

Garten- und
Tiefbauamt

Freiburg 
IM BREISGAU

Hochwasserschutz Bohrrertal

Neubau des Hochwasserrückhaltebeckens Bohrrertal und Vergrößerung des Hochwasserrückhaltebeckens Breitmatte

Anlage 1
Erläuterungsbericht

Oktober 2017

WALD + CORBE GmbH & Co. KG

Hauptsitz Hügelsheim
Am Hecklehamm 18
76549 Hügelsheim
Tel. +49 7229 1876-00
Fax +49 7229 1876-777

Niederlassung Haslach
Gerbergasse 5
77716 Haslach
Tel. +49 7832 96094-0
Fax +49 7832 96094-66

Niederlassung Speyer
Bahnhofstraße 51
67346 Speyer
Tel. +49 6232 69939-0
Fax +49 6232 69939-11

www.wald-corbe.de



Unternehmen: **Hochwasserschutz am Bohrerbach/Hölderlebach**

Maßnahme: **Bau des Hochwasserrückhaltebeckens Bohrertal und Umbau des Hochwasserrückhaltebeckens Breitmatte**

Landkreis/Stadt: **Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald und Stadt Freiburg**

Gemarkungen: **Horben und Freiburg**

Unternehmensträger: **Stadt Freiburg**

Hügelsheim, im Oktober 2017



WALD + CORBE GmbH & Co. KG

Freiburg im Breisgau, im Oktober 2017



Stadt Freiburg Garten- und Tiefbauamt

WALD + CORBE GmbH & Co. KG

Hauptsitz Hügelsheim
Am Hecklehamm 18
76549 Hügelsheim
Tel. +49 7229 1876-00
Fax +49 7229 1876-777

Niederlassung Haslach
Gerbergasse 5
77716 Haslach
Tel. +49 7832 96094-0
Fax +49 7832 96094-66

Niederlassung Speyer
Bahnhofstraße 51
67346 Speyer
Tel. +49 6232 69939-0
Fax +49 6232 69939-11

www.wald-corbe.de



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Ziele	1
2	Wasserwirtschaftliche Grundlagen	3
2.1	Projekthistorie	3
2.2	Hochwasserabflüsse aus hydrologischem Flussgebietsmodell	6
2.2.1	Bemessungsniederschläge im Flussgebietsmodell	7
2.3	Überflutungssituation aus hydraulischen Fließgewässermodellen	9
3	Planung des HRB Bohrrtal	10
3.1	Vermessungsgrundlage	10
3.2	Standortfestlegung und Dammtrassierung	10
3.3	Hydrologische Bemessungsgrößen	10
3.4	Geotechnisches Gutachten	13
3.4.1	Baugrund	13
3.4.2	Abfalltechnische Klassifizierung	14
3.4.3	Grundwasserverhältnisse	14
3.5	Ausbildung des Hochwasserschutzdammes	14
3.5.1	Dammregelquerschnitt	15
3.5.2	Dichtwand als Untergrundabdichtung	16
3.5.3	Setzungsverhalten	17
3.6	Auslassbauwerk	18
3.6.1	Konstruktive Ausbildung	18
3.6.2	Baugrube und Wasserhaltung	19
3.6.3	Steuerung	20
3.6.4	Ökologische Durchgängigkeit	22
3.6.5	Treibholzfang	23
3.7	Steuer- und Beckenwasserstandpegel	23
3.8	Maßnahmen an bestehenden Gewässern	23
3.9	Hydraulische Nachweise	24
3.9.1	Betriebsauslass	24
3.9.2	Tosbecken	26
3.10	Hochwasserentlastungsanlage	28
3.10.1	Allgemeines	28
3.10.2	Nachweis der Leistungsfähigkeit nach DIN 19700	29

3.11	Freibordbemessung	30
4	Weitere Sachpunkte HRB Bohrrtal	33
4.1	Wegebauarbeiten	33
4.2	Betriebsgebäude	33
4.3	Technische Ausrüstung, Mess-, Steuer- und Regeltechnik	34
4.4	Leitungen und Kanäle	34
4.4.1	Leitungen der Telekom Deutschland GmbH	34
4.4.2	Leitungen der bnNETZE GmbH	34
4.4.3	Abwasserzweckverband Breisgauer Bucht	35
4.5	Kampfmittelerkundung	36
4.6	Grunderwerb	36
4.7	Unterhaltungsmaßnahmen	36
4.8	Entschädigungszahlungen	36
4.9	Landschaftspflegerisch begleitende Maßnahmen	37
4.10	Bauablauf	37
4.11	Probestau	38
5	Planung des HRB Breitmatte	39
5.1	Vermessungsgrundlage	39
5.2	Standortfestlegung und Dammtrassierung	39
5.3	Hydrologische Bemessungsgrößen	41
5.4	Geotechnisches Gutachten	43
5.4.1	Baugrund	43
5.4.2	Abfalltechnische Klassifizierung	44
5.4.3	Grundwasserverhältnisse	44
5.5	Ausbildung des Hochwasserschutzdammes	44
5.5.1	Dammregelquerschnitt	45
5.5.2	Dichtwand als Untergrundabdichtung	45
5.5.3	Setzungsverhalten	47
5.6	Bauwerke zur Steuerung des HRB	47
5.6.1	Trennbauwerk im Hölderlebach	47
5.6.2	Einleitungsbauwerk in das HRB	49
5.6.3	Ausleitungsbauwerk aus dem HRB	49
5.6.4	Verschlussorgane an Abzweigen in den Stauraum	51
5.6.5	Beckensteuerung im außergewöhnlichen Lastfall	52
5.6.6	Ökologische Durchgängigkeit	53

5.6.7	Treibholzfang	53
5.7	Steuer- und Beckenwasserstandpegel	54
5.8	Hydraulische Nachweise	54
5.8.1	Betriebsauslass	54
5.8.2	Tosbecken	56
5.9	Hochwasserentlastungsanlage	57
5.9.1	Allgemeines	57
5.9.2	Nachweis der Leistungsfähigkeit nach DIN 19700	58
5.10	Freibordbemessung	58
6	Weitere Sachpunkte HRB Breitmatte	61
6.1	Wegebauarbeiten	61
6.2	Betriebsgebäude	61
6.3	Technische Ausrüstung, Mess-, Steuer- und Regeltechnik	62
6.4	Schutzmaßnahme entlang Wonnhaldestraße	62
6.5	Leitungen und Kanäle	63
6.5.1	Leitungen der Telekom Deutschland GmbH	63
6.5.2	Leitungen der bnNETZE GmbH	64
6.6	Kampfmittelerkundung	64
6.7	Grunderwerb	64
6.8	Unterhaltungsmaßnahmen	65
6.9	Entschädigungszahlungen	65
6.10	Landschaftspflegerisch begleitende Maßnahmen	65
6.11	Bauablauf	65
6.12	Probestau	66
7	Ergänzende Schutzmaßnahmen in Günterstal	67
7.1	Bestandssituation Günterstal	67
7.2	Schwachstellenanalyse für Günterstal	67
8	Zusammenfassung	68
	Quellenverzeichnis	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Hochwasser Wiehre 18.09.2006, Bereich Schwimmbadstraße	1
Abbildung 2.1	Übersicht hydrologische Standortuntersuchungen (WALD+CORBE 12/2014)	4
Abbildung 2.2	Übersichtslageplan der Beckenstandorte HRB Bohrrertal (Standort 3d) und HRB Breitmatte	6
Abbildung 2.3	Übersicht Einzugsgebiet Bohrerbach bzw. Hölderlebach	7
Abbildung 2.4	Klimaänderungsfaktoren, Regionen in Baden-Württemberg mit einheitlichen Klimaänderungsfaktoren (LfU BW, 2005)	8
Abbildung 3.1	Wirkungsweise des HRB Bohrrertal beim HQ _{100+LF} Klima	11
Abbildung 3.2	Speicher- und Flächeninhaltslinie HRB Bohrrertal	12
Abbildung 3.3	Adaptives Steuerungskonzept des HRB Bohrrertal	21
Abbildung 3.4	Abminderungsbeiwert κ	25
Abbildung 5.1	Bestandssituation im Bereich der Breitmatte (Blick auf den Rückhaltedamm entlang der Wonnhaldestraße)	40
Abbildung 5.2	Wirkungsweise des HRB Breitmatte bei HQ _{100+LF} Klima mit HRB Bohrrertal	42
Abbildung 5.3	Speicher- und Flächeninhaltslinie HRB Breitmatte	42
Abbildung 5.4	Bestandssituation im Bereich des geplanten Trenn- und Einleitungsbauwerks	48
Abbildung 5.5	Bereich des geplanten Ausleitungsbauwerks im Bereich der Wonnhaldestraße	50
Abbildung 5.6	Bestandssituation bestehender Grabenzulauf in Richtung Kleingartenanlage	51
Abbildung 5.7	Bestandssituation Zulauf Graben 2 (Beaufschlagung nur bei erhöhten Abflüssen)	52
Abbildung 5.8	Abminderungsbeiwert κ	55
Abbildung 8.1	Visualisierung des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens Bohrrertal, Ansicht des Rückhaltedammes von unterstrom	68
Abbildung 8.2	Visualisierung des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens Bohrrertal, Ansicht des Rückhaltedammes von der Schauinslandstraße	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1	Klimaänderungsfaktoren in Baden-Württemberg (LfU BW, 2005)	9
Tabelle 3.1	Zuflussscheitelwerte verschiedener Jährlichkeiten am HRB Bohrrertal (WALD + CORBE 12/2014)	11
Tabelle 3.2	Technische Daten HRB Bohrrertal	15

Tabelle 3.3	Tosbeckenabmessungen	28
Tabelle 3.4	Hochwasserbemessungsabflüsse HRB Bohrrtal verschiedener Jährlichkeiten (WALD + CORBE 12/2014)	29
Tabelle 3.5	Abflussaufteilung bei Hochwasserentlastung	30
Tabelle 3.6	Wellenlauf und Windstau	31
Tabelle 3.7	Ermittlung der maßgebenden Kronenhöhe	32
Tabelle 5.1	Zuflussscheitelwerte verschiedener Jährlichkeiten am HRB Breitmatte mit und ohne HRB Bohrrtal (WALD + CORBE 12/2014)	41
Tabelle 5.2	Technische Daten HRB Breitmatte	45
Tabelle 5.3	Tosbeckenabmessungen	57
Tabelle 5.4	Hochwasserbemessungsabflüsse HRB Breitmatte verschiedener Jährlichkeiten (WALD + CORBE 12/2014)	58
Tabelle 5.5	Wellenlauf und Windstau	60
Tabelle 5.6	Ermittlung der maßgebenden Kronenhöhe	60

