Anlage 23a

Rückhalteraum Wyhl/Weisweil

Hydraulischer Nachweis

Teil A – Grundlagenermittlung

Zum Antrag vom 18. Dezember 2018 gehörend

Korrektur auf Seite 5 (16.08.2023)

Freiburg, Dezember 2018

Klumpp

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis II

Anhänge IV

Abbildungsverzeichnis V

Tabellenverzeichnis VI

1. Grundlagen der hydraulischen Untersuchungen und Nachweise 1

1.1 Vorgehensweise 2

1.1.1 Bemessungshochwasser für den Betrieb der Anlagen und Dimensionierung der Schutzmaßnahmen 2

1.1.2 Retention 3

1.1.3 Ökologische Flutungen 4

1.2 Begriffe 5

2. Hydraulischer Gesamtnachweis des Rückhalteraumes 9

2.1 Beschreibung des zweidimensionalen Strömungsmodells 10

2.2 Berechnungen mit dem zweidimensionalen Strömungsmodell 12

2.3 Berechnungsergebnisse zweidimensionales Strömungsmodell 13

2.4 Verbesserung der Durchströmung innerhalb des Rückhalteraumes 18

3. Hydrologische und grundwasserhydraulische Untersuchungen 19

3.1 Häufigkeit und Dauer des Betriebs des Rückhalteraumes 19

3.2 Höhe, Häufigkeit und Dauer der Ökologischen Flutungen 19

3.3 Nachweis der Auswirkungen auf das Grundwasser 24

3.4 Grundwasserhydraulische Untersuchungen 24

3.5 Ergebnisse der grundwasserhydraulischen Untersuchungen 32

3.5.1 Siedlungsgebiete 33

3.5.2 Landwirtschaftliche Nutzflächen 36

Quellennachweis VII

Anhänge

Anhang 1: .....Grundlagen zweidimensionales-Strömungsmodell

Anhang 2: ..... Grundlagen Grundwassermodell

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Steuerungsvorschrift für die Entnahmebauwerke und Durchlassbauwerke im Querdamm Wyhler Rheinstraße des Teilraums 1**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Abbildung 2: Steuerungsvorschrift für die Entnahmebauwerke und Durchlassbauwerke im Querdamm Weisweiler Rheinstraße des Teilraums 2 23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maßgebende Betriebszustände für den Rückhalteraum 9

Tabelle 2: Berechnungen mit BHQ_{4500} 13

Tabelle 3: Berechnete Abflusszustände bei kleinen und mittleren Hochwassern (Ökologische Flutungen) 14

Tabelle 4: Berechnete Abflusszustände bei kleinen und mittleren Hochwassern (Ökologische Schlutenlösung) 15

Tabelle 5: Abflusswerte der berechneten Planungszustände 16

Tabelle 6: Oberwasserstände und Abflüsse an den Durchlassbauwerken bei den berechneten Planungszustände 16

Tabelle 7: Abflusswerte der berechneten Planungszustände der Planungsvariante Schlutenlösung 17

Tabelle 4: Maßgebende Vergleichsvarianten im Grundwassermodell 30

Tabelle 5: Maßgebende Prognosevarianten im Grundwassermodell 31

Tabelle 6: Binnenseitige Schutzmaßnahmen 33

1. Grundlagen der hydraulischen Untersuchungen und Nachweise

Der **hydraulische Nachweis** ist neben dem **Erläuterungsbericht** für den Rückhalteraum ein eigenständiger Teil der Planfeststellungsunterlagen. Der Erläuterungsbericht beschreibt das gesamte Projekt mit den berücksichtigten Grundlagen,

- gewählten technischen Lösungen,
- Begründungen für die gewählten Lösungen,
- Zusammenspiel der geplanten Maßnahmen und deren Auswirkungen.

Der Hydraulische Nachweis erläutert die Ansätze der fachtechnischen Berechnungen,

- Auswahl der Randbedingungen,
- Dimensionierung und Bemessung der Bauwerke, Anlagen und Gewässer.

Die Funktionsfähigkeit der geplanten Anlagen wird rechnerisch nachgewiesen. Des Weiteren werden die Berechnungsergebnisse erläutert und dargestellt.

In einem Berichtsteil A wird der sogenannte hydraulische Gesamtnachweis zusammengefasst und beschrieben. Dieser umfasst die Auswahl der Bemessungshochwasser, die Beschreibung der verschiedenen Betriebsarten des Rückhalteraumes, die für die Bemessung und Dimensionierung des Rückhalteraumes maßgebend sind, und die Berechnungen mit dem Grundwassermodell und dem zweidimensionalen Strömungsmodell. Diese Ergebnisse begründen die Auslegung der technischen Anlagen und bilden die Grundlage für die Untersuchung der Projektauswirkungen in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung und die Maßnahmenplanung im Landschaftspflegerischen Begleitplan.

Der Berichtteil B beinhaltet die hydraulischen Einzelnachweise und Dimensionierungen der Bauwerke und Gewässer innerhalb des Rückhalteraumes und der technischen Anlagen und Gewässer der binnenseitigen Schutzmaßnahmen.

Sind die Berechnungen aus Gutachten und Ingenieurplanungen entnommen, wird explizit zu Beginn des Kapitels darauf hingewiesen. Sollten über die im Hydraulischen Nachweis ausgeführten Berechnungen hinaus Informationen erforderlich sein, kann auf die Gutachten und die Entwürfe der Ingenieurplanung zurückgegriffen werden.

Durch den Hydraulischen Nachweis wird zusammengefasst die Sicherheit und Funktion der baulichen Anlagen entsprechend den zum Zeitpunkt der Antragstellung geltenden Regeln der Technik nachgewiesen. Die wesentlichen Ergebnisse der

Gutachten und der Ingenieurplanung werden im Text des hydraulischen Nachweises dargestellt. Grundlage sind dabei die Ausführungen und Berechnungen in den einzelnen Fachgutachten und der Ingenieurplanung, die im Quellenverzeichnis genannt sind.

1.1 Vorgehensweise

Der Rückhalteraum Wyhl/Weisweil soll so eingesetzt werden, dass bei Betrieb des Raumes abhängig vom Abfluss im Rhein folgende maßgeblichen Zustände auftreten (vgl. **Kap. 6.2** Erläuterungsbericht):

- Hochwasserrückhaltung (Retention)
- Ökologische Flutungen
- Zukünftiger Normalzustand (Zustand ohne Flutungen)

Der hydraulische Nachweis wird für diese drei Betriebszustände durchgeführt und hierfür werden folgende Berechnungs- und Untersuchungsmethoden eingesetzt:

- zweidimensionale Strömungsberechnungen mit einem Finite-Elemente-Modell zur Ermittlung der Wasserspiegel, Fließgeschwindigkeiten und Fließrichtungen im Rückhalteraum (siehe Teil A),
- instationäre Grundwasserströmungsberechnungen mit einem numerischen Grundwassermodell nach dem Differenzenverfahren (siehe Teil A)
- hydraulische Modellversuche für die Einlassbauwerke (siehe Teil B)
- hydraulische Berechnungen von Bauwerken und Anlagen (siehe Teil B)
- eindimensionale Strömungsberechnungen für ausgewählte Gewässerabschnitte (siehe Teil B)

Für die Bemessung des Rückhalteraumes, der Anlagen und der Schutzmaßnahmen wurden folgende für den Betrieb des Rückhalteraumes repräsentativen Hochwasserszenarien als Randbedingungen angesetzt:

1.1.1 Bemessungshochwasser für den Betrieb der Anlagen und Dimensionierung der Schutzmaßnahmen

Das Ziel der Hochwasserrückhaltemaßnahmen am Oberrhein ist es, unterhalb der Staustufe Iffezheim den vor dem Ausbau des Oberrheins vorhandenen Hochwasserschutz wieder herzustellen [1]. Dies entspricht dem Schutz vor einem ca. 200-jährlichen Hochwasser (vgl. **Kap. 2.2** Erläuterungsbericht).

Als Bemessungsgrundlage für den Rückhalteraum wurde ein Bemessungshochwasser (BHQ) mit einem maximalen Abfluss von 4.500 m³/s gewählt (vgl. **Kap. 6.6** Erläuterungsbericht). Gleichzeitig ist der Rheinseitendamm mit den integrierten Einlassbauwerken bei einem 1.000-jährlichen Hochwasser entsprechend den anerkannten Regeln der Technik standsicher.

Die Wirkungen der geplanten Rückhalteräume des IRP werden von der Arbeitsgruppe „Nachweis der Wirkung der Hochwasserschutzmaßnahmen“ des Technischen Ausschusses der Ständigen Kommission untersucht. Dazu wird ein Kollektiv historischer Rheinhochwasser verwendet, welche rechnerisch mit einem Vergrößerungsfaktor (VGF) so vergrößert werden, dass sie einem 200jährlichen Hochwasserereignis nördlich der Staustufe Iffezheim entsprechen. Hierdurch bleiben die verschiedenen Wellenformen der historischen Hochwasser erhalten.

Aus diesem Kollektiv wird für die Bemessung der Anlagen eines Retentionsraumes und der Schutzmaßnahmen eine Hochwasserwelle ausgewählt, die aufgrund ihrer Abflussspitze und der sich ergebenden Dauer des Retentionseinsatzes repräsentativ und maßgebend ist.

1.1.2 Retention

Als maßgebendes Bemessungshochwasser – BHQ_{4500} – für die binnenseitigen Schutzmaßnahmen wurde das vergrößerte Hochwasser vom März 1988 in Kombination mit einer vorausgehenden Ökologischen Flutung angesetzt (Hochwasserganglinie vgl. Anlage 23.1). Dieses Bemessungshochwasser hat in Maxau ohne Einsatz der Retentionsmaßnahmen einen Spitzenabfluss von ca. 5.700 m³/s. Mit Einsatz der Retentionsmaßnahmen wird der Spitzenabfluss in Maxau auf ca. 5.000 m³/s reduziert. Der Gesamtabfluss in der Hochwasserspitze liegt für dieses Bemessungshochwasser vor Ort in Höhe Wyhl/Weisweil bei 4.500 m³/s, dabei fließen mit Einsatz der Retentionsmaßnahmen in der Spitze 218 m³/s durch den Rückhalteraum Wyhl/Weisweil.

Im Vorlauf des betrachteten Hochwasserereignisses wird der Raum bei Überschreitung von 1550 m³/s Gesamtabfluss vor Ort nach dem Reglement für Ökologische Flutungen beflutet. Die Ökologische Flutung des Raumes wird entsprechend dem im Rahmen des „Nachweises der Wirksamkeit der

Hochwasserrückhaltemaßnahmen“ ermittelten Zeitpunkt bei Überschreitung von 2800 m³/s im Rhein abgebrochen und der Rückhalteraum entleert, sodass bei einem Abfluss von 3.600 m³/s die Flutung für den Hochwasserrückhalt begonnen werden kann.

