³/s auf immerhin 208,44 m³/s erhöht wird.

3.3.9.4 Konstruktion

Das Auslaufbauwerk der Variante ABW 3a in geschlossener Bauweise besteht aus vier Rechteckdurchlässen zu je 2,0 m Breite und 2,0 m Höhe. Das Bauwerk wird in den Einlaufbereich auf Seiten der oberen Schleife, den Durchlassbereich und den Auslaufbereich auf Seiten des Kößnach-Ableiters gegliedert.

Der Einlaufbereich dient der Zuführung des Wassers zu den Durchlässen, der im Bereich der Verschlüsse eine Sohlhöhe von 315,30 m ü. NN aufweist. Die Verbindungsstrecke von der oberen Schleife zu den Durchlässen (Vorboden) wird trichterförmig mit Wasserbausteinen der Größe CP90/250 sowie einer Bodenplatte mit einem Gefälle von ca. 0,5 % zur Schleife hergestellt. In diesem Bereich sind auch die Flügelwände angeordnet, die den Deichkörper abfangen. Sie sind strömungsgünstig mit einem Radius von ca. 8,0 m ausgerundet. Die Oberkante ragt ca. 50 cm über das Stauziel von 320,20 m ü. NN heraus, um Belastungen auf den Deichkörper zu vermeiden. Die Wasserbausteine

und die massive Bodenplatte im Vorboden dienen bei zusätzlicher Füllung der Hochwasserrückhaltung über das Auslaufbauwerk als Energieumwandlungsstrecke (Tosbecken ohne Eintiefung).

Der Durchlassbereich besteht aus 4 quadratischen Durchlässen, die durch 1,5 m breite Betonwände getrennt sind. Die Querschnittsfläche beträgt je Durchlass 4 m². Die Neigung erfolgt mit ca. 1 % in Richtung Kößnach-Ableiter. Direkt vor den Einlaufquerschnitten befinden sich die Absperrschieber, die in beide Seiten dichten. Darüber befindet sich eine Stirnwand, die bis zum Niveau der Deichkrone geführt wird und das Auswechseln bzw. Wartung der Verschlüsse ermöglicht. Auf der Deichkrone entsteht so ein Plateau, welches als Kranaufstellfläche dient. Unter Einbeziehung des Deichverteidigungsweges auf der Krone ist diese Aufstellfläche 7,75 x 12,50 m groß. Die Absturzstellen sind durch Rohrgeländer gesichert.

Der Auslaufbereich dient der geordneten Abführung des ausströmenden Wassers in den Kößnach-Ableiter. Um die Beanspruchung der Sohle des Ableiters bei Entleerung der Hochwasserrückhaltung zu verringern, ist unmittelbar nach Ende der Rechteckdurchlässe ein 7,0 m langes Tosbecken vorgesehen. Zur Unterstützung der Energieumwandlung und zur Begrenzung der Länge wird das Tosbecken um 0,5 m eingetieft und mit einer Störkörperreihe versehen. Der an das Tosbecken anschließende Sohlbereich des Kößnach-Ableiters ist mit Wasserbausteinen der Größe LMB 5/40 zu sichern.

Die Deichschutzstreifen auf Seiten des Ableiters enden am Auslaufbereich des Bauwerks. Aufgrund des Tosbeckens und des nahen Kößnach-Ableiters kann bei dieser Variante der Deichschutzstreifen nicht mittels Anrampungen über die Durchlässe geführt oder als Furt ausgebildet werden. Ein Geländer schützt vor Herabstürzen in den Auslaufbereich.

Aufgrund der geringen Durchlassöffnungen sind als Verschlusseinrichtungen Hubschütze in Form von Gleitschützen zu favorisieren. Ein Doppelschütz ist aufgrund der geringen Höhe nicht erforderlich.

Der Antrieb erfolgt je Hubschütz mit zwei nicht steigenden Trapezgewindespindeln. Es wird eine Permanentschmierung der Spindeln vorgesehen. Auf dem Schütz werden die Spindeln in einem Spindel-schutzrohr geführt. Über den Rohren befinden sich die feststehenden Muttern, mit denen sich das Schütz auf den Trapezgewindespindeln nach oben bewegt.

Über den Schützen werden Antriebsbrücken angeordnet, die auf den Pfeiler- bzw. Wangenmauerköpfen aufgelagert werden. Die Antriebsbrücken bestehen aus jeweils zwei U-Profilen mit Aussteifungen und Montageblechen. Auf den Oberseiten der Antriebsbrücken befinden sich je Schütz ein Drehantrieb sowie das Kegelradgetriebe, die mit der Verbindungswelle zur Gleichlaufsteuerung gekoppelt sind. Die Antriebsbrücken werden etwa in Höhe der Geländer angeordnet, so dass eine bequeme Bedienhöhe erreicht wird. Zum Ein- oder Ausbau der Schütze müssen die aufgeschraubten Antriebsbrücken entfernt werden.