Anhänge

Anhang A	Grunderwerbsverzeichnis
Anhang B	Kampfmittelerkundung

Projektnummer 102.15.091
Projektbearbeitung Dipl.-Ing. J. Koch
Dipl.-Ing. S. Arendt
Dipl.-Ing. H. Lauer
Bericht W:\Freiburg_HWS_Bohrrtal_2015\P01_Berichte\03-Entwurfsplanung\2017-10-
27_HWS_Bohrrtal_Erläuterungsbericht.docx

1 Veranlassung und Ziele

Die Freiburger Stadtteile Günterstal, Wiehre und Haslach werden vom Bohrerbach, in der Folge Höldelebach und Haslacher Dorfbach genannt, durchflossen. Sowohl die im Auftrag des Landes Baden-Württemberg erstellten Hochwassergefahrenkarten für die Gewässer als auch häufig aufgetretene Hochwasserereignisse mit Überflutungen innerhalb der Stadtteile, zuletzt am 18.09.2006, zeigen deutliche Defizite im Hochwasserschutz für diese Stadtgebiete. Abbildung 1.1 zeigt die Situation am 18.09.2006 am Höldelebach entlang der Schwimmbadstraße, die nach aktuellen Untersuchungen am häufigsten überflutet wird und innerhalb des beschriebenen Gewässersystems die größte Schwachstelle darstellt.

Von den Überflutungen sind die angrenzenden Wohn- und Geschäftsgebäude, Schulen, öffentlichen Einrichtungen, Gewerbebetriebe, Infrastruktureinrichtungen, etc. betroffen.

Der Abschnitt der Schwimmbadstraße zwischen Lorettostraße und der Brücke im Zuge der Basler Straße über den Haslacher Dorfbach wird bereits bei ca. 5- bis 10-jährlichen Hochwasserereignissen überflutet. Aufgrund der dichten Bebauung besteht ein hohes Schadenspotential. Die betroffenen Stadtteile sind weit von einem 100-jährlichen Hochwasserschutzgrad entfernt, der derzeit für die Bevölkerung und die weitere Stadtentwicklung angestrebt wird. Dies trifft nicht nur für den Stadtteil Wiehre sondern auch für die Stadtteile Haslach, Vauban und Günterstal zu.



Abbildung 1.1 Hochwasser Wiehre 18.09.2006, Bereich Schwimmbadstraße

Aufgrund der seit längerem bekannten Hochwassersituation wurde von der Stadt Freiburg ab etwa dem Jahr 2002 eine Reihe von hydrologisch-hydraulischen Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die Hochwassersituation für die betroffenen Stadtteile entscheidend zu verbessern. Mit der Veröffentlichung der Hochwassergefahrenkarten für den Bohrerbach / Hölderlebach / Haslacher Dorfbach im Jahre 2014 wurde die Hochwasserproblematik bestätigt und die Planungen zur Verbesserung der Situation von der Stadt Freiburg weiter forciert.

Bei den Untersuchungen wurde schnell deutlich, dass aufgrund der innerörtlich beengten Platzverhältnisse und der dazu vergleichsweise hohen Bemessungsabflüsse ein ausreichend großer und nachhaltiger Hochwasserschutz nur über größere Rückhaltmaßnahmen am Hölderlebach oder im Oberlauf am Bohrerbach erzielt werden kann.

Die vorangegangenen Untersuchungen und Variantenstudien mündeten zuletzt in die Vorzugsvariante mit dem Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens am Bohrerbach oberhalb von Günterstal auf Gemarkung der Gemeinde Horben und mit der erheblichen Vergrößerung eines bestehenden Hochwasserrückhaltebeckens im Gewann Breitmatte zwischen den Stadtteilen Günterstal und Wiehre.

Die vorliegenden, zur Planfeststellung eingereichten Unterlagen beziehen sich auf die Planung des Hochwasserrückhaltebeckens Bohreratal auf Gemarkung der Gemeinde Horben und auf die Vergrößerung des Hochwasserrückhaltebeckens an der Breitmatte auf der Gemarkung Freiburg. Als Schutzziel für die Stauanlagen wurde die Herstellung eines HQ₁₀₀-Schutzes unter Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung gewählt.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigten darüber hinaus auf, dass innerhalb der Ortslage Günterstal weitere örtliche Hochwasserschutzmaßnahmen erforderlich sind, um den Schutz vor einem 100-jährlichen Hochwasser entlang des Bohrerbachs sicherzustellen. Diese Maßnahmen sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Planunterlagen und werden in diesen Unterlagen nur informell dargestellt.

2 Wasserwirtschaftliche Grundlagen

2.1 Projekthistorie

Die wasserwirtschaftlichen Grundlagen für die Planung der beiden Hochwasserrückhaltebecken Bohrerthal und Breitmatte wurden im Rahmen mehrerer vorangegangener Untersuchungen erstellt. In der Untersuchung „Hochwassersicherheit Hölderlebach, Bereich Lorettostraße – Baslerstraße.“ (Ernst + Co, 12/2002) wurde die Leistungsfähigkeit des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs hydraulisch untersucht. Als maßgebende Engstelle wurde der Bereich Schwimmbadstraße lokalisiert. Unter Berücksichtigung begrenzter baulicher Maßnahmen wurde die hydraulische Leistungsfähigkeit auf $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bestimmt. Eine maßgebende Vergrößerung des Gewässerquerschnitts in diesem Abschnitt ist nicht möglich.

Aufbauend auf der ermittelten Leistungsfähigkeit des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs von $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde in der „Gesamtuntersuchung zum Hochwasserschutz Freiburg-Umkirch-Gottenheim“ (Ernst + Co, 10/2006) der Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens Bohrerthal mit einem Volumen von 230.000 m^3 zur Herstellung des Hochwasserschutzes für die Ortslage Freiburg vorgeschlagen.

Um den lediglich rd. 5-jährlichen Hochwasserschutz im Stadtteil Wiehre im Bereich der Schwimmbadstraße zu verbessern wurde durch die „Planungsgemeinschaft Breitmatte“ die Genehmigungsplanung für das derzeitige Hochwasserrückhaltebecken Breitmatte erstellt (Planungsgemeinschaft Breitmatte, 1/2006). Das Hochwasserrückhaltebecken Breitmatte wurde daraufhin gebaut und Anfang des Jahres 2008 fertiggestellt. Es befindet sich auf der Wiesenfläche Breitmatte zwischen den Stadtteilen Wiehre und Günterstal und besitzt ein Rückhaltevolumen von 17.500 m^3 . Der Hochwasserschutz im Bereich der Schwimmbadstraße erhöht sich durch das Hochwasserrückhaltebecken von einem 5-jährlichen auf ein rd. 10-jährliches Hochwasserereignis.

Zur Herstellung des angestrebten, mindestens 100-jährlichen Hochwasserschutzes entlang des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs wurden Standortuntersuchungen für potentielle Hochwasserrückhaltemaßnahmen im Bohrerthal (Ernst + Co, 7/2010,) durchgeführt. Hierbei wurden potentielle Standorte für Hochwasserrückhaltebecken entlang des Bohrerbachs/Hölderlebachs untersucht und in ihrer hydrologischen Wirkung bewertet. So wurde der Hochwasserrückhaltebecken-Standort 3a direkt oberhalb von Günterstal mit einem Rückhaltevolumen von 230.000 m^3 als eine potentielle Lösung zur Herstellung eines 100-jährlichen Hochwasserschutzes vorgeschlagen.

Mit der vorläufigen Veröffentlichung der Hochwassergefahrenkarten für den Bohrerbach bzw. Hölderlebach Anfang 2012 (Plausibilisierungsphase) wurde die große Hochwassergefährdung entlang des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs bestätigt. Die Hochwassergefahrenkarten zeigen zusätzlich, dass es durch Ausbordungen aus dem Hölderlebach ab etwa HQ_{50} zu einer Flutung des Loretto-Tunnels im Stadtteil Wiehre kommt. Das aus dem Hölderlebach ausgebordete Wasser wird dem Geländeeinschnitt der Bahntrasse des Loretto-Tunnels zugeführt und fließt dem daran angrenzenden Stadtteil Vauban zu. Dies führt zu einer erheblichen Vergrößerung der bis dahin bekannten Überflutungsflächen und zu einer deutlichen Zunahme der im Hochwasserfall betroffenen Gebäude.

Aufgrund der erheblich größeren Betroffenheit im Hochwasserfall wurden die Planungen zur Herstellung des Hochwasserschutzes durch die Stadt Freiburg weiter intensiviert. Hierzu wurde WALD + CORBE mit einer hydrologischen Optimierung der damals favorisierten Lösung mit dem Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens am Standort 3a oberhalb von Günterstal beauftragt. Durch die Übernahme und Detaillierung des bestehenden Flussgebietsmodells konnte die Beckensteuerung so modifiziert werden, dass mittels einer adaptiven Beckenabgabe (abhängig von der Füllung des Hochwasserrückhaltebeckens) unter Beibehaltung des Rückhaltevolumens von 230.000 m³ der Schutzgrad von HQ₁₀₀ auf HQ₁₀₀ mit Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung erhöht (HQ_{100+LF Klima}) werden konnte (WALD + CORBE, 7/2013).

Auf Basis der hydrologischen Optimierung wurde die Vorplanung für das Hochwasserrückhaltebecken Bohrerthal am Standort 3a direkt oberhalb von Günterstal bis zum Jahresende 2013 durch das Büro WALD + CORBE erstellt. Am vorgesehenen Beckenstandort war zur Schaffung des benötigten Volumens von 230.000 m³ neben der Errichtung eines rd. 13 m hohen und 230 m langen Rückhaltedammes auch die Verlegung der dortigen Schauinslandstraße auf einer Länge von 640 m erforderlich. Zusätzlich dazu wurde eine großflächige Abgrabung innerhalb des Stauraums mit einem Gesamtvolumen von ca. 30.000 m³ benötigt. Die daraus resultierenden negativen Einflüsse auf das Landschaftsbild mit einem hohen Damm, unmittelbar im Anschluss an die Wohnbebauung und die Ökologie (Habitat der Haselmaus) führten dazu, dass der Standort 3a als nicht realisierbar eingestuft wurde.