Der Einsatz der Hochwasserrückhalteräume südlich des Kulturwehrs Kehl, so auch der Rückhalteraum Wyhl/Weisweil beginnt, wenn am Pegel Maxau der Abfluss 4.200 m³/s übersteigt. Dies entspricht in etwa einem Abfluss von 3.600 m³/s vor Ort, d. h. dem Gesamtabfluss im Rhein in der Stauhaltung Rhinau bei Wyhl.

Aus der statistischen Auswertung des Gesamtjahres ist somit mit einer Flutung des Rückhalteraumes zur Retention alle 10 Jahre zu rechnen. Hierbei kommt es in der Regel zu einer Teilfüllung des Raumes. Nur ein Hochwasser, das einen Abfluss von 4.500 m³/s vor Ort erreicht, führt auch zu maximalen Wasserspiegellagen im Rückhalteraum. Unterschreitet nach einer Flutung zum Hochwasserrückhalt der Abfluss im Rhein wieder 2.900 m³/s vor Ort, beginnt die Entleerung des Raumes (vgl. **Kap. 6.1 und 6.2** Erläuterungsbericht).

Aufgrund der durch die vorausgehenden Ökologischen Flutungen erhöhten Grundwasserstände östlich des Rückhalteraumes wird der Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen für einen Bemessungsfall mit höherer Vorbelastung im Grundwasser geführt und liegt somit hinsichtlich der Auslegung der Schutzmaßnahmen auf der sicheren Seite.

1.1.3 Ökologische Flutungen

Zur Darstellung der Ökologischen Flutungen und zum Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen wurde aus einer Vielzahl historisch abgelaufener Hochwasser das Hochwasser zwischen dem 01.05.1987 und dem 31.08.1987 ausgewählt (Hochwasserganglinie vgl. Anlage 23.1). Das gewählte Hochwasser stellt hinsichtlich seiner Dauer von ca. 4 Monaten und seinen maximalen Abflüssen von 3.100 m³/s einen ungünstigen Lastfall dar, so dass weitgehend alle denkbaren Ereignisse von Ökologischen Flutungen Berücksichtigung finden. Insbesondere die Dauer des gewählten Ereignisses führt zu räumlich weitreichenden Veränderungen der Grundwasserstände.

Den hydraulischen Berechnungen zu den Ökologischen Flutungen wird die Beflutung des Retentionsraumes entsprechend dem geplanten Betriebsreglement mit einer festgelegten, vom Abfluss des Rheins vor Ort abhängigen, Steuerungsregel zugrunde gelegt (vgl. **Kap. 6.2.2.2** Erläuterungsbericht).

1.2 Begriffe

Höhensystem der Planung

Wenn nicht anders genannt wird das Höhensystem DHHN12 (Höhenstatus 130) verwendet. Teilweise sind Bauwerke des Oberrheinausbaues noch mit Höhen im alten Höhensystem beschriftet. Dieses wird dann als " m + NN a.S." gekennzeichnet. Als Referenz kann der hydrostatische Stau der Stauhaltung Rhinau herangezogen werden:

Hydrostatisches Stauziel: 173,38 m + NN ↔ 173,30 m + NN a.S.

Bauwerksnummerierung

Die Nummerierung der bestehenden Bauwerke wird mit einer vorangestellten Nummer **6**.nnn als Kennzeichnung der Zugehörigkeit zum Gebiet der Stauhaltung Rhinau ergänzt.

Wird ein bestehendes Bauwerk an eine neue Funktion angepasst bzw. abgerissen, ist dies durch eine rote Zahl erkennbar.

Für die Vielzahl der zusätzlich geplanten Bauwerke werden unter Beibehaltung der Systematik in diese Nummerierung Zwischennummern eingeschoben. Zur besseren Kennung wird diesen Bauwerken ein BW vorangestellt. In den Lageplänen sind die neuen Bauwerke in Rot dargestellt. (Anlage 3.1)

Zuordnung von Abflüssen

Gesamtabfluss Rhein:

Abfluss in der Stauhaltung Rhinau südlich des Wehres Rhinau am Rheinpegel Wyhl.

Abfluss in der Schlinge Rhinau:

Der Gesamtabfluss teilt sich in den Abfluss im Kraftwerkskanal (bis zu 1.500 m³/s) und den Abfluss im Rhein („Restrhein“). Bis zu einem Gesamtabfluss von 1.515 m³/s im Rhein fließt im „Restrhein“ eine Restwassermenge von 15 m³/s, der Hauptteil des Abflusses fließt zur Energiegewinnung durch den Kraftwerkskanal. Steigt der Gesamtabfluss über 1.515 m³/s an, wird der Abfluss der 1.500 m³/s im Kraftwerkskanal übersteigt durch den „Restrhein“ geleitet.

Polder, Rückhalteraum

Als Rückhalteraum Wyhl/Weisweil wird das zwischen dem Seitendamm der Stauhaltung Rhinau und dem Hochwasserdamm IV (HWD IV) liegende Waldgebiet bezeichnet, das nördlich dem Limberg bis zum Querdamm Weisweiler Rheinstraße zur Verlangsamung und Abminderung der Hochwasserwellen geflutet werden soll. Der Bereich nördlich des Querdammes Weisweiler Rheinstraße bis zum linken Damm des Leopoldskanals, der regelmäßig bereits im heutigen Zustand bei großen Rheinhochwassern überflutet wird, wird als Abströmbereich bezeichnet.

Varianten des Grundwassermodells

(Grundwassermodell Geldner Ingenieurberatung)

Die einzelnen mit dem Grundwassermodell [2] simulierten Varianten wurden hinsichtlich ihrer Nummerierung entsprechend der erforderlichen Entwicklungsschritten der Planung festgesetzt. Die Varianten tragen die Kurzbezeichnungen V1 bis V9, wobei Untervarianten eine zusätzliche Indizierung infolge einer detaillierten Fragestellung erforderlich machten. In Kapitel 3.4 sind die maßgebenden Hauptvarianten dargestellt. In den Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren werden die Varianten genannt, die dem beantragten Planungsstand entsprechen. Frühere Untersuchungs- und Planungsvarianten sind in den verschiedenen Bänden B des Grundwassermodellberichts dokumentiert [2].

Vergleichszustand im Grundwassermodell

Den Vergleichsszenarien kommt die Bedeutung einer Referenzsituation zu, welche repräsentativ für den „Ist-Zustand" ist, d. h. eine Situation, wie sie ohne die geplante Maßnahme eintreten könnte. Sie werden im Modell nachgebildet, um so die Auswirkungen der gewählten Bemessungshochwasser und Niederschläge im heutigen Ausbauzustand (ohne geplante Baumaßnahmen) und ohne die geplanten Flutungsmaßnahmen zu zeigen. Sie dienen als Bezugssituation der späteren Bewertung der prognostizierten Grundwasserströmung bei gleichzeitig berücksichtigter Durchführung der Maßnahmen inkl. der geplanten Schutzmaßnahmen. Der Vergleich zeigt die Änderungen der Grundwasserströmung infolge der geplanten Maßnahmen und des Betriebs des Rückhalteraumes. Hiermit wird überprüft, ob das sogenannte Verschlechterungsverbot eingehalten wird.

Heutiger Normalzustand

Der heutige Normalzustand beschreibt die heutige Situation bei annähernd mittleren Grundwasserständen im gesamten Untersuchungsgebiet ohne Berücksichtigung der geplanten baulichen Veränderungen und der damit verbundenen Auswirkungen auf die mittleren Grundwasserstände.

Zukünftiger Normalzustand

Der zukünftige Normalzustand beschreibt die zukünftige Situation bei annähernd mittleren Grundwasserständen ohne Flutung des Rückhalteraumes, d. h. im Mittel an 308 Tagen pro Jahr, aber mit Berücksichtigung der geplanten baulichen Veränderungen, z. B. der Gewässer:

- Der Durchgehende Altrheinzug wird zukünftig über das neue Einlaufbauwerk BW 6.82 nach dem gültigen Wasserentnahmerecht gespeist.
- Ein Ausbau von Gewässern erfolgt im Anschluss an das neue Entnahmebauwerk.
- Der Durchgehende Altrheinzug wird aus dem Grienwasser nach Westen in das Grünrheinle / Rheiniggießen / Untere Hansenkehle verlegt.
- Die Verlegung des Durchflusses im Durchgehenden Altrheinzug vom Grienwasser in das Grünrheinle reduziert den Wasserspiegel im Grienwasser und reaktiviert die Funktion als Gießen.

- Die Altrheinwasserspiegel werden mit dem Bau zusätzlicher Brücken und der Öffnung der Bauwerke in den Rheinstraßen abgesenkt.
- Die Schluten außerhalb des Rückhalteraumes westlich Weisweil werden zu einem Gewässersystem verbunden.

Haltewasserstand

Der Haltewasserstand ist der in der Grabenhydraulik ermittelte Wasserspiegel, der durch den Förderbetrieb eines Schöpfwerks einzuhalten ist.

Istzustand und Planungszustand in den zweidimensionalen Strömungsberechnungen

Entsprechend den Berechnungen mit dem Grundwassermodell werden auch mit dem zweidimensionalen Strömungsmodell die Überflutungszustände ohne Betrieb des geplanten Rückhalteraumes und mit Betrieb des Rückhalteraumes berechnet und aus den Berechnungsergebnissen die maßnahmenbedingten Wasserspiegellagen-änderungen dargestellt.

2. Hydraulischer Gesamtnachweis des Rückhalteraumes

(zweidimensionale Berechnungen: Ing. Büro Wald + Corbe)

Der Betrieb des Rückhalteraumes Wyhl/Weisweil ist abhängig vom Hochwasserabflussgeschehen im Rhein. Entsprechend dem Rheinabfluss wird Wasser über die Einlassbauwerke an den Rhein-km 241,600, 243,460 und 245,250 entnommen und zusammen mit der begrenzten Fördermenge am Pumpwerk Weisweil in das Unterwasser des Wehres Rhinau geleitet. Der hydraulische Gesamtnachweis des Betriebes des Rückhalteraumes erfolgt für die maßgebenden Betriebszustände, wie sie in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Maßgebende Betriebszustände für den Rückhalteraum

Retention:	Retention nach Abbruch der vorausgehenden Ökologischen Flutung. Das Wasser wird entsprechend dem gültigen Reglement aus dem Rhein entnommen und dem Rückhalteraum bei stetig fließenden Verhältnissen mit zunehmenden Wassermengen bis zum Erreichen des Stauzieles zugeleitet.
Ökologische Flutung:	Zur Rheinwasserführung proportionale Beaufschlagung des Rückhalteraumes gemäß des auentypischen Bedarfs, der Wasserstand im Gewässersystem steigt an, bei größeren Entnahmen ufert das Wasser aus, es treten großräumige Überschwemmungen auf.
Normalzustand:	Wasserentnahme gemäß der international vereinbarten Wasserentnahmeerlaubnis aus dem Rhein, das abfließende Wasser bleibt im Gewässerbett.