Die Konstruktion der Variante ABW 3a ist in Anlage 2.2 dokumentiert.

3.3.9.5 Vor- und Nachteile

Vorteile:

- mehr Druckhöhe, damit kompakte Konstruktion mit geringeren Bauwerksabmessungen als bei der offenen Bauweise möglich (mit einer Fließfläche von 4 m² pro Durchlass kann die gleiche Leistungsfähigkeit wie bei einer Fließfläche von ca. 10 m² pro Wehrfeld erzielt werden),
- einfache Bauweise mit geringem Betonanteil sowie Stahlwasserbau infolge der Durchlässe,
- kleine, leichte Verschlüsse, die auch mit der betriebseigenen Hebetchnik des WWA bewegt werden können,

- bei Entleerung mit wenig Treibgut besteht für den Druckabfluss potentiell eine geringere Verkläusungsgefahr, da die Durchlassöffnungen unter Wasser liegen und das Treibgut an der Stirnwand hängen bleibt,
- gute Einbindung in Landschaftsbild, da durch die geschlossene Bauweise das Auslaufbauwerk in den Deichkörper integriert wird und somit eher weniger als technische Anlage wahrgenommen wird.

Nachteile:

- Abflussvorgang kann nicht oder nur eingeschränkt beobachtet werden,
- unvollständiges Schließen der Verschlüsse sowie Dichtigkeit der Verschlüsse visuell nicht prüfbar,
- im Zulauf ist ggf. ein Grobrechen (Dalbenreihe o. Treibgutabweiser) erforderlich, um zu große Treibgutmengen abzuhalten (zu große Mengen könnten auch an der Stauwand zur Verkläusung der unter Wasser liegenden Durchlassöffnungen führen),
- Aufwendungen für Energieumwandlung auf Seiten des Kößnach-Ableiters (aufgrund der Durchlassbauweise und des Druckabflusses mit hohen Geschwindigkeiten),
- ggf. Schutzgitter (Verkehrssicherungspflicht) vor den Durchlässen auf Seiten des Kößnach-Ableiters erforderlich, um ein Begehen der Durchlässe zu verhindern.

3.4 Variantenvergleich und Vorschlag einer favorisierten Bauweise

Der Variantenvergleich mit Hilfe der Bewertungsmatrix in Anhang B kommt zu dem Ergebnis, dass die Variante ABW 3a - geschlossene Bauweise mit Rechteckdurchlässen in der Gesamtbewertung vor der Variante ABW 1 - offene Bauweise liegt.

Die Variante ABW 3a erfordert durch die geschlossene Bauweise mit kleinen Fließquerschnitten nur geringe Aufwendungen für Beton- und Stahlwasserbau und fügt sich als, in den Polderdeich integriertes Bauwerk, gut in das Landschaftsbild ein. Nachteile sind die höhere Verkläusungsgefahr und die eingeschränkte Kontrolle der Verschlüsse, da diese unter Wasser liegen.

Bei Variante ABW 1 ist infolge der offenen Bauweise die Verkläusungsgefahr geringer und die Kontrolle der Schützstellungen möglich. Jedoch sind sehr hohe Öffnungsquerschnitte mit großen Verschlüsselementen erforderlich, die entsprechend hohe Aufbauten über dem Bauwerk benötigen. Dies wirkt sich negativ auf die Einbindung in das Landschaftsbild aus. Infolge der offenen Bauweise und den großen Höhen sind die Herstellungskosten wesentlich größer als bei Variante ABW 3a.

Damit ist der Variante ABW 3a sowohl aus wasserwirtschaftlicher als auch monetärer Sicht der Vorzug zu geben.

=> Empfohlene Vorzugsvariante: Variante ABW 3a in geschlossener Bauweise mit Rechteckdurchlässen, sowie Hubschützen in Form von Gleitschützen

4 Weitere Betrachtungen

4.1 (n - 1)-Bedingung

Die (n - 1)-Bedingung bezeichnet ein Beurteilungskriterium für die Ausfallwahrscheinlichkeit anhand von zusätzlich vorhandener Redundanz. Sind für eine Aufgabe n Anlagen zuständig oder verfügbar, so kann bei Einhaltung der (n - 1)-Bedingung beim Ausfall einer Anlage der Betrieb oder die Funktionstüchtigkeit durch die anderen n - 1 Anlagen sicher gewährleistet werden. Anwendung findet die Regel z.B. bei der Planung und im Betrieb von Stromnetzen oder bei Stauanlagen im Gewässer.