Daran anschließende hydrologische Untersuchungen fanden mit dem Ziel statt, Alternativen zum Standort 3a aufzuzeigen (WALD + CORBE, 12/2014, siehe Anlage 6.1, siehe Abbildung 2.1).

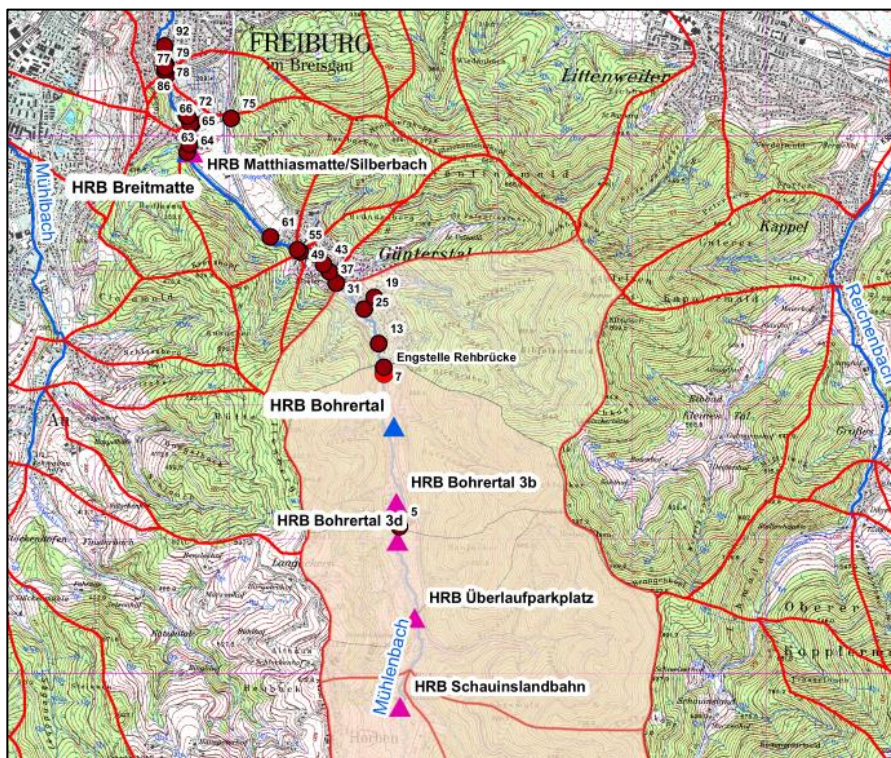


Abbildung 2.1 Übersicht hydrologische Standortuntersuchungen (WALD+CORBE 12/2014)

Hierbei wurden potentielle Standorte für Hochwasserrückhaltebecken im Bohrrtal sowohl als Einzelbecken wie auch in Kombination mehrerer Becken, untersucht. Hierzu gehörten auch die Kombinationen eines Hochwasserrückhaltebeckens Bohrrtal mit einem potentiellen Hochwasserrückhaltebecken an der Matthiasmatte und eine Vergrößerung des Hochwasserrückhaltebeckens Breitmatte. In einer gesamtschau-lichen Abwägung durch die Stadt Freiburg wurde aufbauend auf dieser Untersuchung eine Vorzugslösung festgelegt.

Demnach soll entlang des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs ein 100-jährlicher Hochwasserschutz unter Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung realisiert werden. Zum Erreichen der unveränderten Zielgröße von $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ im Bereich der Schwimmbadstraße ist im Bohrrtal auf der Gemarkung Horben der Bau des Hochwasserrückhaltebeckens Hochwasserrückhaltebecken Bohrrtal am Standort 3d mit einem Rückhaltevolumen von mindestens 190.000 m^3 vorgesehen (siehe Abbildung 2.2). Das Hochwasserrückhaltebecken ist adaptiv in Abhängigkeit des Beckenwasserstandes zu steuern und reduziert den Spitzenabfluss $HQ_{100+LF \text{ Klima}}$ von $20,3 \text{ m}^3/\text{s}$ auf eine Abgabe von maximal $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Zusätzlich wird die Vergrößerung des vorhandenen Hochwasserrückhaltebeckens Breitmatte auf der Gemarkung Freiburg zur Kontrolle der Abflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet erforderlich. Hierzu muss das derzeitige Rückhaltevolumen von rd. 17.000 m^3 auf rd. 40.000 m^3 erhöht werden. Dies ist durch den Bau eines höheren und längeren Rückhaltedammes geplant. Weiterhin muss das im Nebenschluss angeordnete Hochwasserrückhaltebecken gesteuert befüllt werden. Zur gesteuerten Befüllung ist der Bau eines Trenn- und Einleitungsbauwerks im Hölderlebach erforderlich. Das geplante Hochwasserrückhaltebecken Breitmatte reduziert damit den Scheitelabfluss im Hölderlebach von $HQ_{100+LF \text{ Klima}} = 15,0 \text{ m}^3/\text{s}$ unter Berücksichtigung des HRB Bohrrtal auf eine konstante Regelabgabe von $HQ_{100+LF \text{ Klima}} = 10,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

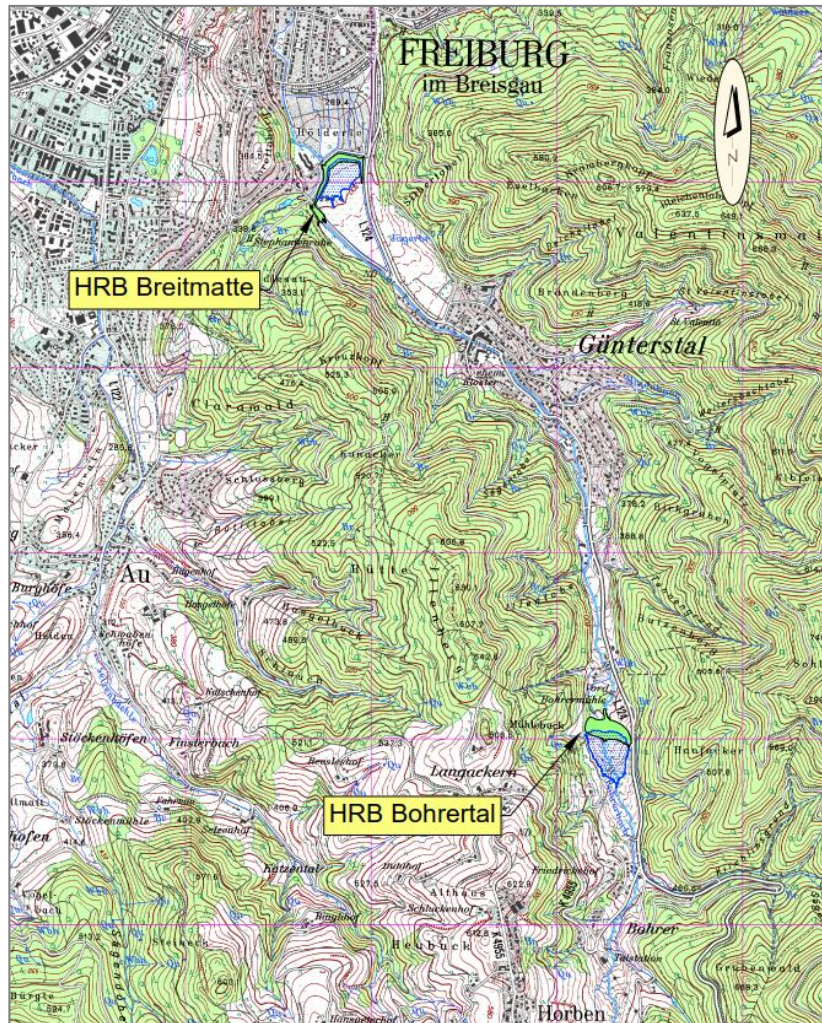


Abbildung 2.2 Übersichtslageplan der Beckenstandorte HRB Bohrerthal (Standort 3d) und HRB Breitmatte

2.2 Hochwasserabflüsse aus hydrologischem Flussgebietsmodell

Für die flächendetaillierte Berechnung der bei Hochwasser anfallenden Wassermengen wurde ein hydrologisches Flussgebietsmodell erstellt, in dem das gesamte Einzugsgebiet des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs bis zum HRB Dietenbach (Gemarkung Umkirch, auf Höhe der A5) erfasst wird (Ernst + Co, 7/2010). Dieses bildet das rd. 120 km² große Einzugsgebiet des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs bis hin zur Ortslage Gotenheim nach. Das Modell besteht aus 157 Modellknoten mit denen für jedes Teilgebiet unter Berücksichtigung der gebietscharakteristischen Eigenschaften der Niederschlag-Abfluss-Prozess modelliert wird. Alle Teilgebiete sind im Flussgebietsmodell über das ebenfalls erfasste Gewässersystem miteinander verknüpft. Im Zuge der Steuerungsoptimierung (WALD + CORBE, 7/2013) wurden die Ergebnisse durch zusätzliche Berechnung von Fließzeiten und vorhandenen Retentionsvolumina ergänzt. Hierdurch kann der Ablauf der Hochwasserwellen in den einzelnen Gewässerstrecken nachgebildet werden. Der damit vorliegende, hohe

Detailierungsgrad war notwendig, um die möglichen Standorte für Hochwasserrückhaltebecken berücksichtigen und untersuchen zu können. Das Einzugsgebiet des Bohrerbachs mit der Aufteilung in die Teileinzugsgebietsflächen der HRB-Standorte ist in Abbildung 2.3 dargestellt.