2.1 Beschreibung des zweidimensionalen Strömungsmodells

(Berechnung Ing. Büro Wald + Corbe)

Die mathematischen Grundlagen des zweidimensionalen Strömungsmodells sind als Anhang 1 beigefügt.

Zur Berechnung, Darstellung und Beschreibung der Strömungsvorgänge, Wasserspiegellagen, Fließrichtungen und Fließgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Abflusszuständen für den Ist- und Planzustand wurde ein zweidimensionales Strömungsmodell erstellt [3]

Hierzu wurde das bisherige zweidimensionale Strömungsmodell auf Grundlage des aktuellen Digitalen Geländemodells des Landes Baden-Württemberg (1m Laserscan-DGM) aktualisiert und verdichtet.

Mit dem aktualisierten zweidimensionalen Strömungsmodell (auf Basis der Software HYDRO-AS-2D) wurden die Wasserspiegellagen und Fließgeschwindigkeiten im Ist- und Planzustand berechnet sowie eine Auswertung der Retentionsvolumina bei unterschiedlichen Abflusszuständen durchgeführt.

Neben einer Modellnetzverdichtung für hydraulisch wichtige Bereiche wurde die Rheinsohle im Manöverbereich (Schlinge Rhinau Taubergießen) unterhalb des Hauptwehres Rhinau auf Basis der Rheinprofile (vermessen 1995 und 2010) aktualisiert. Daneben wurde für den gesamten Untersuchungsraum (Rhein-km 241+500 bis 262+000) das 2D-Modellnetz im Vorland auf Grundlage von 1m Laserscan-DGM Daten des Landes Baden-Württemberg sowie Vermessungsdaten von Auengewässern weitgehend neu erstellt und überprüft.

Vorhandene Geländestrukturen wie hochliegende Wege und Tiefzonen wurden dabei in Ihrer Lage und Höhe überprüft und aktualisiert. Dabei wurden speziell die Leinpfade an beiden Rheinufern und der Bereich der drei festen Schwellen aktualisiert. Diese Aktualisierung der Geländehöhen des 2D-Modellnetzes war erforderlich, da die aktuell vorliegenden 1m Laserscan-DGM Daten eine bessere Detailauflösung und Höhengenauigkeit als die bisher verwendeten photogrammetrisch ermittelten DGM-Daten aus einer Luftbildauswertung aufweisen und dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

Die Laserscan-DGM Daten wurden durch Vermessungsdaten vorhandener Bauwerke (Brücken, Schwellen und Durchlässe) ergänzt. Dadurch wurde ein detailgenauer Einbau dieser Bauwerke in das 2D-Modellnetz ermöglicht.

Die erforderlichen Anpassungen des Geländemodells und der Bauwerke berücksichtigt insbesondere die Bauwerke und Geländeveränderungen im Zusammenhang mit dem Projekt Revitalisierung Taubergießen, die Dammrückverlegungen HWD IV und V und die neuen Bauwerke für den Hochwasserschutz Rheinhausen sowie den Umbau der Jamborschwelle zu einer Rauen Rampe.

Die bis 2010 fertiggestellten Projekte Revitalisierung Taubergießen und Hochwasserschutz Rheinhausen werden zur Berechnung des Ist-Zustandes in das zweidimensionale Strömungsmodell übernommen.

Der im RHR liegende Baggersee Uhl bei Wyhl wurde mit seiner maximalen Konzessionsfläche im Modell berücksichtigt.

Den Modellnetzelementen werden charakteristische Rauheitsbeiwerte (k_{st}-Werte) zugeordnet, die im Rahmen der Kalibrierung durch Vergleich von gemessenen und berechneten Wasserspiegellagen ermittelt wurden. Wo keine Messergebnisse über Wasserspiegellagen und Abflüsse vorlagen, wie z. B. auf den Flächen des geplanten Rückhalteraumes neben der Stauhaltung Rhinau, wurden, entsprechend der Topographie und der anstehenden Vegetation, welche auf der Grundlage von neuesten Orthophotos des Landes ermittelt wurde, geeignete k_{st}-Werte gewählt.

Mit dem aktualisierten 2D-Modell erfolgte die Modellkalibrierung für das Hochwasser Juni 2013. Dieses Hochwasser wurde ausgewählt, da es unter den dokumentierten neueren Hochwasserereignissen nach 2010 den höchsten Rheinabfluss aufwies. Die Unterwasserrandbedingung für die 2D-Modellrechenläufe am Modellende bei Rhein-km 262+000 wurde auf Grundlage vorhandener 1D-Modellrechnungen (BAW 2004) bestimmt [3].

Mit der Steuerung der Einlassbauwerke (BW 6.82, BW 6.65 und BW 6.8) wird die Durchflusswassermenge in den Rückhalteraum bestimmt. Innerhalb des Rückhalteraums richtet sich die Durchflusswassermenge nach dem Zielwasserstand am Querdamm Wyhler Rheinstraße (Teilraum 1) und dem Zielwasserstand am

Querdamm Weisweiler Rheinstraße (Teilraum 2). Durch die Steuerung der Durchlassbauwerke in den beiden Querdämmen werden die Zielwasserstände eingestellt. Die Abflüsse durch die Durchlassbauwerke ergaben sich unter Beachtung der Leistungskurven des hydraulischen Nachweises für die Bauwerke. Bei der stationären Berechnung mit dem zweidimensionalen Strömungsmodell wurde das Steuerungskonzept berücksichtigt.

2.2 Berechnungen mit dem zweidimensionalen Strömungsmodell

Insgesamt wurden 28 Berechnungen mit unterschiedlichen Abgrenzungen des Überflutungsgebiets durchgeführt. Für folgende Abflusszustände liegen Berechnungsergebnisse vor, deren Ergebnisse als Wasserspiegellagen, Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen grafisch dargestellt sind:

- Kalibrierung des Modells auf die Abflussspitze des historischen Hochwassers (2013), sowie auf einen Mittelwasserzustand
- Bemessungshochwasser (4.500 m³/s am Pegel Wyhl) für den Retentionsfall für Ist- und Planzustand (Anlage 4.1, 23.2.1 und 23.2.2)
- Stationäre Abflusszustände des Hochwassers 1999 und eines Zwischenzustandes „Retentionsbeginn“ mit 3.600 m³/s im Rhein jeweils für Ist- und Planzustand.
- 5 stationäre Ökologische Flutungszustände (Q_{Rhein} = 1620 m³/s, 1880 m³/s, 2250 m³/s, 2560 m³/s, 2980 m³/s) für Ist- und Planzustand (Anlagen 4.2 und 23.2.1 – 23.2.12)
- stationäre Abflusszustände der Ökologischen Schlutenlösung bei einem Durchfluss im RHR von 3, 10, 20, 30, 40, 50 und 60 m³/s (Anlagen 4.4 und Anlagen 23.2.13-23.2.14)
- Instationäre Berechnungen des modifizierten Hochwassers BHQ 1988 „Retention“ und des Hochwassers HQ 2013 für Ist- und Planzustand als Randbedingung für das Grundwassermodell

Die Berechnungen waren eingebunden in einen iterativen Prozess, in dem durch die Berechnungen Verbesserungsvorschläge für eine bessere Durchströmung des Rückhalteraumes gemacht wurden, die nach einer planerischen Überarbeitung des Rückhalteraumes, erneut untersucht wurden.

Die zweidimensionalen Strömungsberechnungen wurden vom Ingenieurbüro Wald + Corbe durchgeführt und dokumentiert [3]. In den folgenden Kapiteln werden die Berechnungsergebnisse des zweidimensionalen Strömungsmodells für die

Lastfälle Retention, Ökologische Flutungen und Ökologische Schlutenlösung zusammengefasst dargestellt.

2.3 Berechnungsergebnisse zweidimensionales Strömungsmodell

(Berechnung Ing. Büro Wald + Corbe)

Fall „Retention“

In dem Ergebnisbericht des zweidimensionalen Strömungsmodells [3] sind die in Tabelle 5 und Tabelle 6 zusammengefassten Ergebnisse folgender Berechnungen für den Retentionsfall ausführlich wiedergegeben.

Tabelle 2: Berechnungen mit BHQ_{4500}

Variante	Gesamtabfluss über Hauptwehr Rhinau	Durchfluss RHR	Weitere Randbedingungen	Anlage
Istzustand	4.500 m³/s	0 m³/s	300 m³/s im Leopoldskanal 12 m³/s über PW Rheinhausen	4.1.1 23.2.1
Planzustand	4.500 m³/s	218 m³/s	300 m³/s im Leopoldskanal 12 m³/s über PW Rheinhausen	4.1.2 23.2.2

Fall „Ökologische Flutungen“

In dem Ergebnisbericht des zweidimensionalen Strömungsmodells [3] sind die in Tabelle 5 und

Tabelle 6 zusammengefassten Ergebnisse der nachfolgenden Berechnungen für den Lastfall Ökologische Flutungen ausführlich wiedergegeben.

Tabelle 3: Berechnete Abflusszustände bei kleinen und mittleren Hochwassern (Ökologische Flutungen)

Variante	Gesamtabfluss über Hauptwehr Rhinau	Durchfluss RHR	Weitere Randbedingungen	Anlage
Istzustand	1620 m³/s	0 m³/s	15 m³/s im Leopolds-kanal 3 m³/s über PW Rheinhausen	4.2.1, 23.2.3
	1888 m³/s	0 m³/s		4.2.3, 23.2.5
	2250 m³/s	0 m³/s		4.2.5, 23.2.7
	2560 m³/s	0 m³/s		4.2.7, 23.2.9
	2980 m³/s	0 m³/s		4.2.9, 23.2.11
Planzustand	1620 m³/s	11,5 m³/s	15 m³/s im Leopolds-kanal 3 m³/s über PW Rheinhausen	4.2.2, 23.2.4
	1888 m³/s	42,7 m³/s		4.2.4, 23.2.6
	2250 m³/s	77,0 m³/s		4.2.6, 23.2.8
	2560 m³/s	103,4 m³/s		4.2.8, 23.2.10
	2980 m³/s	134,8 m³/s		4.2.10, 23.2.12

Fall „Ökologische Schlutenlösung“

In dem Ergebnisbericht des zweidimensionalen Strömungsmodells [3] sind die in Tabelle 7 zusammengefassten Ergebnisse, der nachfolgenden Berechnungen für den Lastfall Ökologische Schlutenlösung ausführlich wiedergegeben.