Das Auslaufbauwerk fungiert bei der geplanten Hochwasserrückhaltung als Entleerungsbauwerk.

Da der Kößnach-Ableiter im Hochwasserfall durch den Rückstau der Donau beeinflusst wird und das Auslaufbauwerk die Hochwasserrückhaltung nur mit absinkenden Wasserständen in der Donau bzw. im Ableiter entleeren kann, ist keine Gefährdung der Unterlieger zu erwarten. Denn eine Entleerung der Hochwasserrückhaltung ist erst bei Wasserständen im Kößnach-Ableiter von unter 320,20 m ü. NN (= Stauziel) möglich.

Der Ausfall einer Auslauföffnung am Auslaufbauwerk führt daher weder zu einer Gefährdung des Auslaufbauwerks, der Hochwasserrückhaltung noch der Unterlieger am Kößnach-Ableiter. Bei Ausfall einer Auslauföffnung verlängert sich ausschließlich die Entleerungszeit. Daher kann auf die Anwendung der (n - 1)-Bedingung am Auslaufbauwerk verzichtet werden. Es sind jedoch mindestens zwei Auslauföffnungen (mehrfeldrige Bauweise) vorzusehen, so dass bei Ausfall einer Öffnung die Entleerung zumindest über einen Auslauf sichergestellt werden kann.

4.2 Revisions- und Notverschlüsse, doppelte Verschlussenebene

4.2.1 Revisions- und Notverschlüsse

Revisionsverschlüsse sind erforderlich, um Bauteile und bauliche Anlagen im Trockenen inspizieren, warten, reparieren und ggf. austauschen zu können. Gemäß dem Sicherheitskonzept [8] werden Revisionsverschlüsse auf Seiten des Kößnach-Ableiters sowie auf Seiten der oberen Schleife für eine Durchlassöffnung erforderlich (einzelne Revision pro Öffnung).

Revisionsverschlüsse sollen möglichst einfach in der Handhabung sein und eine gute Dichtwirkung aufweisen. Die Revisionsverschlüsse müssen nicht zwingend vor Ort vorgehalten werden, wenn sie nicht auch als Notverschluss eingesetzt werden sollen.

Am Auslaufbauwerk können folgende Systeme zum Einsatz kommen:

- Nadelwehr,
- Dammbalken,
- Dammtafeln.

Beim Nadelwehr werden die Nadeln schräg eingestellt, die Nadeln stützen sich an Auflagebalken ab. Der Vorteil des Nadelwehres liegt in der einfachen Handhabung, bei entsprechenden Abmessungen lassen sich die Nadeln per Hand setzen. Die Dichtwirkung ist eingeschränkt, so dass für Revisions- und Unterhaltungsarbeiten im Trockenen zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen (z.B. Folieneinsatz) und eine Wasserhaltung vorgesehen werden müssen.

Beim Einsatz von Dammbalken und Dammtafeln werden Hebezeuge und spezielle Anschlagmittel erforderlich. Die Dichtigkeit dieser Systeme ist deutlich höher. Von Vorteil ist auch, dass sich die Elemente als Notverschluss einsetzen lassen. Dabei sind die Dammtafeln besser geeignet als die Dammbalken, da sie beim Setzen durch ihre Abmessungen weniger zum Verkanten neigen.

Notverschlüsse sind erforderlich, wenn ein Verschluss nach Entleerung der Hochwasserrückhaltung nicht mehr geschlossen werden kann. Die Notverschlüsse müssen dabei kurzfristig gesetzt werden können. Folgende Systeme können zum Einsatz kommen:

- Notverschlüsse permanent vor Ort (zweite Verschlussebene, ständig in Offenstellung),
- Mobiles System (kleinere Module, Abmessungen ggf. nicht für manuellen Einsatz geeignet).

Die permanent vor Ort vorgehaltene zweite Verschlussebene erfordert für das Setzen keine Hebeeinrichtungen. Damit sind sie ständig und ohne Zeitverzug einsatzbereit. Für jede Öffnung des Auslaufbauwerks müssten jedoch zwei baugleiche Verschlusselemente vorgesehen werden. Die permanenten Notverschlüsse könnten dann auch als Revisionsverschluss eingesetzt werden.