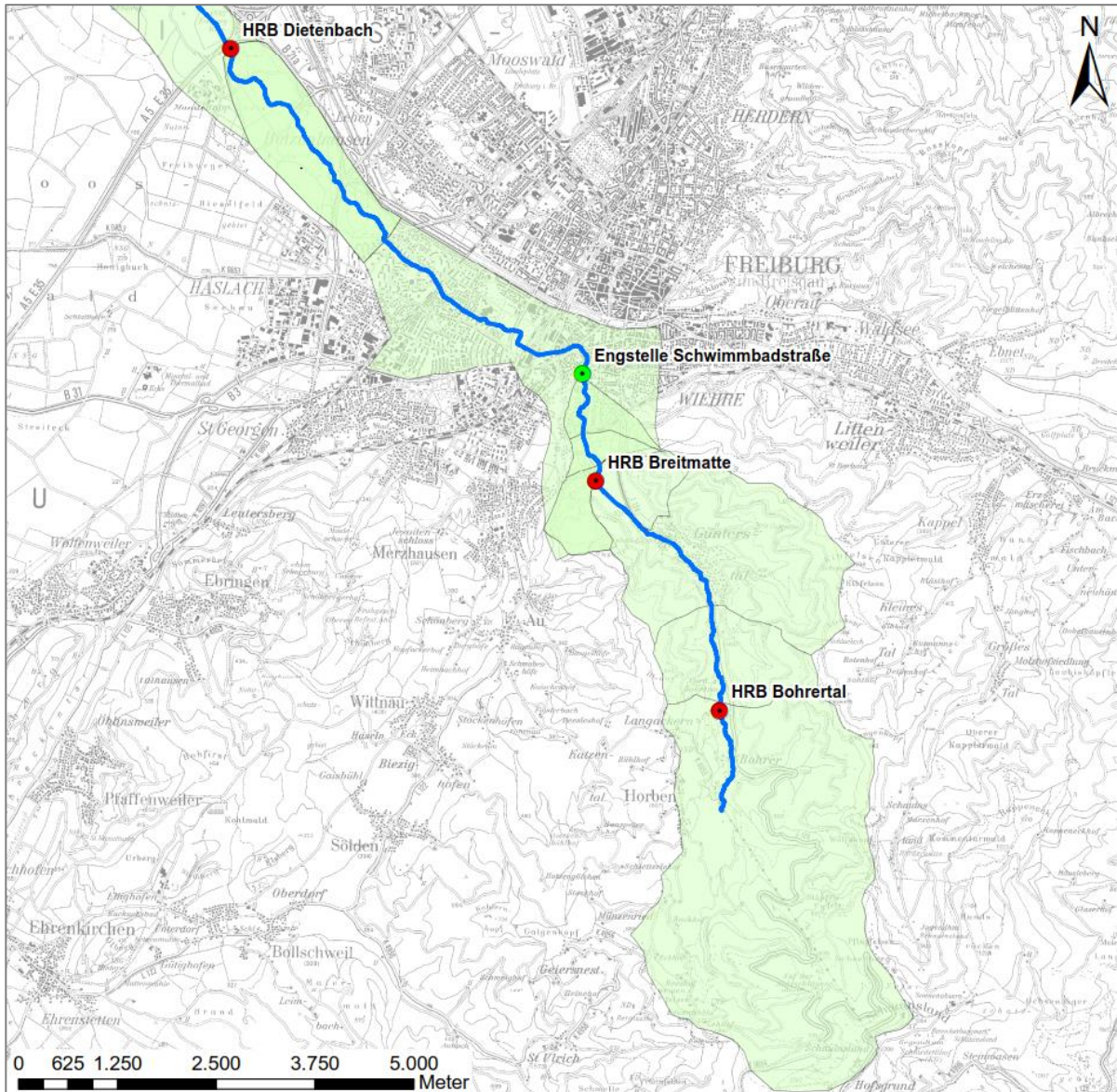


Abbildung 2.3 Übersicht Einzugsgebiet Bohrerbach bzw. Hölderlebach

2.2.1 Bemessungsniederschläge im Flussgebietsmodell

Für das Flussgebietsmodell werden zur Bestimmung der Abflusswerte Niederschlagshöhen benötigt. Hierzu wurden im Flussgebietsmodell (Ernst + Co, 10/2006, 7/2010) die „KOSTRA-1997-Starkniederschlagshöhen“ des DWD verwendet. Während den hydrologischen Untersuchungen kam es zu einer Fortschreibung der „KOSTRA-Starkniederschlagshöhen“ von KOSTRA-1997 auf KOSTRA-2000 durch den DWD. Ernst + Co führte eine Untersuchungen über die Auswirkungen für das hydrologische Modell zwischen den KOSTRA-1997 und

KOSTRA-2000-Starkniederschlagshöhen durch, mit dem Ergebnis, dass es zu keiner signifikanten Änderungen der Bemessungsabflüsse kommt. Es wurde daher vereinbart, die KOSTRA-1997-Starkniederschlagshöhen für das hydrologische Modell beizubehalten (Ernst + Co, 10/2006). 2016 wurden die KOSTRA-Starkniederschlagshöhen durch den DWD abermals aktualisiert (KOSTRA-2010). Allgemeine Testanwendungen durch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT, J. Ihringer, M. Helms, 12/2016) ergaben, dass die neuen KOSTRA-2010 Niederschläge bei N-A-Modellierungen zu nicht plausiblen Ergebnissen führen. In einer hierauf basierenden Handlungsempfehlung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg vom 16.01.2017 wird daher empfohlen, die KOSTRA-2000 Starkniederschlagshöhen weiterzuverwenden. Dementsprechend erfolgte die Bemessung der beiden Hochwasserrückhaltebecken auf Basis der im Modell von Ernst + Co. 7/2010 verwendeten KOSTRA-1997-Starkniederschlagshöhen.

Lastfall Klimaänderung

Im Rahmen des Gemeinschaftsvorhabens „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft (KLIWA)“ der Länder Baden-Württemberg und Bayern sowie des Deutschen Wetterdienstes, wurde im Jahr 2004 nachgewiesen, dass Hochwasserereignisse in den letzten 30 Jahren häufiger auftraten und zukünftig aufgrund der Klimaänderung von einer Erhöhung der Hochwasserabflüsse auszugehen ist.

Diese Erkenntnisse wurden von der damaligen Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU BW) in den Leitfaden zur Festlegung von Bemessungsabflüssen (LfU BW, 2005) eingearbeitet. Hier findet man konkrete Angaben zu den zu erwartenden Folgen der Klimaänderung. Für das Einzugsgebiet des Bohrerbachs wird für die 100-jährlichen Hochwasserabflüsse (HQ_{100}) bis zum Jahre 2050 eine Erhöhung von 15 % der Bemessungsniederschläge angegeben (siehe Abbildung 2.4 und Tabelle 2.1).

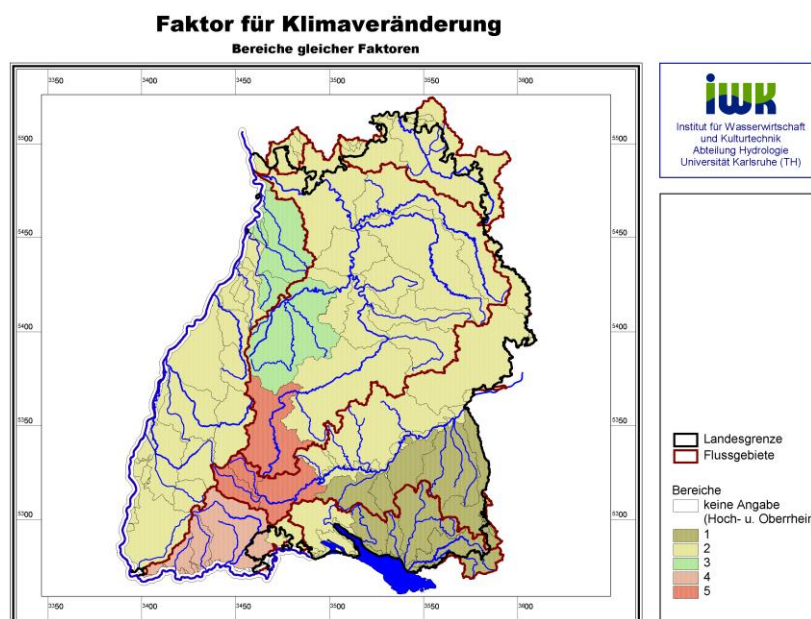


Abbildung 2.4 Klimaänderungsfaktoren, Regionen in Baden-Württemberg mit einheitlichen Klimaänderungsfaktoren (LfU BW, 2005)

Tabelle 2.1 Klimaänderungsfaktoren in Baden-Württemberg (LfU BW, 2005)

T [Jahre]	Klimafaktoren				
	1	2	3	4	5
2	1,25	1,50	1,75	1,50	1,75
5	1,24	1,45	1,65	1,45	1,67
10	1,23	1,40	1,55	1,43	1,60
20	1,21	1,33	1,42	1,40	1,50
50	1,18	1,23	1,25	1,31	1,35
100	1,15	1,15	1,15	1,25	1,25
200	1,12	1,08	1,07	1,18	1,15
500	1,06	1,03	1,00	1,08	1,05
1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Bemerkung: für Jährlichkeiten T > 1000 a ist der Faktor gleich 1,0

2.3 Überflutungssituation aus hydraulischen Fließgewässermodellen

Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Hölderlebachs in der Ortslage Freiburg fanden Berechnungen mit 1D und 2D hydraulischen Modellen statt (Ernst + Co, 12/2002, 10/2006). Durch eine Analyse der Schwachstellen entlang des Bohrerbachs bzw. Hölderlebachs wurde dabei die benötigte Abflussdrosselung zur Herstellung des Hochwasserschutzes für die Stadt Freiburg festgelegt. Unter Berücksichtigung begrenzter baulicher Maßnahmen wurde die hydraulische Leistungsfähigkeit auf 12,5 m³/s im Bereich der Schwimmbadstraße bestimmt. Eine maßgebende Vergrößerung des Gewässers in diesem Bereich ist nicht möglich.

Die hydraulischen Untersuchungen der Gewässerleistungsfähigkeit bildeten die Grundlage für das ursprüngliche Planungskonzept und die Auswahl und Dimensionierung der Beckenstandorte (Ernst + Co 7/2010). Die weitergehenden Steuerungsoptimierungen und Standortuntersuchungen (WALD + CORBE 7/2013 und 12/2014) wurden mit den Zielwerten aus den hydraulischen Berechnungen durchgeführt. Somit wird unter Berücksichtigung begrenzter baulicher Maßnahmen in der Schwimmbadstraße (nicht Teil der vorliegenden Planung) mit der vorliegenden Planung ein 100-jährlicher Hochwasserschutz mit Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung für den Bohrerbach bzw. Hölderlebach unterstrom des HRB Breitmatte erreicht.