Tabelle 4: Berechnete Abflusszustände bei kleinen und mittleren Hochwassern (Ökologische Schlutenlösung)

Variante	Gesamtabfluss über Hauptwehr Rhinau	Durchfluss RHR	Weitere Randbedingungen	Anlage
Planzustand	1550 m³/s	3 m³/s	15 m³/s im Leopolds-kanal 3 m³/s über PW Rheinhausen	-
	1680 m³/s	10 m³/s		-
	1810 m³/s	20 m³/s		-
	1940 m³/s	30 m³/s		4.4.2, 23.2.13
	2090 m³/s	40 m³/s		-
	2210 m³/s	50 m³/s		-
	2360 m³/s	60 m³/s		4.4.3, 23.2.14

Ergebnistabellen der stationären Berechnungen

Tabelle 5: Abflusswerte der berechneten Planungszustände

Zustand	Q Rhein Breisach	Q BW 6.82	Q BW 6.65	Q BW 6.80	Q Wehr	Q Kraftwerks-kanal	Q Leopolds-kanal	Pumpwerk Rheinhausen	Q Rhein Kappel
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
BHQ	4500,0	19,8	55,2	143,0	4282,0	0,0	300,0	12,0	4812,0
HW99	4535,0	19,8	55,2	143,0	3112,0	1205,0	65,0	12,0	4612,0
Q3600	3600,0	15,2	53,3	97,2	1884,3	1550,0	15,0	6,5	3621,5
ÖF1	1620,0	1,7	6,2	3,6	58,5	1550,0	15,0	3,0	1638,0
ÖF2	1888,0	2,3	23,0	17,4	295,3	1550,0	15,0	3,0	1906,0
ÖF3	2250,0	4,9	37,7	35,0	622,4	1550,0	15,0	3,0	2268,0
ÖF4	2560,0	7,9	45,5	50,0	906,7	1550,0	15,0	3,0	2578,0
ÖF5	2980,0	11,9	51,9	71,0	1295,2	1550,0	15,0	3,0	2998,0

Tabelle 6: Oberwasserstände und Abflüsse an den Durchlassbauwerken bei den berechneten Planungszuständen

	Q BW 6.065	Q BW 6.5	OW BW 6.5	Q BW6.063	Q BW 6.32	Q BW 6.12	Q BW6.81	OW BW6.81	Q BW 6.34
	Wyhler Rheinstraße				Weisweiler Rheinstraße				
	[m³/s]	[m³/s]	[m+NN]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m+NN]	[m³/s]
BHQ	22,0	34,6	175,15	18,4	38,5	37,7	105,3	171,69	36,5
HW99	22,0	34,6	175,15	18,4	38,5	37,7	105,3	171,69	36,5

	Q BW 6.065	Q BW 6.5	OW BW 6.5	Q BW6.063	Q BW 6.32	Q BW 6.12	Q BW6.81	OW BW6.81	Q BW 6.34
Q3600	20,2	32,2	174,80	16,1	34,1	31,7	74,4	170,80	25,5
ÖF1	1,5	5,0	172,05	1,4	3,8	3,9	0,0	168,69	3,8
ÖF2	4,3	15,0	172,55	6,0	15,3	16,7	1,9	169,20	8,8
ÖF3	10,6	24,0	173,35	8,0	25,2	25,0	9,6	170,00	17,8
ÖF4	15,0	28,0	173,95	10,4	32,0	31,0	15,2	170,60	25,1
ÖF5	17,3	34,1	174,25	12,4	35,7	34,0	36,7	170,90	28,4

Tabelle 7: Abflusswerte der berechneten Planungszustände der Planungsvariante Schlutenlösung

Zustand	Q Rhein Breisach	Q BW 6.82	Q BW 6.65	Q BW 6.80	Q Wehr	Q Kraftwerks-kanal	Q Leopolds-kanal	Pumpwerk Rheinhausen	Q Rhein Kappel
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
MQ3	1.550	3	0	0	15	1.532	15	3	1.568
Q10	1.680	2	1.5	6.5	120	1.550	15	3	1.698
Q20	1.810	2	5	13	240	1.550	15	3	1.828
Q30	1.940	2	8	20	360	1.550	15	3	1.958
Q40	2.090	3	10	27	500	1.550	15	3	2.108
Q50	2.210	4	13	33	610	1.550	15	3	2.228
Q60	2.360	6	14	40	750	1.550	15	3	2.378

Instationäre Berechnungen

(Berechnung Ing. Büro Wald + Corbe)

Instationäre Berechnungen wurden für die Fälle:

- Hochwasser 2013 für den Istzustand
- Modifizierte Hochwasserwelle auf Grundlage des Hochwasserereignisses von 1988 (Abfluss am Pegel Wyhl 4500 m³/s) für den Istzustand sowie für den Planzustand bei Betrieb des Rückhalteraums

durchgeführt.

Die Berechnungen HW 1988 dienen als Randbedingungen für das Grundwassermodell.

2.4 Verbesserung der Durchströmung innerhalb des Rückhalteraumes

(Berechnung Ing. Büro Wald + Corbe)

Entsprechend der Vorgaben aus dem 2D-Strömungsmodell wurden die Vorschläge zur Verbesserung der Durchströmung des Rückhalteraums in der Planung umgesetzt. Diese Maßnahmen beziehen sich insbesondere auf die Optimierung der Durchlassbauwerke, sowie der Festlegung von Schwellenhöhen, um die Abflussverhältnisse in den Schluten zu verbessern.

Die gesamten baulichen Vorhaben zur Verbesserung der Durchströmung des Rückhalteraums sind im Erläuterungsbericht in den Kapiteln 8.1.2, 8.2.2, 8.2.3, 8.3 und 8.6 ausführlich beschrieben.

3. Hydrologische und grundwasserhydraulische Untersuchungen

3.1 Häufigkeit und Dauer des Betriebs des Rückhalteraumes

(Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg)

Die Untersuchung der Einsatzkriterien auf der Grundlage des Wirksamkeitsnachweises [4], sowie der Statistik am Pegel Maxau hat zum Ergebnis, dass das Einsatzkriterium eines Retentionseinsatzes mit Teilfüllung des Rückhalteraumes alle 10 Jahre erreicht und überschritten wird [5] [6].

Mit dem zusätzlichen Kriterium, dass 4.200 m³/s am Pegel Maxau überschritten sein müssen, werden häufigere nicht erforderliche Retentionseinsätze vermieden [7] [5]

Die Frage nach der Häufigkeit des Überschreitens der Einsatzkriterien ist relevant für die Bewertung der Auswirkungen der Retention auf Fauna und Flora. Da bei diesen häufigeren und kurzen Retentionseinsätzen in der Regel das maximale Stauziel nicht erreicht wird, muss für die Bemessung der Schutzmaßnahmen und der Anlagen des Rückhalteraumes ein 200-jährliches Hochwasser mit Vollfüllung des Raumes bis zum maximalen Stauziel und einer Einsatzdauer von bis zu 6 - 8 Tagen herangezogen werden. Solch eine Situation tritt jedoch nur seltener als alle 60 - 200 Jahre auf.

3.2 Höhe, Häufigkeit und Dauer der Ökologischen Flutungen

(Berechnung Ing. Büro Dr. Ludwig)

Zur Prognose der Höhe, Häufigkeit und Dauer der Ökologischen (regelmäßigen) Flutungen wird die am Pegel Hartheim gemessene und von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung aufgezeichnete Zeitreihe der Tagesmittelwerte der Wasserstände von 1953 bis 1999 herangezogen. Anhand dieser 46 Jahre langen Zeitreihe wird ermittelt, welche Dauer und Höhe der Überflutungen im Rückhalteraum aufgetreten wäre, wenn nach dem Überflutungsregime der Ökologischen Flutungen geflutet worden wäre. Bei einer solch langen Zeitreihe ist davon auszugehen, dass sich auch in Zukunft, nach Inbetriebnahme des Rückhalteraumes, die mittleren Überflutungsverhältnisse entsprechend einstellen werden. Ein Vergleich dieser den Untersuchungen zugrundeliegenden Zeitreihe mit der verlängerten Zeitreihe 1953 bis 2008 zeigt, dass keine signifikanten Veränderungen für die Beurteilungsgrundlage aufgetreten sind.

Das Ing. Büro Ludwig [8] [9] hat, insbesondere für Ökologische Flutungen, anhand der oben genannten Zeitreihe, die Überflutungshöhe, -häufigkeit und -dauer des Einzelereignisses als auch die mittlere Überflutungsdauer eines Jahres getrennt nach Gesamtjahr (01.01 bis 31.12.), Vegetationsperiode (01.04. bis 31.09) und vegetationslose Zeit (01.10. bis 30.03) ermittelt (vgl. **Kap. 6.2.2** Erläuterungsbericht). Hierzu wurden die mittleren Tageswasserstände am Abflusspegel Hartheim mit der zugehörigen Abflusskurve in mittlere Tagesabflüsse umgerechnet.

Für die Ermittlung der maßgebenden Abflussbereiche für Ökologische Flutungen, Gesamtabfluss zwischen 1.550 m³/s und ca. 3.000 m³/s, wurde zu den Abflüssen am Pegel Hartheim ein konstanter Abfluss im Rheinseitenkanal von 1.400 m³/s addiert.

Zur weiteren Berechnung der Wasserstände im Rückhalteraum wurde die Zeitreihe auf Stundenwerte interpoliert.

Aus den zweidimensionalen stationären Strömungsberechnungen ist bekannt, bei welchen Durchflüssen sich welche Wasserspiegellagen im Rückhalteraum einstellen, so dass die für die jeweilige Auenzone (vgl. **Kap. 6.2.2** Erläuterungsbericht) erforderlichen Durchflüsse ermittelt werden können.

In der Steuerungsregel für die Einlass- und Durchlassbauwerke wurde diesem Durchfluss entsprechend der Überschreitungshäufigkeit der Auenzonen ein Rheinabfluss mit derselben Überschreitungshäufigkeit zugeordnet (vgl. „Hydraulischer Nachweis“ Teil B). Hieraus wurden die Zuflussganglinie des Rückhalteraumes und die Steuerung der Durchlassbauwerke an den Querdämmen für den gesteuerten Fall ermittelt. So kann gewährleistet werden, dass die Überflutungszustände im Rückhalteraum mit den Rheinabflüssen korrelieren und die auenähnlichen Verhältnisse sich entsprechend der Zufälligkeit des Rheinabflusses einstellen (vgl. **Kap. 6.2.2** Erläuterungsbericht).