Als Verschlussorgan für den mobilen Einsatz kommen plane Bauformen (Schütztafeln und Dammbalken) in Frage. Der Vorteil beim mobilen System besteht darin, dass nur eine begrenzte Anzahl an Notverschlüssen vorgehalten werden muss. Außerdem können die Verschlüsse als Revisionsverschluss benutzt werden. Von Nachteil ist, dass für das Setzen der Verschlüsse ggf. zusätzliche Hebeeinrichtungen (z.B. Mobilkran) erforderlich sind und die Notverschlüsse deshalb nicht sofort gesetzt werden können.

4.2.2 doppelte Verschlusseinrichtungen

Das geplante Auslaufbauwerk dient der Hauptentleerung der Hochwasserrückhaltung. Es ist ständig geschlossen, um einen Rückstau der Kößnach bzw. Donau und damit ein frühzeitiges Füllen der Hochwasserrückhaltung zu unterbinden und den Dauerstau in der oberen Schleife zu halten. In Kapitel 2.2 wurde erläutert, dass es sich bei dem geplanten Auslaufbauwerk um ein Entleerungsbauwerk gemäß DIN 19712 [15] handelt und nicht um eine Stauanlage gemäß DIN 19700 [11][10].

Bei Umsetzung der DIN 19712 ist die Anordnung einer Verschlussebene ausreichend. Da das Auslaufbauwerk der Entleerung dient und nur dann die Verschlüsse geöffnet werden, entsteht keine Gefährdung wenn ein oder mehrere Verschlüsse nicht wieder geschlossen werden können. Der Wasserstand im Kößnach-Ableiter liegt zudem bis zu einem HQ200 Donau niedriger als das Stauziel in der Hochwasserrückhaltung, so dass selbst bei offenem Auslaufbauwerk keine Gefährdung beispielsweise für die Ortslagen im Polder Öberau entsteht.

Maßgebender ist der Fall, wenn bei der Entleerung der Hochwasserrückhaltung eine oder mehrere Öffnungen am Auslaufbauwerk nicht geöffnet werden können. Dadurch entsteht zwar ebenfalls keine Gefährdung, aber die Einstaudauer und Entleerungszeit verlängern sich. Da sich eine längere Einstaudauer nachteilig auf die Kappung einer möglichen zweiten Hochwasserwelle und auch noch nachteilig auf die bestehenden Biotopstrukturen in der Hochwasserrückhaltung auswirkt, sollte diese so schnell wie möglich wieder entleert werden. Mit einer doppelten Verschlussebene kann diesem Fall jedoch nicht begegnet werden. Eine Verschlussebene am Auslaufbauwerk wird daher als ausreichend erachtet.

4.2.3 Empfehlung

Aufgrund der geringen Bauwerksabmessungen werden mobile Revisionsverschlüsse in Form von Dammbalken empfohlen. Auf einen Mobilkran kann verzichtet werden, da die Dammbalken mit der Hebetchnik des WWA bewegt werden können.

Zudem müssen die Dammbalken zu Revisionszwecken nicht über die gesamte Bauwerkshöhe eingesetzt werden, sondern nur in den untersten 1,0 bis 1,2 m über Bauwerkssohle (315,30 m ü. NN), da im

Normalfall (ohne Hochwasser) die Wasserstände in der oberen Schleife zwischen 315,80 und 316,20 m ü. NN betragen. Die Wasserstände im Kößnach-Ableiter liegen im Normalfall (ohne Hochwasser) niedriger als in der oberen Schleife, ca. bei 315,50 ... 316,00 m ü. NN.

Als Revisionsverschlüsse können Aluminium-Dammbalken vergleichbar dem Dammbalkensystem HW-B150H der IBS Technics GmbH verwendet werden. Mit einer Länge von 2,1 m, einer Höhe von 0,225 m und einer Breite von 0,15 m sind etwa 12 Dammbalken (6 Stück je Seite) erforderlich. Das Gewicht pro Dammbalken beträgt ca. 25 kg. Bei Bedarf können die Dammbalken auch zu Tafeln verblockt werden. Ein Dammbalkenlager vor Ort wird empfohlen.

Kann ein Verschluss nach Entleerung der Hochwasserrückhaltung nicht mehr geschlossen werden, können die Dammbalken auch als Notverschluss verwendet werden, um ein Absenken der Wasserstände in der oberen Schleife unter 315,80 m ü. NN zu verhindern.

Die Dammbalken sind am Bauwerk vor Ort zu lagern, so dass diese rasch eingesetzt werden können. Auch bei den regelmäßigen Funktionsproben der Hubschütze sind die Dammbalken zu verwenden, um ein Absinken der Wasserstände in der oberen Schleife zu vermeiden.