Zwischen dem HRB Bohrerthal und dem HRB Breitmatte kommt es gegenüber dem ursprünglichen Planungskonzept (Ernst + Co, 7/2010) zu veränderten Hochwasserabflüssen. Um die hieraus resultierende Hochwassersituation im Ortsteil Günterstal zu bewerten, wurde eine hydraulische Untersuchung für den Bohrerbach in Günterstal durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass es trotz der starken Drosselwirkung des HRB Bohrerthal bei $HQ_{100+LF\text{ Klima}}$ weiterhin bereichsweise zu Ausbordungen kommt. Hierbei entsteht eine Gefährdung der an das Gewässer angrenzenden Wohnbebauung. Für den Stadtteil Günterstal sind daher ergänzende lokale Hochwasserschutzmaßnahmen erforderlich (siehe Kapitel 7.2). Diese sind nicht Teil der vorliegenden zur Planfeststellung eingereichten Unterlagen, sondern sollen später in einem eigenen Wasserrechtsverfahren behandelt werden.

3 Planung des HRB Bohrertal

Auf Basis von zahlreichen vorangegangenen Untersuchungen resultiert für das HRB Bohrertal aus der Vorzugslösung für einen 100-jährlichen Hochwasserschutz unter Berücksichtigung des sog. „Lastfall Klimaänderung (HQ_{100+LF Klima})“ ein Rückhaltevolumen von mindestens 190.000 m³. Im Folgenden werden die Planung und die Funktionsweise des HRB Bohrertal ausführlich erläutert.

3.1 Vermessungsgrundlage

Vom Vermessungsamt der Stadt Freiburg wurden Vermessungsdaten der Bestandsgelände im Höhensystem DHHN92 zur Verfügung gestellt.

Die Bestandsdaten des Schmutzwasserkanals (Abwasserzweckverband Breisgauer Bucht, AZV) wurden im Höhensystem DHHN12 angegeben.

Um in den Genehmigungsunterlagen ein einheitliches Höhensystem (DHHN92) verwenden zu können, wurde nach Abstimmung mit dem Vermessungsamt für den Standort des HRB Bohrertal ein Umrechnungswert von DHHN12 zu DHHN92 von -44 mm vorgegeben. Die Sohl- und Schachthöhen des AZV-Kanals wurden entsprechend umgerechnet.

3.2 Standortfestlegung und Dammtrassierung

Der Beckenstandort befindet sich auf Gemarkung der Gemeinde Horben zwischen den Ortslagen Günterstal und Horben auf Höhe der Bushaltestelle Horben-Küchlin in der Talaue des Bohrerbachs östlich der Schauinslandstraße (L124). Die Achse des Rückhaltedammes verläuft senkrecht zum Bohrerbach und wird für eine bessere Einbindung in das Landschaftsbild im Anschlussbereich an die Schauinslandstraße leicht geschwungen ausgeführt.

Das Vollstauziel des HRB Bohrertal wurde auf 414,20 m ü. NHN festgelegt und die maximale Dammkronenhöhe beträgt 415,90 m ü. NHN. Bei der Festlegung der Dammgeometrie wurde darauf geachtet, dass der Flächenbedarf möglichst gering gehalten wird.

Das HRB Bohrertal ist als „großes Becken“ gemäß DIN 19700-12 einzuordnen, da die Höhe von der Gründungssohle bis zur Dammkrone in der Achse des Absperrbauwerks mehr als 15 m beträgt. Bei der Ermittlung der Bemessungsabflüsse ist bei „großen Becken“ für BHQ₁ ein HQ_{1.000} und für BHQ₂ ein HQ_{10.000} anzusetzen.

3.3 Hydrologische Bemessungsgrößen

Die hydrologischen Grundlagen zur Bemessung des HRB Bohrertal sind in Kapitel 2 beschrieben. Das Rückhaltevolumen wird auf ein 100-jährliches Hochwasserereignis einschließlich des sog. „Lastfall Klimaänderung“ ausgelegt. In Kombination mit der Erweiterung des HRB Breitmatte ist für das HRB Bohrertal ein Rückhaltevolumen von mindestens 190.000 m³ erforderlich. Das HRB Bohrertal ist als gesteuertes Becken kon-

zipt, d. h. der Abfluss aus dem Becken ist von der Öffnungsweite der Verschlussorgane im Auslassbauwerk, dem Wasserstand im Becken und dem Unterwasserstand im Bohrerbach abhängig. Die Steuerung erfolgt adaptiv (ereignisangepasst) nach dem Wasserstand im Beckenraum, wobei die Beckenabgabe zwischen $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und max. $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ bei Vollstau liegt. Eine ausführliche Beschreibung der Steuerungslogik erfolgt in Kapitel 3.6.3.

In Tabelle 3.1 sind die derzeitigen und die geplanten Abflussverhältnisse im Bohrerbach zusammengestellt. Es wird ersichtlich, dass der Abfluss bei einem $HQ_{100+LF \text{ Klima}}$ um rd. 65 % von derzeit rd. $20 \text{ m}^3/\text{s}$ auf rd. $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ gedrosselt wird.

Tabelle 3.1 Zufluss- und Abflusswerte verschiedener Jährlichkeiten am HRB Bohrerbach (WALD + CORBE 12/2014)

	HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ _{100k}	HQ _{1.000}	HQ _{10.000}
Zulauf HRB Bohrerbach [m ³ /s]	4,2	6,0	8,4	10,9	14,9	17,7	20,5	34	60
Abgabe HRB Bohrerbach [m ³ /s]	4,2	4,8	4,8	4,8	5,0	6,5	7,0	31	60

In Abbildung 3.1 sind die zeitlichen Verläufe des Einstau- und Entleerungsvorganges für die maßgebenden Abflussszenarien dargestellt:

$HQ_{100+LF \text{ Klima}}$ mit dem höchsten Scheitelwert von $20,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (2 Stunden-Regen)

$HQ_{100+LF \text{ Klima}}$ aus dem das größte Einstauvolumen resultiert (24 Stunden-Regen)

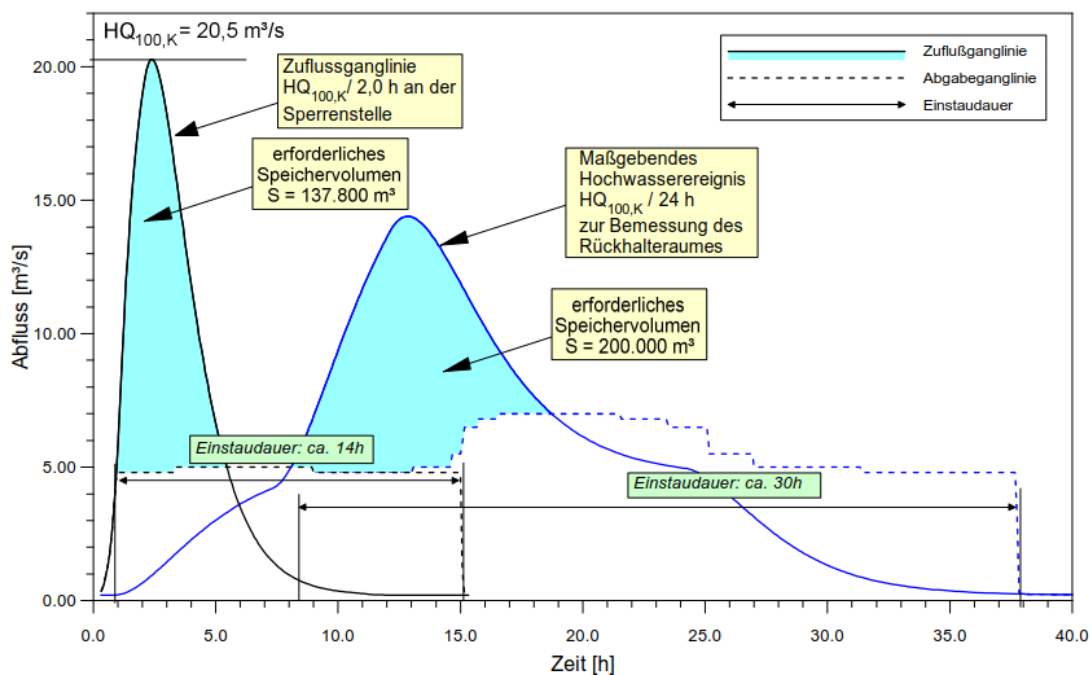


Abbildung 3.1 Wirkungsweise des HRB Bohrerbachs beim $HQ_{100+LF \text{ Klima}}$

Für die Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens wird das größte Einstauvolumen zugrunde gelegt, das sich bei der Ganglinie eines $HQ_{100+LF\text{ Klima}}$ infolge eines 24 Stunden-Regens ergibt. Der Beckeneinstau bzw. die Füllung des Rückhalteraumes beginnt bei einem Abfluss im Boherbachs von $4,8\text{ m}^3/\text{s}$. Die maximale Beckenabgabe beträgt $7,0\text{ m}^3/\text{s}$. Für das Bemessungsereignis $HQ_{100+LF\text{ Klima}} / 24\text{ Stunden-Regen}$ beträgt die Dauer der Füllung und Entleerung ca. 30 Stunden.

Der Spitzenabfluss von $20,5\text{ m}^3/\text{s}$ bei $HQ_{100+LF\text{ Klima}}$ tritt im Bohrerbach in Folge eines 2 Stunden-Regens auf. Hierbei wird ein Rückhaltevolumen von ca. 138.000 m^3 benötigt. Die Dauer der Füllung und Entleerung beträgt hierbei ca. 14 Stunden.

Um das in der Hochwasserschutzkonzeption geforderte Rückhaltevolumen von mindestens 190.000 m^3 zur Verfügung zu stellen, wurde eine maximale Einstauhöhe von $414,20\text{ m ü. NHN}$ gewählt. Das für dieses Stauziel mit Hilfe eines digitalen Geländemodells (DGM) ermittelte Rückhaltevolumen beträgt unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlages rd. 200.000 m^3 . Das Becken ist so bemessen, dass dieses Vollstauziel bei einem $HQ_{100+LF\text{ Klima}}$ erreicht wird. In Abbildung 3.2 ist die Speicher- und Flächeninhaltslinie für das HRB Bohrertal dargestellt. Aus dem Diagramm ist ablesbar, dass die überstaute Fläche bei Vollstau rd. $4,4\text{ ha}$ beträgt.