Die Höhen der Überflutungen, die vom Durchfluss bestimmt sind, sind in den Überflutungshöhenplänen (Anlage 4.2) dargestellt. Die durchschnittlichen Dauern der Ökologischen Flutungen sind in den Überflutungsdauerkarten (Anlage 4.3) dargestellt.

Neben den langjährigen Mittelwerten der Überflutungen, die die Standortverhältnisse prägen, sind auch die extrem langanhaltenden Einzelereignisse als prägende Faktoren zu berücksichtigen. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass sich ein auenartiger und damit überflutungstoleranter Landschaftshaushalt nicht

schlagartig, sondern erst nach einer Anpassungsphase einstellt. Um auch diese Beeinträchtigungen zu minimieren, werden außergewöhnlich lang andauernde Ökologische Flutungen als Einzelereignis begrenzt. Dazu werden nach Auenzonen differenzierte maximale Zeitdauern für zeitlich zusammenhängende Überflutungs-Einzelereignisse vorgegeben (vgl. **Kap. 6.2.2.3** Erläuterungsbericht). Die Auswirkung dieser Steuerungsregel wurde in [10] hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens und der Auswirkungen auf die Mittlere Dauerlinie untersucht. In den Auenstufen „Untere und Mittlere Hartholzaue“ werden die Dauern durch die Extremwertbegrenzung im Mittel um ca. zwei bis drei Tage reduziert, in den höheren Auenzonen reduziert sich die Mittlere Dauer um ca. einen Tag.

Aus den Berechnungsergebnissen in Teil B des „Hydraulischen Nachweises“ ist erkennbar, dass mit zunehmendem Rheinabfluss die Kontrolle des Durchflusses durch die Teilräume vom Einlassbauwerk auf die Durchlassbauwerke übertragen wird, um die erforderlichen Auenzonen, definiert nach Dauer und Höhe der Überflutung, einzuhalten. Nach einer anfänglichen Zuflussreduzierung am Bauwerk BW 6.65 werden die beiden großen Durchlassbauwerke in den Querdämmen BW 6.5 (Wyhler Rheinstraße) und BW 6.81 (Weisweiler Rheinstraße) gedrosselt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**und Abbildung 2).

Die hydraulischen Berechnungen beruhen auf theoretischen, dem Stand der Technik entsprechenden, Berechnungsansätzen. Die naturräumlichen Besonderheiten, wie die Größenordnung der Versickerung, die Speicherung in der Vegetation, die aus der Topographie des Geländes sich ergebenden An- und Abströmverhältnisse der Bauwerke etc. können nicht in allen Einzelheiten berücksichtigt werden. Wie den Leistungs- und Steuerungskurven jedoch zu entnehmen ist, bestehen ausreichende Reserven, um auf der Grundlage eines Monitorings der strömungsrelevanten Parameter, Wasserstandsmessungen im Ober- und Unterwasser der Bauwerke und Durchflussmessungen in den Bauwerken, die erforderlichen Anpassungen der Steuerungsregeln durchzuführen.

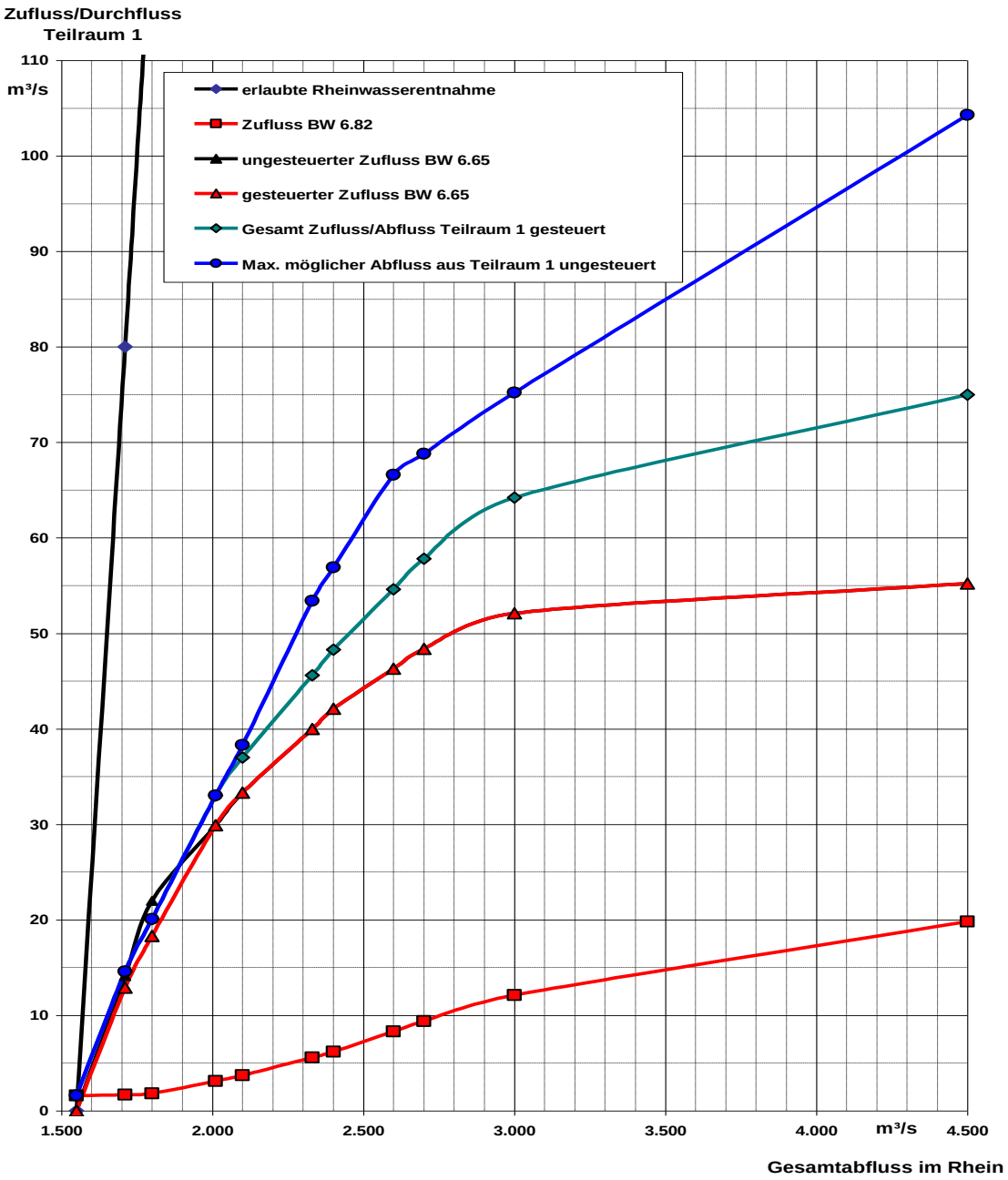

Abbildung 1: Steuerungsvorschriften für die Entnahmebauwerke und Durchlassbauwerke im Querdamm Wyhler Rheinstraße des Teilraums 1

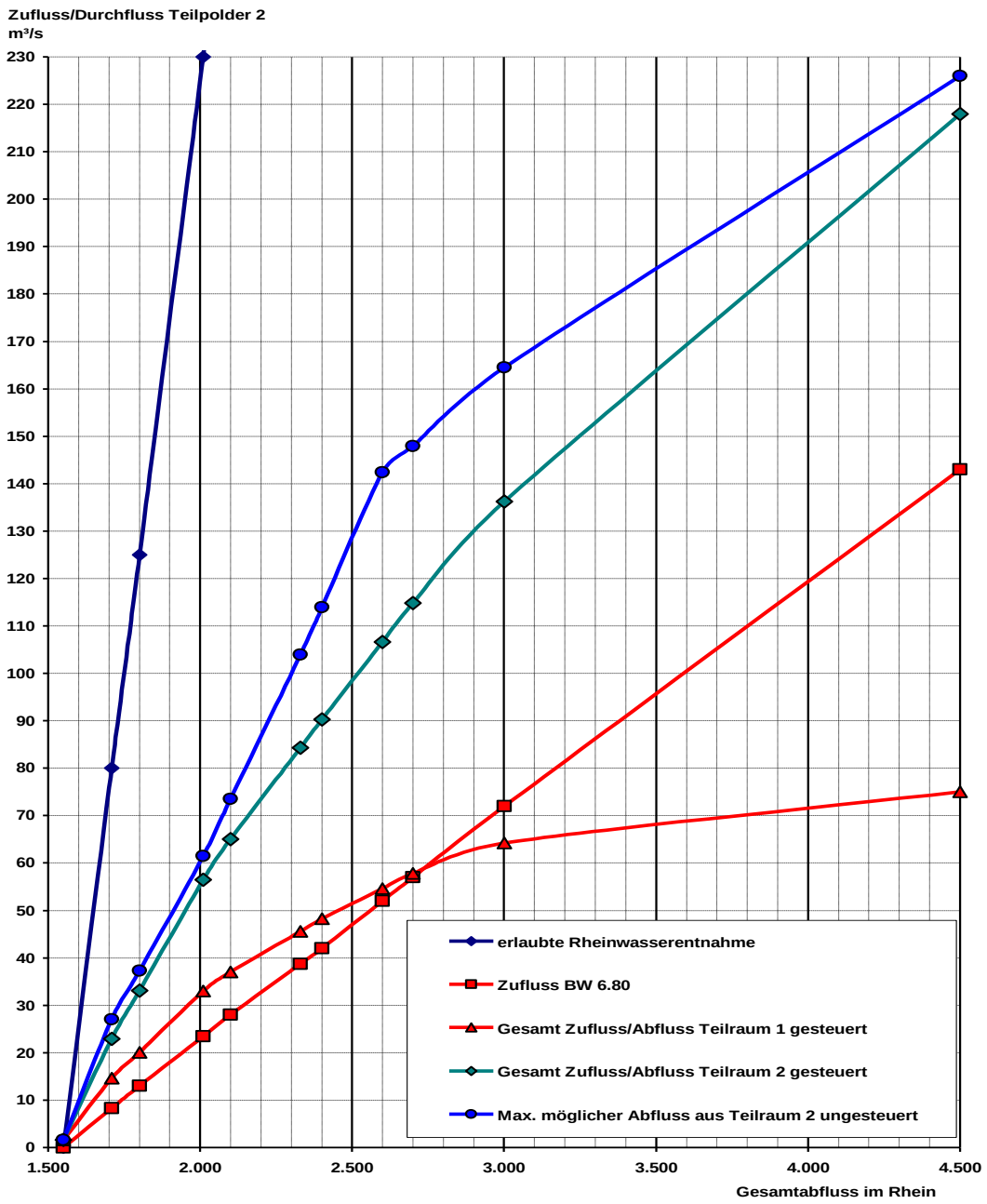

Abbildung 2: Steuerungsvorschriften für die Entnahmebauwerke und Durchlassbauwerke im Querdamm Weisweiler Rheinstraße des Teilraums 2

3.3 Nachweis der Auswirkungen auf das Grundwasser

(Berechnung Geldner Ingenieurberatung)

Der Betrieb des Rückhalteraumes Wyhl/Weisweil bei Retention und Ökologischen Flutungen wirkt sich auch auf die Grundwasserstände außerhalb des Rückhalteraumes aus. In den Zeiten außerhalb des Betriebs des Rückhalteraums haben die Veränderungen infolge des Gewässerausbaus im Rahmen der Schutzmaßnahmen Einfluss auf die mittleren Grundwasserstände. Um die Folgen abzuschätzen und um nachteilige Effekte vermeiden zu können, wurden die Auswirkungen dieser Maßnahmen in einem Grundwasserströmungsmodell [2] untersucht.