4.3 Baugrube, Wasserhaltung und Dichtungsanschluss

Durch den beidseitigen Einstau des Bauwerks und die Lage inmitten des Polderdeiches ist eine geschlossene Baugrube erforderlich, die von den Wasserflächen der oberen Schleife und des Kößnach-Ableiters abgetrennt werden muss. Als Baugrubenumschließung ist ein Spundwandkasten zu errichten.

Zusätzlich sind Maßnahmen zur Wasserhaltung notwendig. Dazu sind innerhalb der Baugrube mehrere Brunnen vorzusehen. Um die Wassermenge zu begrenzen, ist die Einbindung der Baugrubenumschließung in den undurchlässigen Untergrund (Tertiärton) vorgesehen.

Der bestehende Deich am Kößnach-Ableiter soll durch eine Innendichtung zu einem Polderdeich ertüchtigt werden. Die Innendichtung (Spundwand) ist an das Auslaufbauwerk anzuschließen. Dazu ist im Bauwerksbereich der Stützkörper des Polderdeiches durch einen gering durchlässigen Erdstoff zu ersetzen in den die Spundwand einbinden kann.

4.4 Grobrechen

Die Installation von Dalben am Auslaufbauwerk ist nicht erforderlich, da sperriges Treibgut oder verdriftete Schiffe aus der Donau nicht an das Bauwerk gelangen können. Aufgrund der geringen Öffnungsbreiten ist grundsätzlich ein Rechen zu empfehlen. Dieser steht jedoch dem Fischschutz entgegen.

Fische, die bei der Flutung über das Einlaufbauwerk von der Donau in die Oberauer Schleife verdriftet werden, müssen über das Auslaufbauwerk wieder in den Kößnach-Ableiter und von da in die Donau gelangen können. Um die Fischbewegungen nicht zu behindern, sollte daher auf Rechen verzichtet werden.

Um Treibgut im Einsatzfall (Polderflutung) dennoch fernzuhalten, wird empfohlen Treibgutabweiser in Form von Schwimmbalken oder Schwimmkörpern zu installieren. Diese sollten aufgrund des beidseitigen Einstaus sowohl auf Seiten der oberen Schleife als auch auf Seiten des Kößnach-Ableiters vorgesehen werden.

Im Normalbetrieb (ohne Hochwasser) dienen diese Treibgutabweiser ebenfalls dem Abhalten von Treibgut vom ständig beidseitig eingestauten Bauwerk.

4.5 Weitere Anlagenteile

Weitere Anlagenteile wie Pegel, Zuwegungen und die elektrische Anbindung wurden bereits im Sicherheitskonzept [8] benannt und werden hier kurz beschrieben:

Pegel

Messtechnische Anlagen zur Erfassung der Wasserstände (automatisch registrierende Messsonden) sind im Zulaufbereich in der Hochwasserrückhaltung (Beckenpegel obere Schleife) und im Kößnach-Ableiter (Ablaufpegel) erforderlich. Diese Pegel sind entscheidend für die Durchflussbestimmung am Auslaufbauwerk. Daher ist hier ggf. eine Redundanz der Messeinrichtungen erforderlich.

Zusätzlich werden Lattenpegel an den Flügelwänden und Pfeilern auf Seiten der oberen Schleife sowie im Auslaufbereich auf Seiten des Kößnach-Ableiters empfohlen.

Stromversorgung

Am Auslaufbauwerk ist sowohl der Anschluss an das öffentliche Stromnetz erforderlich, als auch eine Ersatzstromversorgung. Diese kann aufgrund der geringen Anzahl und Größe der Öffnungsquerschnitte mit einem tragbaren Elektro-Antrieb und einem mobilen Notstromaggregat realisiert werden. Eine rasche und ggf. gestaffelte Freigabe der Öffnungsquerschnitte wie am Einlaufbauwerk ist am Auslaufbauwerk nicht erforderlich, da sich deren Leistungsfähigkeit nach der Wasserspiegeldifferenz zwischen Rückhaltung und Kößnach-Ableiter bemisst und zu Entleerungsbeginn eher gering ist.

In der Nähe des Bauwerks (Entfernung unter 500 m) liegt ein 1kV Niederspannungsnetz an, so dass auf den Neubau einer Trafostation verzichtet werden kann.

Steuerhaus

Die steuerbaren Betriebseinrichtungen am Auslaufbauwerk sind mit Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik (MSR-Technik) sowie mit Anzeigen vor Ort auszustatten. Hierzu ist ein Steuerhaus zur Aufnahme der MSR-Technik sowie zur Anzeige der Betriebsdaten (Wasserstände, Verschlussstellungen) des Bauwerks vorzusehen.

Wegeanbindung

Die Zuwegung des Auslaufbauwerks erfolgt zukünftig von Süden und Norden über den Deichverteidigungsweg auf der Deichkrone des geplanten Polderdeiches.