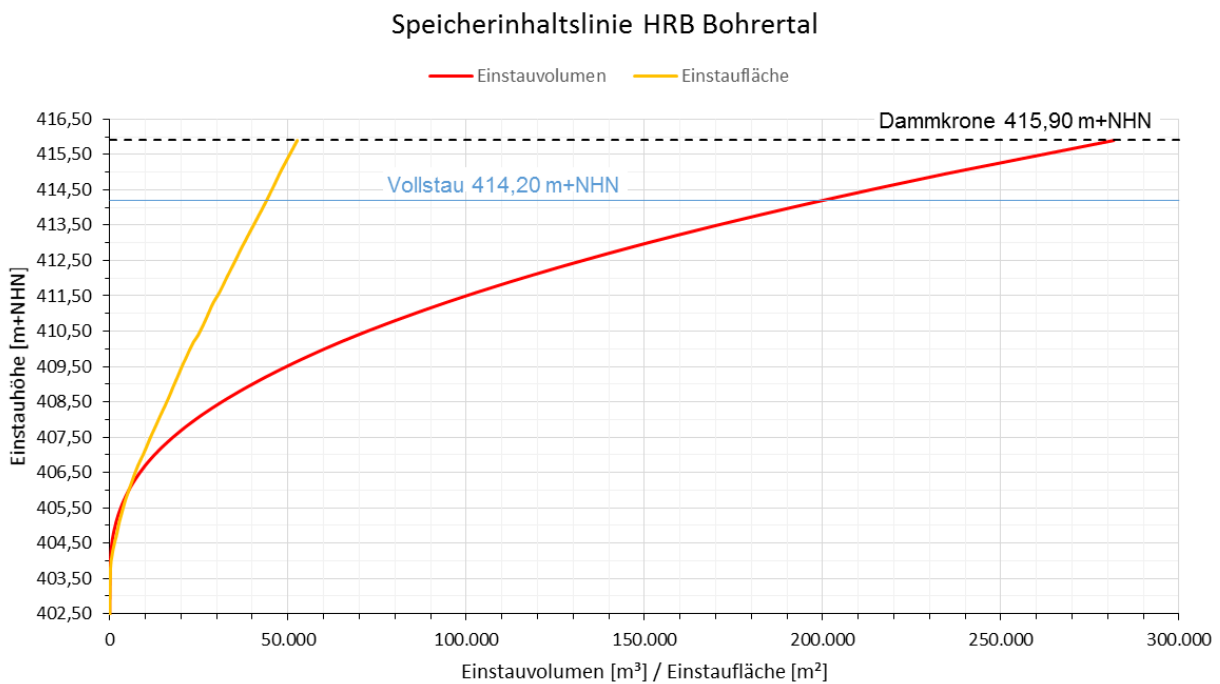


Abbildung 3.2 Speicher- und Flächeninhaltslinie HRB Bohrertal

3.4 Geotechnisches Gutachten

Zur Klärung der bodenmechanischen Gegebenheiten und Erfordernisse, die beim Bau des HRB Bohrrtal zu beachten sind, wurde durch die Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH (GGU), Am Römerbad 23/1, 74613 Öhringen, eine Baugrunderkundung durchgeführt und ein geotechnischer Entwurfsbericht erstellt. Darin sind die für den Bau des Dammes und die Gründung des Auslassbauwerkes erforderlichen erdstatischen Berechnungen und Nachweise enthalten. Das Hochwasserrückhaltebecken Bohrrtal ist nach den Vorgaben der geotechnischen Gutachten geplant. Die nachfolgenden Abschnitte stellen eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Berichte dar, welche den eingereichten Genehmigungsunterlagen als Anlage 4.1 und 4.2 beiliegen.

3.4.1 Baugrund

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des Baufeldes wurden mit insgesamt 11 Bohrungen (max. Tiefe 15 m), einer Rammkernsondierung (Endtiefe: 6,7 m) sowie zwei schweren Rammsondierungen (max. Tiefe 8 m) erkundet. Ergänzend dazu wurden noch vier Schürfe hergestellt. Nach den Bohrergebnissen zeigt sich folgender Untergrundaufbau:

- Mutterboden

Der Mutterboden ist ein brauner bis rötlichbrauner z. T. grauer, schwach humushaltiger, schwach toniger, sandiger Schluff, der nach DIN 18196 in die Gruppe der Böden mit organischen Beimengungen (OT, OU) eingestuft wird. Die Konsistenz ist je nach Witterung weich bis halbfest. Der Mutterboden wird vor Baubeginn abgeschoben (i. M. 30 cm), zwischengelagert und nach Abschluss der Baumaßnahme wieder auf den entsprechenden Flächen (Rückhaltedamm, BE-Flächen usw.) angeeckt.

- Hangablagerungen (Hanglehm, Hangschutt)

Innerhalb des Untersuchungsgebiets werden sowohl feinkörniger Hanglehm als auch gemischtkörniger Hangschutt angetroffen. Der Hanglehm wird als sandiger bis stark sandiger, toniger Schluff mit geringem Anteil an kantigem Kies vorgefunden. Die Konsistenz ist überwiegend steif (bereichsweise aber auch weich). Beim Hangschutt lagern Gesteinsbruchstücke in Kies-, Stein- und Blockgröße in einer sandig-schluffigen Bodenmatrix. Die Konsistenz ist meist steif oder weich bis steif. Die Hangablagerungen sind stark wasser- und frostempfindlich.

- Talablagerungen (Talschotter, Decklehm)

Die Talschotter (Geröll) in Kies-, Stein- und Blockgröße sind meistens abgerundet bis schwach gerundet, lokal auch gerundet und weisen überwiegend nur einen geringen Feinkornanteil auf. Meistens ist eine enge Verzahnung mit den Hangablagerungen vorhanden, die eine Unterscheidung nach Entstehung erschwert. Die Talschotter sind lokal von geringmächtigen Decklehmen in Form von sandigen Schluffen überdeckt.

- **Gesteinsgrusbildungen**

Die Umwandlung von kristallinen Festgesteinen des Grundgebirges in sandige bis feinkiesige Lockergesteine bei vollkommener Erhaltung ihres Gefüges wird als Vergrusung bezeichnet. Der Gesteinsgrus und die gelösten Festgesteine bilden das Ausgangsmaterial, aus dem durch Erosion, Transport, Verwitterung und Ablagerung die meisten quartären Ablagerungen im untersuchten Bereich entstanden sind. Der Gesteinsgrus bildet den Übergang zwischen den quartären Ablagerungen und dem unterlagernden kristallinen Festgestein. Die anstehenden metamorphen Gesteine sind deutlich stärker vergrust als der Granit.

3.4.2 Abfalltechnische Klassifizierung

Zur abfalltechnischen Klassifizierung der Aushubmaterialien im Bereich der Dammaufstandsfläche wurde aus den vier Schürfen jeweils eine Mischprobe entnommen und analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass das Aushubmaterial entsprechend der Einstufung Z0* IIIA (VwV Boden) wiederverwertet werden kann.

Das Material ist hinsichtlich Betonaggressivität in keine Expositionsklasse und hinsichtlich Stahlaggressivität in Bodenklasse I a (praktisch nicht aggressiver Boden) einzustufen.

3.4.3 Grundwasserverhältnisse

Die in den Bohrungen und Sondierungen eingemessenen Grundwasserstände sind in den Bohrprofilen dargestellt. Im Untersuchungsgebiet kann zwischen einem Porengrundwasserleiter und einem Kluftgrundwasserleiter unterschieden werden. Der Porengrundwasserleiter wird von den durchlässigen kiesigen und sandigen Schichten der Hangablagerungen, der Talschotter und den vergrusten Bereichen gebildet. Der Kluftgrundwasserleiter ist in den klüftigen bis stark klüftigen Metatexiten und Graniten ausgebildet. Die Speisung erfolgt durch Versickerung aus den überlagernden Porengrundwasserleitern oder durch lokale Exfiltration aus dem Bohrerbach.

Zur Bestimmung der Grundwasserbeschaffenheit wurde eine Grundwasserprobe entnommen und hinsichtlich Beton- und Stahlaggressivität analysiert. Das Grundwasser ist demnach in Expositionsklasse „XA2“ (chemisch mäßig angreifend) einzustufen. Die Stahlaggressivität ist sehr gering.

3.5 Ausbildung des Hochwasserschutzdammes

Der Rückhaltedamm verläuft in West-Ost-Richtung senkrecht zum Bohrerbach. Am westlichen Ende bindet der Dammkörper an das Bestandsgelände ein, während er am östlichen Ende an die bestehende Abfahrt im Bereich der Bushaltestelle Horben-Küchlin an der Schauinslandstraße (L124) anschließt (siehe Anlage 2.1.3). Die Kronenlänge beträgt ca. 280 m. Der neu hergestellte Radweg, der entlang der Schauinslandstraße verläuft, wurde bei der Beckenplanung berücksichtigt.

Um eine möglichst gute Einbindung in die Landschaft zu erreichen, ist ein begrünter Erddamm vorgesehen. Die Hochwasserentlastungsanlage (HWEA) wird in das Auslassbauwerk integriert (siehe Kapitel 3.6). Der Damm wird luft- und wasserseitig im unteren Bereich mit Böschungsneigungen von 1:2,5 hergestellt und

bindet durch Ausrundungen in das bestehende Gelände ein. Oberhalb der Bermenwege, wird der Damm beidseitig mit einer Böschungsneigung von 1:2 bzw. 1:2,5 ausgeführt. Die Dammkrone liegt luftseitig auf einer Höhe von 415,90 m ü. NHN.

Die Kronenbreite des Dammes beträgt 5,0 m und erhält eine Querneigung von 2,5 % zur Wasserseite. Die Breite der Bermen in der Dammböschung beträgt 6,0 m mit einer Querneigung von 2,5 % zum jeweiligen Böschungsfuß. Der Dammkronenweg und die Bermenwege werden als Schotterweg ausgeführt.

Der Zugang zur Dammkrone und zum Auslassbauwerk ist auch bei in Betrieb befindlicher Hochwasserentlastungsanlage vom östlichen Damme von der Schauinslandstraße möglich.

In Tabelle 3.2 sind die wesentlichen Kenngrößen des HRB Bohrrtal zusammengestellt.