Die theoretischen Grundlagen des Grundwassermodells GW3D für die grundwasserhydraulischen Untersuchungen sind als Anhang 2 beigefügt.

3.4 Grundwasserhydraulische Untersuchungen

(Berechnung Geldner Ingenieurberatung)

Zeitgleich zum Verlauf der Planungen zum Hochwasserrückhalteraum Wyhl/Weisweil wurden die Planungen und die bauliche Umsetzung der Hochwasserschutzmaße Rheinhausen realisiert. Für diese Planungen wurden ebenfalls das zweidimensionale Strömungsmodell und das Grundwassermodell des Rückhalteraumes Wyhl/Weisweil, die weit über den Planungsraum der Hochwasserschutzmaßnahme Rheinhausen hinausreichen, eingesetzt, um die Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahme im Planfeststellungsverfahren darzustellen. Mit der Planfeststellung des Hochwasserschutzes Rheinhausen am 10. August 2006 wurde für den Rückhalteraum ein neuer Zustand als Status-quo definiert. Die Zustände der realisierten Hochwasserschutzmaßnahme Rheinhausen, neue Dammlinien und Betrieb des Pumpwerks Rheinhausen, werden als sogenannter Vergleichszustand für die Auswirkungen des Betriebs des Rückhalteraumes Wyhl/Weisweil herangezogen. Die Auswirkungen des Betriebs des Rückhalteraumes Wyhl/Weisweil sind somit eindeutig getrennt von den Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahme Rheinhausen dargestellt.

Mit dem Grundwasserströmungsmodell wurden die Auswirkungen

- des Retentionseinsatzes für ein Hochwasser im Anschluss an eine vorausgegangene jedoch abgebrochene Ökologische Flutung in Verbindung mit dem Bemessungsniederschlag (siehe unten),
- des Retentionseinsatzes für ein Hochwasser im Anschluss an eine vorausgegangene jedoch abgebrochene Ökologische Flutung in Verbindung mit einem Drittel des Bemessungsniederschlags,
- von Ökologische Flutungen ohne Berücksichtigung des Reglements zur Begrenzung von langanhaltenden Einzelereignissen und
- von der Ökologischen Schlutenlösung

auf das Grundwasser untersucht und hinsichtlich zu erwartender Wirkungen auf vorhandene Nutzungen ausgewertet.

Diese Nutzungen umfassen:

- Ortslage Wyhl
- Sport- und Freizeitanlagen Kuhwaide
- Mühle Wyhl
- Ortslage Weisweil
- Untere Mühle Weisweil
- Landwirtschaftliche Nutzflächen in der Rheinniederung auf den Gemeindeflächen von Wyhl und Weisweil

Die sich bei dem Betrieb des Rückhalteraumes einstellenden Grundwasserstände (Prognosezustand) werden mit den Grundwasserständen verglichen, die sich bei demselben Rheinhochwasser und bei gleichen meteorologischen Verhältnissen ohne Einsatz des Rückhalteraumes einstellen (Vergleichszustand). Die durch den Betrieb des Rückhalteraumes bedingten Grundwasserstände werden hinsichtlich ihrer schädigenden Wirkungen auf die Ortslagen und sonstigen Nutzungen überprüft. Hierzu wurden die Kellerhöhen 1999 eingemessen und danach anhand von dem Vorhabenträger zu Verfügung gestellter Bauanträge ergänzt.

Die Geländehöhe der landwirtschaftlichen Nutzflächen wird mit Hilfe des digitalen Geländemodells mit Höheninformationen im Rasterabstand von 30 m in Kombination mit den Höhen der Bruchkanten dargestellt. Grundsätzlich gilt das Verschlechterungsverbot, d. h. alle zusätzlichen, schadbringenden, betriebsbedingten Auswirkungen sind zu vermeiden, wenn dies mit vertretbarem Aufwand bewerkstelligt werden kann. Ansonsten sind Anpassungen vorzunehmen bzw. Entschädigungen zu leisten (vgl. **Kap. 6.4** Erläuterungsbericht).

Die Varianten tragen die Kurzbezeichnungen **V n.n.nn**, wobei die Positionen der Ziffer für eindeutige Unterscheidungsmerkmale der Varianten stehen.

In der **ersten Position** werden die unterschiedlichen Bemessungshochwasser in Verbindung mit einem Bemessungsniederschlag charakterisiert:

Die Ziffer 1 in der ersten Position (V 1.n.nn):

Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1988) für den Retentionsfall, das historische Hochwasser vom März 1988, rechnerisch mit einem Vergrößerungsfaktor auf ein HQ 200 in Maxau vergrößert („aufgeblasen“) mit dem vollen Bemessungsniederschlag von 104 mm in zwei Tagen.

Die Ziffer 2 in der ersten Position(V 2.n.nn):

Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1988), siehe oben, mit einem Drittel des Bemessungsniederschlags in zwei Tagen.

Die Ziffer 3 in der ersten Position (V 3.n.nn):

Bemessungshochwasser für Ökologische Flutungen HQ 1987 und für den beginnenden Retentionseinsatz alle 10 Jahre, das historische Sommerhochwasser Mai bis August 1987 mit den gemessenen Niederschlägen in demselben Zeitraum.

Die Ziffer 4 in der ersten Position (V 4.n.nn):

Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1882/83) für den Retentionsfall, das historische Hochwasser vom 1882/83, rechnerisch mit einem Vergrößerungsfaktor auf ein HQ 200 in Maxau vergrößert („aufgeblasen“) mit dem vollen Bemessungsniederschlag von 104 mm in zwei Tagen.

Die Ziffer 5 in der ersten Position (V 5.n.nn):

Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1882/83), siehe oben, mit einem Drittel des Bemessungsniederschlags in zwei Tagen.

Die Ziffer 6 in der ersten Position (V 6.n.nn):

Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1988) mit dem vollen Bemessungsniederschlag von 104 mm in zwei Tagen nach einer vorauslaufenden Ökologischen Flutung entsprechend HQ 1987, die gemäß den Abbruchkriterien unterbrochen werden.

Die Ziffer 7 in der ersten Position (V 7.n.nn):

Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1988) für den Retentionsfall, das historische Hochwasser vom März 1988, rechnerisch mit einem Vergrößerungsfaktor auf ein HQ 200 in Maxau vergrößert („aufgeblasen“), mit dem vollen Bemessungsniederschlag von 104 mm in zwei Tagen nach einer vorauslaufenden Ökologischen Flutung entsprechend HQ 1987, die gemäß den Abbruchkriterien unterbrochen werden.

Die Ziffer 8 in der ersten Position (V 8.n.nn):

Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1988), siehe oben, mit einem Drittel des Bemessungsniederschlags in zwei Tagen nach einer vorauslaufenden Ökologischen Flutung entsprechend HQ 1987, die gemäß den Abbruchkriterien unterbrochen werden

Die Ziffer 9 in der ersten Position (V 9.n.nn):

Bemessungshochwasser für Ökologische Flutungen HQ 1987 und für den beginnenden Retentionseinsatz alle 10 Jahre, das historische Sommerhochwasser Mai bis August 1987 mit den gemessenen Niederschlägen in demselben Zeitraum.

Die Ziffer 10 in der ersten Position (V 10.n.nn):

Bemessungshochwasser für Ökologische Flutungen HQ 1987 und für den beginnenden Retentionseinsatz alle 10 Jahre, das historische Sommerhochwasser Mai bis August 1987 mit den gemessenen Niederschlägen in demselben Zeitraum, der Zufluss zum Rückhalteraum wird gemäß den Vorgaben der Schlutenlösung auf 30 bzw. 60 m^3/s gedrosselt.

In der **zweiten Position** wird unterschieden zwischen Vergleichszustand und Planungszustand:

Die Ziffer 0 in der zweiten Position (V n.0.nn):

Vergleichszustand für das Bemessungshochwasser der Variante ohne Betrieb des Rückhalteraums.

Die Ziffer 1 und 2 in der zweiten Position (V n.1.nn und V n.2.nn):

Variante mit Schutzmaßnahmen, die auf dem Weg zur Antragsvariante untersucht wurden (siehe Bericht zum Grundwassermodell [2]).

Die Ziffer 3 in der zweiten Position (V n.3.nn):

Variante mit den Schutzmaßnahmen, die der Antragsvariante zu Grunde liegen.

Die Ziffer 4 in der zweiten Position (V n.4.nn):

Variante mit den Schutzmaßnahmen, die der Antragsvariante zu Grunde liegen und die das Bemessungshochwasser für Ökologische Flutungen HQ 1987 berücksichtigen, jedoch unter Ansatz der Abbruchkriterien zur Begrenzung von langanhaltenden Einzelereignissen.

Die Ziffer 5 in der zweiten Position (V n.5.nn):

Variante mit den Schutzmaßnahmen, die der Antragsvariante zu Grunde liegen und die das Bemessungshochwasser BHQ_{4500}(1988) mit einem Drittel des Bemessungsniederschlags in zwei Tagen berücksichtigen, jedoch mit zeitlich verlängertem Pumpbetrieb zum Nachweis, dass der Wiederanstieg des Grundwassers auch im Nachlauf der Hochwasserwelle mit dem Betrieb der Schutzbrunnen verhindert werden kann.