Die kürzeste Verbindung besteht von Süden über die Westtangente (SRs 48) und den Kronenweg zum Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK), der in den Deichverteidigungsweg des Polderdeiches übergeht. In diesem Bereich wird der Kronenweg bis zum Auslaufbauwerk für Schwerlastverkehr mit einer Verkehrslast von 33 kN/m² ausgelegt.

Aber auch das Anfahren aus Richtung Norden über die Ortslage Kößnach und den Unterhaltungsweg am rechten Kößnachdeich sowie dem Deichverteidigungsweg auf der Deichkrone des künftigen Polderdeiches ist möglich. Aufgrund des geringen Platzbedarfes und der teils sehr steilen Böschungen mit deichnahem Baumbestand ist in diesem Bereich bis zum Auslaufbauwerk nur ein reduzierter Lastverkehr mit einer Verkehrslast von bis zu 16 kN/m² geplant.

Beide Zufahrtsstrecken sind auch bei Einsatz der Hochwasserrückhaltung befahrbar.

4.6 Auswirkungen und Maßnahmen am Kößnach-Ableiter

Der Entleerungsvorgang hat auch Auswirkungen auf das Abflussgerinne des Kößnach-Ableiters. Infolge der unmittelbaren Entleerung in den Kößnach-Ableiter können durch das Tosbecken im Auslaufbereich der Variante ABW 3a die maximalen Fließgeschwindigkeiten auf Werte von 1,5 bis 2,2 m/s reduziert werden.

Um mögliche Erosionen im Kößnach-Ableiter im Übergang von Tosbecken zur Flusssohle zu verhindern, wird empfohlen eine Kalksicherung aus Wasserbausteinen der leichten Gewichtsklasse LMB 5/40 (d = 20 ... 40 cm) vorzusehen. Diese Steingrößen können maximale Fließgeschwindigkeiten von 2,0 ... 2,8 m/s und Schubspannungen von 90 ... 180 N/m² widerstehen. Eine Ausdehnung der Kalksicherung bis Gewässermitte wird als ausreichend erachtet.

Auswirkungen auf das gegenüberliegende Ufer infolge der Entleerung sind nicht zu erwarten, da sich am Standort ABW S1 eine Aufweitung am linken Ufer befindet. Durch die größere Breite besteht ein größerer Wasserkörper, der eine Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten und die Beruhigung der Strömung bei der Entleerung unterstützt.

4.7 Untersuchungen zur Minimierung der Einstaudauer für die Biotopstrukturen innerhalb der Hochwasserrückhaltung

In Anlage 5 wurde untersucht, ob für die Biotopstrukturen in der Oberauer Schleife die Einstaudauer zu Entleerungsbeginn durch Leistungserhöhung des Auslaufbauwerks reduziert werden kann.

Die Gehölzstrukturen an den Altwässern und die Wiesenflächen in den beiden Schleifenteilen sind mehrheitlich an einen Überstau angepasst. Einzig bei den Gehölzen (naturferne Hecken/Gebüsche Hz, naturnahe Hecken WH, Baumreihen UA) auf den ehemaligen Donaudeichen sind Schäden infolge des Überstaus zu erwarten.

Jedoch sind die zusätzlichen Aufwendungen zur Leistungserhöhung am Auslaufbauwerk sehr hoch. So sind mehr als zwei bis vier Mal so viele Öffnungsquerschnitte am Auslaufbauwerk erforderlich, um die Einstaudauer dieser Gehölze um etwa 0,5 bis 1,5 Tage zu verringern.

Die Verringerung der Einstaudauer einzig für die Gehölze an den bestehenden Deichen steht somit in keinem Verhältnis zu den Aufwendungen für die Vergrößerung des Auslaufbauwerks. Dadurch kann der eigentliche Überstau und auch die Überstauhöhe nicht verhindert, sondern nur die Einstaudauer minimiert werden. Zudem handelt es sich bei den Gehölzstrukturen auf den ehemaligen Donaudeichen mehrheitlich um naturferne Hecken und Gebüsche (Hz) und damit nicht um sehr hochwertige Biotopstrukturen.

Es wird daher empfohlen auf ein größeres Auslaufbauwerk zu verzichten.

5 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden verschiedene Ausführungsvarianten für das Auslaufbauwerk (ABW) der geplanten Hochwasserrückhaltung (HWR) Oberauer Schleife betrachtet und gegenübergestellt. Durch spezifische Berechnungen bzw. die zweckdienlichen Abwägungen der jeweiligen Vor- und Nachteile der zur Wahl stehenden Varianten unter Einbeziehung der geforderten Prämissen, Festlegungen und sonstigen Anforderungen sind Vorzugsvarianten erarbeitet worden, welche die Abmessungen, Ausrüstung und Ausführung des Einlaufbauwerkes bzw. der einzelnen Anlagenteile für die weiterführende und vertiefende Entwurfsplanung vorgeben.