Tabelle 3.2 Technische Daten HRB Bohrrtal

Auslegung des Speicherinhalts	HQ _{100+LF} Klima
Kronenhöhe	415,90 m ü. NHN
Beckeninhalt	ca. 200.000 m ³
Maximale Beckenabgabe	4,8 - 7,0 m ³ /s
Maximale Dammhöhe im Bereich der Dammachse	ca. 13,5 m
Kronenlänge	280 m
Kronenbreite	5,0 m
Maximale Dammbreite mit Ausrundungsbereich	95 m
Böschungsneigung – Damm	1:2 / 1:2,5
Vollstau Z _v	414,20 m ü. NHN
Bemessungshochwasser B HQ ₁ (= HQ _{1.000})	31 m ³ /s
Bemessungshochwasser B HQ ₂ (= HQ _{10.000})	60 m ³ /s
Klassifizierung DIN 19700	Großes Becken

3.5.1 Dammregelquerschnitt

Der Rückhaltedamm wird gemäß den Anforderungen aus dem geotechnischen Entwurfsbericht als Zonendamm hergestellt. Dieser besteht aus einem Stützkörper, einem wasserseitigen Dichtungskörper mit darunterliegender Filterschicht sowie einer Sohldränage luftseitig des Dichtungskörpers (siehe Anlage 2.2.1). Eine ausreichende Filterstabilität zwischen den jeweiligen Materialien ist im Zuge der Materialauswahl nachzuweisen. Zur Kontrolle der prognostizierten Sickerwassermengen (10 bis 100 l/h je lfd. m) wird am luftseitigen Böschungsfuß eine Dränageleitung DN 200 mit Kontrollschächten vorgesehen.

In den Randbereichen ist das Bestandsgelände teilweise in Richtung Stauraum geneigt, sodass die Sohldränage nicht in Richtung des luftseitigen Böschungsfußes ausgeführt werden kann. Da aber davon auszugehen ist, dass die dort anfallenden Dränwassermengen in der Sohldränage in Dammlängsrichtung in Richtung Bohrerbach hin fließen, kann in diesen Bereichen auf die Dränageleitung verzichtet werden.

3.5.2 Dichtwand als Untergrundabdichtung

Zur Sicherung gegen Suffosions- und Erosionserscheinungen sowie zur Verhinderung der Unter- und Umströmung ist eine Untergrundabdichtung mittels einer Dichtwand vorgesehen. Die Dichtwand soll als Einphasenschlitzwand mit einer Mindestbreite von 1,0 m ausgebildet werden und muss mindestens 0,5 m in den verwitterten Gneis einbinden. Daraus resultiert eine Tiefe von stellenweise bis zu 6,0 m. Die Dichtwand verläuft im Untergrund unterhalb des Dichtungskörpers entlang der Dammachse. Die Dichtwand beginnt und endet dort, wo die Talflanken die Höhe des Vollstauziels $Z_v = 414,20$ m ü. NHN erreichen.

Zur Beurteilung der Einflüsse der Dichtwand auf die Grundwassersituation steht die Auswertung der Baugrunderkundung HRB Bohreratal zur Verfügung (siehe Anlage 4.1). Hierin werden die in der Untergrunderkundung angetroffenen Bodenschichtungen sowie die angetroffenen Grundwasserstände ausgewiesen.

Demnach gliedert sich der Untergrund in einen Porengrundwasserleiter (Sand und Kies, teilweise schluffig) und einen darunter liegenden, gering durchlässigen Kluftgrundwasserleiter (Gneis). Die angetroffenen Grundwasserstände liegen oberhalb des Gneisniveaus im Porengrundwasserleiter. Die Flurabstände liegen zwischen 5,80 m (B2) und 0,65 m (B5) und zeigen damit eine hohe Varianz. Die Grundwasserstände nahe des Gewässers liegen zwischen 0,80 m (B8) und 1,60 m (B6) unter der Gewässersohle, was auf exfiltrierende Verhältnisse (Messung im August, eher niedrige Ausgangslage) hindeutet.

Die erforderliche Dichtwand bindet mindestens 0,5 m in den Gneis ein und erstreckt sich in der Talaue über eine Breite von rd. 260 m. Es ist davon auszugehen, dass diese voraussichtlich den Porengrundwasserleiter aufstauen wird. Der voraussichtliche Grundwasseraufstau würde durch Exfiltration in den Bohrerbach begrenzt. Eine Abschätzung des möglichen Grundwasseraufstaus ergibt sich durch die Differenz zwischen gemessenem Grundwasserstand von 400,48 m ü. NHN (B6) und geplanter Bauwerkssohle des Bohrerbachs im Trennbauwerk mit 402,15 m ü. NHN und beträgt rd. 1,70 m. Aufgrund des vergleichsweise steilen Gefälles des Grundwasserleiters von min. 1,4% (zwischen B6 und B7) ist bei einem horizontalen Anstieg mit einem Aufstau im Taltiefpunkt auf einer Länge von rd. 120 m zu rechnen. Da der Gneishorizont im Bereich der Talflanken stark ansteigt (quer zur Talaue), ist in diesen Bereichen von keiner direkten Auswirkung auszugehen.

Der Mittelwasserabfluss im Bohrerbach liegt gemäß LUBW (Abflusskennwerte Baden-Württemberg, 3/2007) bei $MQ = 212$ l/s. Gemäß dem geotechnischen Gutachten ist aufgrund von unterschiedlich durchlässigen Schichten und der starken Geländeneigung davon auszugehen, dass sich kein großflächig zusammenhängendes, geschlossenes Aquifer ausbilden kann, sondern nur zeitlich und räumlich begrenzte Was-

serzirkulationen stattfinden. Von einem nennenswerten Zustrom aus dem Grundwasser ist daher nicht auszugehen. Ein Einfluss auf die Mittelwasserführung des Hölderlebachs mit $MQ = 212 \text{ l/s}$ ist daher ebenfalls nicht zu erwarten.

Unterstrom des HRB ist durch die Untergrundabdichtung von einer lokalen Abnahme der Grundwasserstände auszugehen. Um den Einfluss der Untergrundabdichtung möglichst gering zu halten, wird unterhalb des Ausleitungsbauwerks im Bereich der Pegelstrecke auf rd. 50 m Länge eine potentielle Versickerungsstrecke geschaffen. Hierzu werden im Bereich der Bachsohle eine 0,50 m starke Steinschüttung (LMB 10/60) auf eine 0,20 m starken filterstabilen gemischtkörnigen Kieslage eingebracht und mit örtlichem Bachsubstrat überdeckt. Nach Möglichkeit ist die Kieslage an vorhandene kiesige Schichten anzubinden. Die genaue Versickerungsmenge kann aufgrund des heterogenen Untergrundes im Vorhinein nicht ermittelt werden. Diese ist vor Ort anhand der bei Mittelwasser beobachtbaren Wasserführung in der Versickerungsstrecke zu bewerten und sofern erforderlich durch das Einbringen von dichtendem Material zu reduzieren.

3.5.3 Setzungsverhalten

Die zu erwartenden Setzungen infolge der Dammschüttung wurden anhand eines dreidimensionalen Untergrundmodells im Rahmen des Geotechnischen Gutachtens ermittelt. Da die Steifemodule entsprechend der unterschiedlichen Kompressibilität variieren, wurden die Berechnungen sowohl mit den Mindest- als auch mit den Maximalwerten durchgeführt.

Im Bereich der zukünftigen Dammaufstandsfläche ist mit Setzungen in der Größenordnung von 7 cm bis 15 cm zu rechnen. Entlang des Auslassbauwerks ergibt sich eine Setzungsmulde mit Maximalsetzungen von 3 cm bis 7 cm.

Die Berechnungen zeigen zudem eine Setzungsdifferenz zwischen Dammkörper und Auslassbauwerk von 4 cm bis 9 cm. Diese Relativverformungen resultieren aus unterschiedlichen Gründungstiefen sowie Eigensetzungen des Dammes und müssen bei der Gestaltung des Anschlusses vom Bauwerk an den Dammkörper berücksichtigt werden (siehe Kapitel 3.6). Zur Überwachung der Setzungen sollten 2 Setzungspegel beidseitig des Auslassbauwerkes installiert werden.

Die Gründung des Dammkörpers erfolgt oberflächennah. An der Gründungsfläche stehen überwiegend grobkörnige und gemischtkörnige (Talschotter) an, die eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen. Bereichsweise sind auch feinkörnige Böden (Hanglehm/Tallehm) vorhanden, die insbesondere bei weicher Konsistenz kompressibel sind. Für die Gründung eines Erdbauwerks kann dieser Sachverhalt jedoch toleriert werden. Gegebenenfalls auftretende oberflächige Aufweichungen feinkörniger Böden beeinträchtigen die Verdichtbarkeit und Befahrbarkeit der Gründungsebene. Diese Bereiche können durch Zugabe von Bindemitteln verbessert werden. Die durch die Dammlasten erzeugten Baugrundsetzungen stellen sich im Bereich der Dammaufstandsfläche entsprechend dem Baufortschritt meist als Sofortsetzung ein.

3.6 Auslassbauwerk

3.6.1 Konstruktive Ausbildung

Das HRB Bohrrtal wird im Hauptschluss zum Bohrerbach erstellt. Für die Regulierung der Abflüsse und die Bewirtschaftung des Stauraumes ist ein Auslassbauwerk erforderlich, das bei Station ca. 0+170 in den Damm integriert wird. Es wird als offenes, dreizügiges Durchlassbauwerk aus Stahlbeton hergestellt. Bei der Gestaltung des Bauwerks wurde auf die Erhaltung der Durchwanderbarkeit des Gewässers für Fische und Kleinlebewesen besonderen Wert gelegt (siehe Kapitel 3.6.4).

Der Rechte der drei Züge wird als Durchgangsgerinne (Ökogerinne/Grundablass) für die aquatische und terrestrische Durchgängigkeit mit rauer, besiedelbarer Sohle und seitlichen Bermen ausgestattet. Er wird bei ansteigendem Hochwasser geschlossen. Die Regulierung der Abflüsse im Einstaufall erfolgt über den mittleren und den linken Bauwerkszug, die sog. Betriebsauslässe.