In der **dritten Position** werden die untersuchten Varianten der Schutzmaßnahmen bzw. Steuerungsmaßnahmen nach aufsteigend nummeriert:

Die Ziffer 19 in der dritten Position (V n.n.19):

Variante mit Betrieb der Schutzmaßnahmen, die der Antragsvarianten zu Grunde liegen

In dem Hydraulischen Nachweis werden nur die maßgebenden Hauptvarianten gemäß Grundwassermodellbericht [2] Teil A, die Grundlagen sind für die Bemessung des Antragsentwurfs, dargestellt. Die Varianten, die der Entwicklung der Hauptvarianten dienten, sind in dem Gutachten von Geldner Ingenieurberatung [2] Teil B dargestellt.

Die stationäre und instationäre Eichung des Grundwassermodells in Verbindung mit dem Nachweis der Prognosefähigkeit des Grundwassermodells ist in dem Gutachten von Geldner Ingenieurberatung [2] Teil C dargestellt.

Die einzelnen untersuchten Varianten der Schutzmaßnahmen auf dem Weg zur Antragsvariante unterscheiden sich hinsichtlich der folgenden Hauptkriterien:

- Lage, Anzahl und Leistungsfähigkeit der Grundwasserentnahmebrunnen
- Umfang des Ausbaus der Gewässer- und Grabensysteme einschließlich der Anzahl und Standorte von Pumpwerken

Die Szenarien, die in den Varianten kombiniert werden, stellen Kombinationen von extremen Bedingungen (Hochwasser im Rhein und Niederschlag) in Hinsicht auf die zu erwartenden bzw. zu beurteilenden Wirkungen dar. Eingang in die Berechnung für die Prognosevariante des Betriebs des Rückhalteraumes finden hier die aus den stationären Berechnungen mit dem zweidimensionalen Strömungsmodell abgeleiteten Überflutungszustände in Form von instationären Wasserstandsänderungen (räumlich differenzierte Wasserstandsganglinien) auf der Fläche des Rückhalteraumes [3]

Tabelle 8: Maßgebende Vergleichsvarianten im Grundwassermodell

Kurzbezeichnung der Variante	V7.0.2	V8.0.2	V9.0.2
Kategorie der Berechnung	Vergleichsvariante ohne Betrieb des Rückhalteraums		
Hochwassersituation im Rhein	$BHQ_{(200)}$ 1988	$BHQ_{(200)}$ 1988	Mai – Aug. 1987
Sonderbetrieb der Schlinge Rhinau (Manöver)[1]	mit		ohne
Retentionsflutung	nein	nein	nein
Ökologische Flutung	nein	nein	nein
Niederschlagsereignis	100%BN	33%BN	gemessen 1987
Sonderform des Flutungsregime	nein	nein	nein
Schutzmaßnahmen	Ohne Berücksichtigung des Baus und Betriebs von Schutzmaßnahmen		

[1] Sonderbetrieb der Schlingen (auch Manöverbetrieb): Drosselung der Rheinkraftwerke (hier: Rhinau) und Öffnung der der Stauhaltung zugehörigen Wehre, sodass das Wasser in das ehemalige Rheinbett und die angrenzenden rezenten Überflutungsgebiete (hier: Abströmbereich, Dammrückverlegung Rheinhausen, Taubergießen) fließen kann. Das Rheinbett sowie der Bewuchs auf den sogenannten Manöverflächen wirken dabei verzögernd auf den Hochwasserabfluss.

Tabelle 9: Maßgebende Prognosevarianten im Grundwassermodell

Kurzbezeichnung der Variante	V7.3.19	V8.3.19	V9.3.19	V10.0.3	V10.0.4
Kategorie der Berechnung	Prognosevariante mit Betrieb des Rückhalteraums				
Hochwassersituation im Rhein	$BHQ_{(200)}$ 1988	$BHQ_{(200)}$ 1988	Mai – Aug. 1987	$BHQ_{(200)}$ 1882/83	$BHQ_{(200)}$ 1882/83
Sonderbetrieb der Schlinge Rhinau (Manöver)[1]	mit		ohne		
Retentionsflutung	ja	ja	nein	nein	nein
Ökologische Flutung	nein	nein	ja	ja	ja
Niederschlagsereignis	100%BN	33%BN	gemessen 1987	gemessen 1987	gemessen 1987
Sonderform des Flutungsregimes	Retention nach abgebrochener Ökol. Flutung	Retention nach abgebrochener Ökol. Flutung	nein	nein	nein
Schutzmaßnahmen	Einsatz der Grundwasserentnahmebrunnen und des Pumpwerks mit pegelgesteuertem Pumpregime, Pumpen „aus“ bei Abbruch der Flutung				

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass während des Betriebs des Rückhalteraumes der Einsatz von Schutzmaßnahmen notwendig ist, um Grundwasseranstiege, die über den Vergleichszustand hinaus durch die Flutungen der Rückhalteräume zu zusätzlichen Schäden und Beeinträchtigungen führen könnten, in den Ortslagen und baulichen Anlagen im Außenbereich zu vermeiden. Ziel der im Folgenden dargestellten Schutzmaßnahmen ist es, zusätzliche, schädigende Wirkungen auf die bestehenden Ortslagen und bauliche Anlagen im Außenbereich zu vermeiden. Die Frage nach dem Schutz der landwirtschaftlichen Nutzflächen wird umfangreich in **Kapitel 6.4** des Erläuterungsberichts behandelt.

3.5 Ergebnisse der grundwasserhydraulischen Untersuchungen

(Berechnung Geldner Ingenieurberatung)

Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen

Die binnenseitigen Schutzmaßnahmen in Wyhl sehen den Schutz der Siedlungsgebiete durch den Bau von Einzelbrunnen und Brunnengalerien in den bebauten Gebieten vor. Aufgrund der zahlreichen Gewässer in Weisweil werden zuerst die grundwasserstabilisierenden Wirkungen der Gewässer in Verbindung mit einem Pumpwerk untersucht und durch den Bau von Einzelbrunnen und Brunnengalerien ergänzt (Tabelle 10).

Die Schutzbrunnen werden durch ein System von Steuerpegel gesteuert, die bei Überschreiten eines oberen Schaltwasserstandes die Brunnen mit 100% Förderleistung in Betrieb nehmen. Sinkt nach Inbetriebnahme der Pumpen der Wasserspiegel wieder ab, werden die Brunnen entsprechend dem Gradienten der Wasserspiegeländerung mit Hilfe der Drehzahlregelung gedrosselt, bzw. wird bei steigendem Wasserspiegel die Förderleistung der Brunnen wieder erhöht. Sinkt der Grundwasserstand auf Dauer unter den unteren Schaltpunkt ab, werden die Pumpen ausgeschaltet. Der Nachweis, dass die dimensionierte Förderleistung beim Betriebszustand „100%“ ausreichend ist, um die betriebsbedingten Grundwasseranstiege unter einem schädigenden Niveau bzw. unter dem Grundwasserstand des Vergleichszustands zu halten, wurde mit den Berechnungen des Grundwassermodells geführt (vgl. **Kap**. **6.3** Erläuterungsbericht und Hydraulischer Nachweis Teil B).

Tabelle 10: Binnenseitige Schutzmaßnahmen

Zu schützende Bereiche	Anpassungsmaßnahme
Ortslage Wyhl	Bau von Einzelbrunnen und Brunnengalerien
Freizeitgelände Kuhwaide	Bau von Einzelbrunnen
Ortslage Weisweil	Ausbau vorhandener Gewässer und Reaktivierung von Schluten einschließlich Errichtung eines Pumpwerks, Bau von Einzelbrunnen und Brunnengalerien

3.5.1 Siedlungsgebiete

Grundwasserstandsganglinien

Maßgeblicher Lastfall für die Auslegung der erforderlichen Anlagen zur Grundwasserhaltung in den Siedlungsgebieten Wyhl, Freizeitgelände Kuhwaide und in Weisweil ist der Retentionsfall V7.3.19 mit dem Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1988) mit Bemessungsniederschlag und mit 1/3 Niederschlag (V8.3.19) sowie der Retentionsfall V9.3.19 mit dem Bemessungshochwasser BHQ_{4500} (1988) mit Bemessungsniederschlag und vorausgehender abgebrochener Ökologischer Flutung mit dem Hochwasser 1987. Zur Darstellung der betriebsbedingten Auswirkungen werden diese beiden Lastfälle den Vergleichsvarianten V7.0.2 und V9.0.2 gegenübergestellt.

Die Berechnungsergebnisse sind für die so genannten „Beobachtungspunkte“ (siehe Anlagen 23.3.7) als Ganglinien der Grundwasserstandsänderungen über der Zeit explizit in den Anlagen 23.3.2 – 23.3.4 für die Ortslagen Wyhl mit Freizeitgelände Kuhwaide und Weisweil an repräsentativen Standorten dargestellt.

Die Gangliniendarstellungen der Grundwasserstandsänderungen verdeutlichen die Wirkung der Schutzmaßnahmen und stellen auch einen Bezug zu den tiefsten eingemessenen Kellersohlen im Umfeld des Beobachtungspunktes her. Die Wirkung des Betriebs der Schutzbrunnen, deren Entnahmemengen und Betriebsdauern als grauer Balken dargestellt sind, ist im Verlauf der Grundwasserstandsganglinien erkennbar. Die Wasserstände des Vergleichszustandes ohne Betrieb des Rückhalteraumes werden in der Regel nicht überschritten, sondern über den

gesamten Verlauf des Hochwassers und der Flutung des Raumes unterschritten oder maximal erreicht.

Eine Ausnahme ist erkennbar im Bereich des Freizeitgeländes Kuhwaide und Wyhler Mühle. Aufgrund der Nähe zum Überflutungsraum können die Grundwasseranstiege trotz des Betriebs von 5 Schutzbrunnen nicht flächendeckend vermieden werden. Die vorhandenen Keller sind bereits gegen hohe Grundwasserstände geschützt, da sie im Grundwasserschwankungsbereich liegen, oder müssen, wenn ein Nachteil nachzuweisen ist, vom Vorhabensträger in Rücksprache mit dem Eigentümer umgebaut werden.

Kellerabstandspläne

(Anlage 23.3.5 und 23.3.6)

Zur Erfolgskontrolle der Grundwassermodellberechnungen zur Dimensionierung der Schutzmaßnahmen wurden alle Keller vermessen, soweit das Einverständnis der Eigentümer vorlag. Für den Zeitraum nach der Kellervermessung wurden die Kellerhöhen und die Lage der Häuser aus den Bauanträgen, die bis Mitte 2006 eingereicht waren, übernommen.