Das geplante Auslaufbauwerk dient im Einsatzfall der Entleerung der geplanten Hochwasserrückhaltung mit absinkender Hochwasserwelle in der Donau. Obwohl das Auslaufbauwerk auf beiden Seiten ständig geringfügig eingestaut wird, ist es als Entleerungsbauwerk der DIN 19712 [15] zuzuordnen.

Als Standort für das Auslaufbauwerk eignet sich einzig der Bereich an der oberen Schleife und hier besonders nördlich des bestehenden Regulierungsbauwerks zur Kößnach (RzK) bei Kößnach-km 1+650 (Variante ABW S1).

Für die Konstruktion des Auslaufbauwerks wird eine geschlossene Bauweise mit Rechteckdurchlässen ($H = B = 2,0$ m) für die Integration in den Polderdeich empfohlen (Variante ABW 3a). Zur Entleerung der Hochwasserrückhaltung mit absinkendem Wasserstand im Kößnach-Ableiter sind 4 Durchlässe erforderlich. Die Einlaufhöhe auf Seiten der oberen Schleife beträgt 315,30 m ü. NN.

Als Verschlusseinrichtungen sind Gleitschütze vorgesehen, die jeweils über zweiseitige Elektrospendelantriebe und einen zentralen Motor bewegt werden können. Für das Auslaufbauwerk ist der Anschluss an das öffentliche Stromnetz geplant. Das Bewegen der Verschlüsse wird bei Stromausfällen zudem über Netzersatzaggregate und auch manuell im Handbetrieb möglich sein.

Als Energieumwandlungsanlage ist ein räumliches Tosbecken auf Seiten des Kößnach-Ableiters vorgesehen. Um die Energieumwandlung beim Entleerungsvorgang zu erhöhen, sind im Tosbecken Störkörper erforderlich. Diese gewährleisten für den gesamten Prozess der Entleerung eine ausreichende Energieumwandlung und eine Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten im Übergang zum Flussbett des Ableiters. Durch das räumliche Tosbecken mit Störkörpern kann die Länge des Tosbeckens begrenzt werden. Die Eintiefung beträgt 0,5 m.

Der Anschluss an die Dichtung des bestehenden Deiches am Kößnach-Ableiter, der durch eine Innendichtung zu einem Polderdeich ertüchtigt werden soll, erfolgt im Bauwerksbereich durch Einbau eines gering durchlässigen Erdstoffs im Deichkörper, in den die Innendichtung einbinden kann.

Um Treibgut im Normalbetrieb (ohne Hochwasser) sowie im Einsatzfall (Polderflutung) vom Bauwerk fernzuhalten, sind Treibgutabweiser in Form von Schwimmbalken oder Schwimmkörpern sowohl auf Seiten der oberen Schleife als auch auf Seiten des Kößnach-Ableiters vorgesehen.

Die Vorzugsvarianten und Entwurfsparameter des geplanten Auslaufbauwerks sind in der nachfolgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 11: Zusammenstellung der Vorzugsvarianten und Entwurfparameter

Anlagenbestandteile	Vorzugsvarianten / Entwurfparameter
Standort	Variante ABW S1 bei Kößnach-km 1+650
Funktionsprinzip und Bauweise	geschlossene Bauweise mit Druckabfluss (Druckrohrströmung)
Steuerung	Entleerung mit absinkenden Wasserständen in Donau und Kößnach, Vermeidung von Abflussspitzen bei der Entleerung
Anzahl der Öffnungen	4 Rechteckdurchlässe mit Breite / Höhe = 2,0 m
Einlaufhöhe	315,30 m ü. NN
Art der Verschlusseinrichtung und Antriebe	Gleitschütz mit zweiseitigem Elektrospindeltrieb, zentralem Motor und nichtsteigenden Gewindespindeln
Energieumwandlungsanlage	vertieftes räumliches Tosbecken Störkörpern; Länge 7,0 m; Eintiefung 0,5 m, Kolkschutzlänge ca. 7,0 m
Revisionsverschlüsse	beidseitige Aluminium-Dammbalken; Länge ca. 2,1 m; Breite 0,15 m; Höhe 0,225 m; Anzahl 12 Stück; Lagerung vor Ort
Baugrube	Baugrube im Polderdeich mit Spundwandkasten und Wasserhaltung, da beidseitig Wasserflächen anstehen
Grobrechen	Treibgutabweiser (Kette aus Schwimmbalken) auf Seiten der oberen Schleife sowie auf Seiten des Kößnach-Ableiters
Messeinrichtungen	Beckenpegel in Hochwasserrückhaltung und Ablaufpegel im Kößnach-Ableiter; zusätzlich Lattenpegel auf Seiten der oberen Schleife sowie auf Seiten des Kößnach-Ableiters
Stromversorgung	Anschluss an öffentliches Niederspannungsnetz (Entfernung ca. 500 m) sowie mobiles Notstromaggregat als Ersatzstromversorgung
Bedien- und Überwachungsanlage	Steuerhaus mit Anzeige der Betriebsdaten (Wasserstände, Verschlussstellungen)
Zuwegung	von Süden über die Westtangente (SRs 48) und den Kronenweg/Deichverteidigungsweg zum Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK); von Norden über die Ortslage Kößnach und den Unterhaltungsweg am rechten Kößnachdeich sowie dem Deichverteidigungsweg auf der Deichkrone des künftigen Polderdeiches
Absturzsicherungen	Füllstabgeländer (da öffentlich zugänglich)

Als Bauzeit für die Errichtung des Auslaufbauwerks werden zum gegenwärtigen Stand ca. 12 Monate abgeschätzt. Dieser Zeitraum beinhaltet zusätzlich zu den Beton-, Stahlbau- und Erdarbeiten die Betoneignungsprüfungen, Holzungen, die Fertigung der Stahlwasserbauteile, eine Winterpause sowie die technische Ausrüstung des Bauwerks.

Statische und geotechnische Bemessungen sind nicht Bestandteil dieser Unterlage. Alle Betrachtungen zur Gründung und abschließenden Bauteildicke der Anlagenbestandteile basieren auf Vorabschätzungen und Erfahrungswerten. Diese werden im Rahmen der weiteren Planungsphasen konkretisiert.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Scopingunterlage Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Gewässer Donau (Gew. I), Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt - Lahmeyer München - Büro Prof. Kagerer, 28.04.2017
- [2] Landesplanerische Beurteilung für die geplante Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Regierung von Niederbayern (Höhere Planungsbehörde), August 2013
- [3] Raumordnungsverfahren (ROV) Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, SKI GmbH + Co. KG, München 24.09.2012
- [4] Entwurfsvermessung Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 09/2015
- [5] Abschlussbericht Peilung und Sedimentvermessung, Geo Ingenieur Service Süd GmbH & Co.KG, 16.12.2015
- [6] Entscheidungsvorlage Planungsgrundsätze Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 11/2017
- [7] Entscheidungsvorlage Deiche Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 11/2017
- [8] Sicherheitskonzept Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 09/2017
- [9] DWA-Themen Flutpolder (04/2014), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)
- [10] DWA-M 512-1 (02/2012), Dichtungssysteme im Wasserbau, Teil 1: Erdbauwerke, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)
- [11] DIN 19700-13 (07/2004) Stauanlagen - Teil 13: Staustufen, Normenausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [12] DIN 19702 Standsicherheit von Massivbauwerken im Wasserbau, Normenausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [13] DIN 19704-1 (05/1998) Stahlwasserbauten, Teil 1: Berechnungsgrundlagen, Normenausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [14] DIN 19704-2 (05/1998) Stahlwasserbauten, Teil 2: Bauliche Durchbildung und Herstellung, Normenausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [15] DIN 19712 (01/2013) HWS-Anlagen an Fließgewässern, Normenausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [16] DIN 19661-1 (07/1998) Wasserbauwerke, Teil 1: Kreuzungsbauwerke, Durchleitungs- und Mündungsbauwerke, Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [17] DVWK-M 246/1997: Freibordbemessung an Stauanlagen. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [18] DVWK-M 249/1998: Betrieb von Verschlüssen im Stahlwasserbau. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [19] WAPRO 4.09, Bl. 1 bis 9: Hydraulische Bemessung von Hochwasserentlastungsanlagen und Grundablässen. VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle/Saale

- [20] Bollrich, G.; Preißler, G.: Technische Hydromechanik Bd. 1, 3. Auflage. Verlag für Bauwesen, Berlin 1992
- [21] Buja, H.-O.: Praxishandbuch Ramm- und Vibrationstechnik. Bauwerk Verlag Berlin 2007
- [22] Wickert, G., Schmaußer, G.: Stahlwasserbau. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1971
- [23] Csallner, K.: Flussbau. Universitätsverlag Weimar 2007
- [24] DIN 103 (04/1977) - Metrisches ISO-Trapezgewinde, Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)