Für die wesentlichen Prognosevarianten und Vergleichsvarianten, die für den Retentionseinsatz die höchsten Belastungen durch die Flutung des Raumes berücksichtigen (V7.3.19 und V 7.0.2, V8.3.19 und V8.0.2, V9.3.19 und V9.0.2) wurden die Grundwasserstände einzeln für jedes unterkellerte Haus ermittelt und der Abstand zum Kellerboden berechnet. Diese so genannten Kellerabstände sind für den jeweils höchsten Grundwasserstand in den Anlagen 23.3.5 für die Gemeinde Wyhl und in den Anlagen 23.3.6 für die Gemeinde Weisweil dargestellt.

Der Überblick über die Ergebnisse zeigt, dass flächendeckend die betriebsbedingten Grundwasserstandsänderungen in Verbindung mit den Schutzmaßnahmen keine Verschlechterung der Grundwasserstände bewirken, Kellerhöhen die durch hohe Grundwasserstände überschritten werden, waren bereits im Vergleichszustand durch noch höhere Grundwasserstände betroffen. Insgesamt bewirken die Schutzmaßnahmen in den Ortslagen eine flächendeckende Reduzierung der maximalen Grundwasserstände. Eine Ausnahme bildet der Bereich des Freizeitgeländes Kuhwaide und Wyhler Mühle in Wyhl, wo die Grundwasserhaltung

mit 5 Brunnen eine Entlastung gegenüber den zu erwartenden Grundwasserständen ohne Schutzmaßnahmen bewirkt, jedoch die Grundwasserstände des Vergleichszustandes nicht erreicht werden. Hier ist eine Betrachtung der einzelnen Gebäude erforderlich.

Differenzenpläne

(Anlage 23.3.9)

Die Wirkung der Schutzmaßnahmen ist flächendeckend deutlich an den Differenzen zwischen den nicht zeitgleichen höchsten Grundwasserständen des Vergleichszustandes und der Prognosevariante mit Einsatz des Rückhalteraumes und der Schutzmaßnahmen abzulesen. In den grün bis blau abgestuften Bereichen sind die Grundwasserstände mit Betrieb des Rückhalteraumes und Betrieb der Schutzmaßnahmen tiefer als im Vergleichszustand. Die ocker bis rot abgestuften Bereiche sind Bereiche mit erhöhten Grundwasserständen. Diese wurden hinsichtlich des verbleibenden Flurabstandes und der Auswirkungen auf die Standortsbedingungen für die landwirtschaftliche Nutzung im landwirtschaftlichen Gutachten intensiv betrachtet (vgl. Kap. 6.4 Erläuterungsbericht).

Isohypsenpläne

(Anlage 23.3.8)

Zur besseren Zuordnung der Berechnungsergebnisse zum Höhensystem m+NN sind die so genannten Isohypsen (Linien gleicher Höhe) für die nicht zeitgleichen maximalen Grundwasserstände im Verlauf des Hochwassers mit Flutung des Rückhalteraumes für die maßgebenden Varianten V7.0.2, V7.3.19, V8.0.2, V8.3.19, V9.0.2 und V9.3.19 aus den punktuellen Ergebnisdaten des Grundwassermodells durch Interpolation ermittelt und in den oben genannten Anlagen dargestellt.

3.5.2 Landwirtschaftliche Nutzflächen

Grundwasserstandsganglinien

(Anlage 23.3.7)

Für eine flächendeckende Darstellung der Grundwasserstandsänderungen zwischen und um die Ortslagen von Weisweil, Wyhl und Rheinhausen in der Rheinniederung und auf der Niederterrasse sind für die so genannten Transektenpunkte für den Retentionsfall der Variante V7.3.19 (Anlage 23.3.7.2) und V8.3.19 (Anlage 23.3.7.3) dargestellt.

Für die Variante Ökologische Flutung V9.3.19 sind die Ganglinien der Grundwasserstandsänderungen in den Anlagen 23.3.7.4 dargestellt.

Die Ergebnisse sind zum Vergleich zwischen dem Prognosezustand und dem Vergleichszustand in einem Diagramm eingezeichnet und in Bezug gesetzt zu der Geländehöhe an dem als Transektenpunkt gewählten Geländepunkt. Auch hier sind an den ortsnahen Transektenpunkten die Auswirkungen der Grundwasserhaltung erkennbar. In räumlicher Nähe zum Retentionsraum steigen die Grundwasserstände über die Grundwasserstände des Vergleichszustandes an.

Die Frage nach dem Schutz der landwirtschaftlichen Nutzflächen wird umfangreich in Kapitel 6.4 des Erläuterungsberichts behandelt. Hierzu wurde ein umfangreiches Landwirtschaftliches Gutachten „Sozioökonomische Optimierung der binnenseitigen Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Landwirtschaft“ auf der Grundlage von Abschätzungen der Auftretenshäufigkeit von hohen Grundwasserständen erstellt, die aus den Grundwassermodellergebnissen ermittelt wurden [11] [12] [13] [14] [15].

Grundwasserflurabstandspläne

(Anlagen 23.3. 10)

Mit den Grundwasserflurabstandsplänen wird die Mächtigkeit der Bodenschicht zwischen der Grundwasseroberfläche, die sich aus dem berechneten Grundwasserpotential ergibt, und der Geländeoberkante beschrieben. Die Flurabstände sind mit den maximalen nicht zeitgleichen Grundwasserständen und der Geländeoberfläche aus dem digitalen Geländemodell errechnet. Die Flurabstände

wurden für die Varianten V7.3.19, V8.3.19, V9.3.19, und den zugehörigen Vergleichszuständen ohne Betrieb des Rückhalteraumes V7.0.2, V8.0.2, V9.0.2berechnet. Die Flurabstandkarten sind wesentliche Grundlage für das landwirtschaftliche Gutachten zur Ermittlung des potentiellen Schadenpotentials in Abhängigkeit von den angebauten Kulturpflanzen (vgl. Kap. 6.4 Erläuterungsbericht).

Quellennachweis

[1] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, „Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Französischen Republik über den Ausbau des Oberrheins zwischen Basel und Straßburg," 27.10.1956.

[2] GELDNER INGENIEURBERATUNG, „Grundwassermodell zum Rückhalteraum Wyhl/Weisweil," Karlsruhe, November 2018.

[3] INGENIEURBÜRO WALD+CORBE, „2D-Strömungsmodell für den Rückhalteraum Wyhl/Weisweil - Erläuterungsbericht," Hügelsheim, Juni 2017.

[4] STÄNDIGE KOMISSION, „Nachweis der Wirksamkeit der Hochwasserrückhaltemaßnahmen am Oberrhein zwischen Basel und Worms," Unterarbeitsgruppe Wirksamkeitsnachweis, November 2016.

[5] LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG, „Häufigkeit von Retentionseinsätzen der südlichen Rückhalteräume des Integrierten Rheinprogramms," HVZ, Karlsruhe, Dezember 2018.

[6] TECHNISCHER AUSSCHUSS DER STÄNDIGEN KOMISSION, „Niederschrift über die 144. Sitzung," Friedrichshafen, Mai 1998.

[7] TECHNISCHER AUSSCHUSS DER STÄNDIGEN KOMISSION, „Niederschrift über die 140. Sitzung," Anlage 6, Potsdam, April 1996.

[8] INGENIEURBÜRO DR. LUDWIG, „Berechnung von Wasserstandsdauerlinien im Bereich des Polders Wyhl/Weisweil für das Hochwasser 1999 bei Ökologischen Flutungen," Karlsruhe, August 2000.

[9] INGENIEURBÜRO DR. LUDWIG, „Überarbeitung von Wasserstandsdauerlinien und Überflutungsdauerkarten für die Beflutung des Retentionsraumes Wyhl/Weisweil," Karlsruhe, Mai 2003.

[10] ART&ENGINEERING - KAUPERT UND MACH INGENIEURPARTNERSCHAFT, „Wirksamkeit der Extremwert begrenzenden Abflusssteuerung für die Rückhalteräume 1 und 2," Karslruhe, Januar 2005.

[11] GELDNER INGENIEURBERATUNG, „Abschätzung der Häufigkeit hoher Grundwasserstände in landwirtschaftlich genutzten Gelände zwischen Wyhl und Weisweil," Karlsruhe, 2003.

[12] GELDNER INGENIEURBERATUNG, „Agrarstudie zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen Wyhl und Weisweil - Phase II," Karlsruhe, Februar 2007.

[13] INGENIEURBÜRO FÜR LANDSCHAFTSPLANUNG UND LANDENTWICKLUNG DR. KAPFER, INGENIEURBÜRO NACCON, „Agrarstudie Wyhl/Weisweil I," Sozio-ökonomische Optimierung der binnenseitigen Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Landwirtschaft, Tuttlingen, Juni 2005.

[14] INGENIEURBÜRO FÜR LANSCHAFTSPLANUNG UND LANDWENTWICKLUNG DR. KAPFER, INGENIEURBÜRO NACCON, „Agrarstudie Wyhl/Weisweil II," Sozio-ökonomische Optimierung der binnenseitigen Anpassungsmaßnahmen im Bereich Landwirtschaft, Tuttlingen, Juni 2008.

[15] INGENIEURBÜRO WALD+CORBE, „Kostenvergleichsrechnung binnenseitige Anpassungsmaßnahmen im Bereich landwirtschaftlich genutzter Flächen," Hügelsheim, März 2004.

[16] INGENIEURBÜRO DR. LUDWIG, „Zweidimensionale Strömungsberechnung für den Rückhalteraum Wyhl/weisweil," Karlsruhe, Januar 2004.

[17] INGENIEURBÜRO DR. LUDWIG, „Dammrückverlegung Rheinhausen - Dauerlinien und Überflutungskarten," Ausführungsvariante, Karlsruhe, Januar 2004.

[18] INGENIEURBÜRO DR. LUDWIG, „Rückhalteraum Wyhl/Weisweil unter Berücksichtigung der Dammrückverlegung Rheinhausen - Dauerlinien und Überflutungsdauerkarten," Ausführungsvariante, Karlsruhe, Januar 2004.

[19] INGENIEURBÜRO DR. LUDWIG, „Zweidimensionales Strömungsmodell für die Dammrückverlegung Rheinhausen," Ausführungsvariante, Karlsruhe, Januar 2004.

[20] TECHNISCHER AUSSCHUSS DER STÄNDIGEN KOMISSION, „Nachweis der Wirksamkeit der Hochwasserrückhaltung am Oberrhein zwischen basel und Worms unter Einbeziehung Ökologischer Flutungen," Arbeitsgruppe Nachweis der Wirkung der Hochwasserrückhaltemaßnahmen, Karlsruhe, Februar 1998.