Das Auslassbauwerk hat eine Gesamtlänge von rd. 75 m. Der Stahlbetonbau besteht aus einer Bodenplatte mit seitlich aufgehenden Wänden, einer Stauwand, sowie zwei Mittelpfeilern zur Trennung der drei Bauwerkszüge. Im Bereich der Dammkrone und der Bermenwege wird über den Seitenwänden jeweils eine Brückenplatte zur Überfahrt errichtet. Die lichte Gesamtweite zwischen den seitlichen Wänden beträgt 9,10 m. Im Ein- und Auslaufbereich wird der Abstand aus optischen Gründen jeweils ab der Brückenplatte der Bermenwege auf bis zu 12,10 m an den Bauwerksenden erhöht. Unterstrom der Stauwand wird zwischen dem Ökodurchlass und den Betriebsauslässen eine 40 cm breite Trennwand angeordnet (siehe Anlagen 2.4.1 und 2.4.2).

Die lichten Abmessungen der Schützöffnungen, die durch 1,25 m breite, halbkreisförmig abgerundeten Pfeiler getrennt sind, betragen jeweils $B \times H = 2,2 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$. Die Öffnungshöhen von 2,0 m tragen dazu bei, dass die Barrierewirkung des Bauwerks reduziert wird (z. B. hinsichtlich dem Durchflug für Vögel und Insekten) und somit auch der Lichteinfall verbessert wird. Weiterhin begünstigen die drei Öffnungen die Kaltluftabfuhr und kommen damit der Taldurchlüftung zugute.

Der Antrieb der Schütze erfolgt mittels Hydraulikzylindern. Die zur Steuerung der Schützstellungen erforderlichen Einrichtungen werden im Betriebsgebäude installiert. Von dort verlaufen die erforderlichen Versorgungs- und Steuerleitungen zu den einzelnen Antrieben.

Die Hochwasserentlastungsanlage ist in das Auslassbauwerk integriert. Sie erfolgt über zwei jeweils 1,80 m hohe und 2,50 m breite Fischbauchklappen, die auf dem Staubalken angeordnet sind, sowie über die Schütze der Betriebsauslässe. Der Antrieb der Klappen erfolgt durch ein Hydraulikaggregat und Torsionsrohre. Antriebszylinder und Torsionsrohlager sind in der Antriebskammer, die sich in der Mitte des Bauwerks zwischen den beiden Klappen befindet, untergebracht. Das Hydraulikaggregat verfügt über zwei Pumpen mit Kreuzschaltung, so dass auch bei Ausfall einer Pumpe der Notbetrieb mit der zweiten Pumpe sichergestellt werden kann. Bei Ausfall der zentralen Stromversorgung wird die Versorgung über das Notstromaggregat im Betriebsgebäude sichergestellt. Zusätzlich ist es möglich, die Verschlussorgane manuell über eine Handpumpe anzutreiben. Der Zugang zu der Antriebskammer erfolgt von der Dammkrone aus.

Zur Energieumwandlung beim Wechsel vom schießenden zum strömenden Abfluss, befindet sich unterstrom der Schütze der Betriebsauslässe ein Tosbecken mit einer Eintiefung von 2,40 m (siehe Kapitel 3.9.2). Die Sohle des Tosbeckens wird mit einer 30 cm dicken Verschleißschicht aus unbewehrtem Beton versehen. Aus statischen Gründen wird das Auslassbauwerk symmetrisch ausgeführt. Aus diesem Grund muss die Tosbeckeneintiefung im Bereich des Ökogerinnes mit gemischtkörnigem Material aufgefüllt werden, bevor das Gewässerbett aus Wasserbausteinen hergestellt wird.

Die Gewässersohle des Auslassbauwerks liegt im Einlaufbereich auf etwa 402,45 m ü. NHN. Von dort fällt sie entsprechend dem natürlichen Sohlgefälle des Bohrerbachs bis auf die Höhe 400,45 m ü. NHN am Bauwerksende ab. Im Schützquerschnitt liegt die Bauwerkssohle jeweils auf Höhenkote 401,65 m ü. NHN.

Die aufgehenden Stahlbetonwände des Auslassbauwerkes werden für den fachgerechten Anschluss des Dammkörpers an den Außenseiten mit einer konstanten Neigung von 20:1 ausgebildet. Dies wirkt dem Entstehen von Fugen und Wasserwegigkeiten im Dammkörper im Verlauf des Setzungsvorgangs entgegen.

Die als Untergrundabdichtung unter dem Dammkörper herzustellende Dichtwand wird im Bereich des Auslassbauwerks als rd. 2,0 m tiefer Betonsporn, der mindesten 1,0 m in den Gneis einbindet, fortgesetzt. Mit dieser Konstruktion ist ein ausreichender Schutz gegen eine Unterströmung des Bauwerks gegeben.

Vor dem Bauwerkseinlauf wird im Gewässer ein Treibholzfang (Grobrechen) angeordnet (siehe Kapitel 0).

Zum Schutz gegen Erosion wird die Sohle oberstrom des Bauwerks sowie im Bereich des Ökogerinnes mit einer Schüttung aus Wasserbausteinen der Größenklassen LMB 10/60 bis 40/200 gesichert. Im Bereich der Betriebsauslässe erfolgt hingegen eine Sohlsicherung durch einen in Beton versetzten Steinsatz, da dort zeitweilig hohe Strömungskräfte und starke Turbulenzen auftreten können. Auch unterhalb des Auslassbauwerkes im Bereich der Betriebsauslässe können trotz Energieumwandlung bei großen Abflüssen sehr starke Strömungskräfte wirken. Hier wird die Sohle im Bereich bis zur Furt ebenfalls mit einem Steinsatz in Beton befestigt.

Um die Unterspülung der Bodenplatte durch rückschreitende Erosion zu verhindern, wird am Ende der Bodenplatte ein Sporn angeordnet, der mindestens 1,0 m in den Gneis einbindet.

Zur Kontrolle der Wasserstände wird an der rechten Außenwand vor dem Schütz des Ökogerinnes eine Pegellatte installiert.

3.6.2 Baugrube und Wasserhaltung

Beim Aushub der Baugruben für das Auslassbauwerk und die Umlegung des SW-Kanals ist mit Wasserzuflüssen zu rechnen. Eine klassische Wasserhaltung mit Brunnen ist wegen der gering durchlässigen Festgesteine nicht möglich. Deshalb wird unmittelbar oberhalb des Festgesteins eine Wasserhaltung mittels flach verlaufenden Dränsträngen und einer umlaufenden Dränageleitung angeordnet. Die einzelnen Dränstränge werden dann an Pumpen angeschlossen, über die das zuströmende Wasser abgepumpt werden kann. Zu-

sätzlich ist eine offene Wasserhaltung über Pumpensümpfe an der Baugrubensohle erforderlich. Die anfallenden Wassermengen wurden im geotechnischen Entwurfsbericht in der Größenordnung $14 \text{ m}^3/\text{h}$ bis $70 \text{ m}^3/\text{h}$ abgeschätzt.

Die Baugrube kann frei abgeböschet werden. Die Böschungen sind dabei mit einer Neigung von max. 45° herzustellen. Der Böschungsfuß soll eine maximale Höhe von $0,50 \text{ m}$ haben und mit einer Neigung von $1:1,5$ hergestellt werden.

3.6.3 Steuerung

Die Steuerung des Hochwasserrückhaltebeckens erfolgt über den Wasserstand am Steuerpegel unterstrom des Auslassbauwerks und den Wasserstand im Hochwasserrückhaltebecken, der durch den Beckenpegel gemessen wird (siehe Kapitel 3.7). Die Pegel registrieren laufend die Wasserstände im Bohrerbach bzw. im Hochwasserrückhaltebecken.

In hochwasserfreien Zeiten bzw. bei Abflüssen im Bohrerbach kleiner als ca. $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ sind die Fischbauchklappen der Hochwasserentlastungsanlage vollständig gelegt und die Tiefschütze des Grundablasses (ökologisches Durchgangsgerinne) und der Betriebsauslässe geöffnet. Bei einem Abfluss im Bohrerbach von ca. $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (vorläufiger Alarmierungswasserstand, wird bei der Erstellung der Betriebsvorschrift endgültig festgelegt) wird der Grundablass (ökologisches Durchgangsgerinne) geschlossen, die Fischbauchklappen vollständig aufgerichtet (Oberkante = Z_v) und die Verschlussorgane der Betriebsauslässe in „Lauerstellung“ gefahren. Im Vorfeld eines eventuell bevorstehenden Beckeneinstaus werden dadurch die Betriebsfähigkeit der Verschlussorgane signalisiert und die Betriebsmannschaft alarmiert.

Wird mit zunehmendem Hochwasserabfluss im Bohrerbach der dem Startregelabfluss von $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ zugeordnete Wasserstand am Steuerpegel erreicht (Betriebsfall), werden die Tiefschütze der Betriebsauslässe in Staustellung gefahren. Das Becken wird eingestaut. Während der Einstauphase wird durch entsprechende Einstellung der Schützöffnungen der Wasserstand am Abflusspegel automatisch konstant gehalten. Das bedeutet, dass bei ansteigendem Zufluss und damit steigendem Beckenwasserstand die Öffnungshöhen der Schütze im Betriebsauslass kontinuierlich verringert werden.

Während der Einstauphase registriert hierbei der Beckenpegel den Beckeneinstau. In Abhängigkeit des erreichten Beckenwasserstands erfolgt eine Anpassung des einzuhaltenden Abflusses am Steuerpegel (adaptive Abgabesteuerung). Bei steigendem Beckenwasserstand wird die Regelabgabe anhand eines vorgegebenen Regelplans gemäß Abbildung 3.3 stufenweise von $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht.

Beginnt der Beckenwasserstand im Einstaufall den Vollstau von $414,20 \text{ m ü. NHN}$ zu überschreiten, so werden die Fischbauchklappen nacheinander zur Hochwasserentlastung soweit abgesenkt, dass der Vollstau gerade gehalten werden kann. Die Betriebsauslässe behalten dabei zunächst die zuletzt zur Drosselung auf den Regelabfluss erreichte Stellung bei. Um das Durchgangsgerinne mit seinen ökologischen Strukturen möglichst lange zu erhalten, wird zuerst die Klappe über den Betriebsauslässen abgesenkt. Sind beide Klappen abgesenkt und es besteht weiterhin die Tendenz eines steigenden Beckenwasserstands, werden die

Betriebsauslässe und zu allerletzt auch das ökologische Durchgangsgerinne zur Hochwasserentlastung geöffnet.

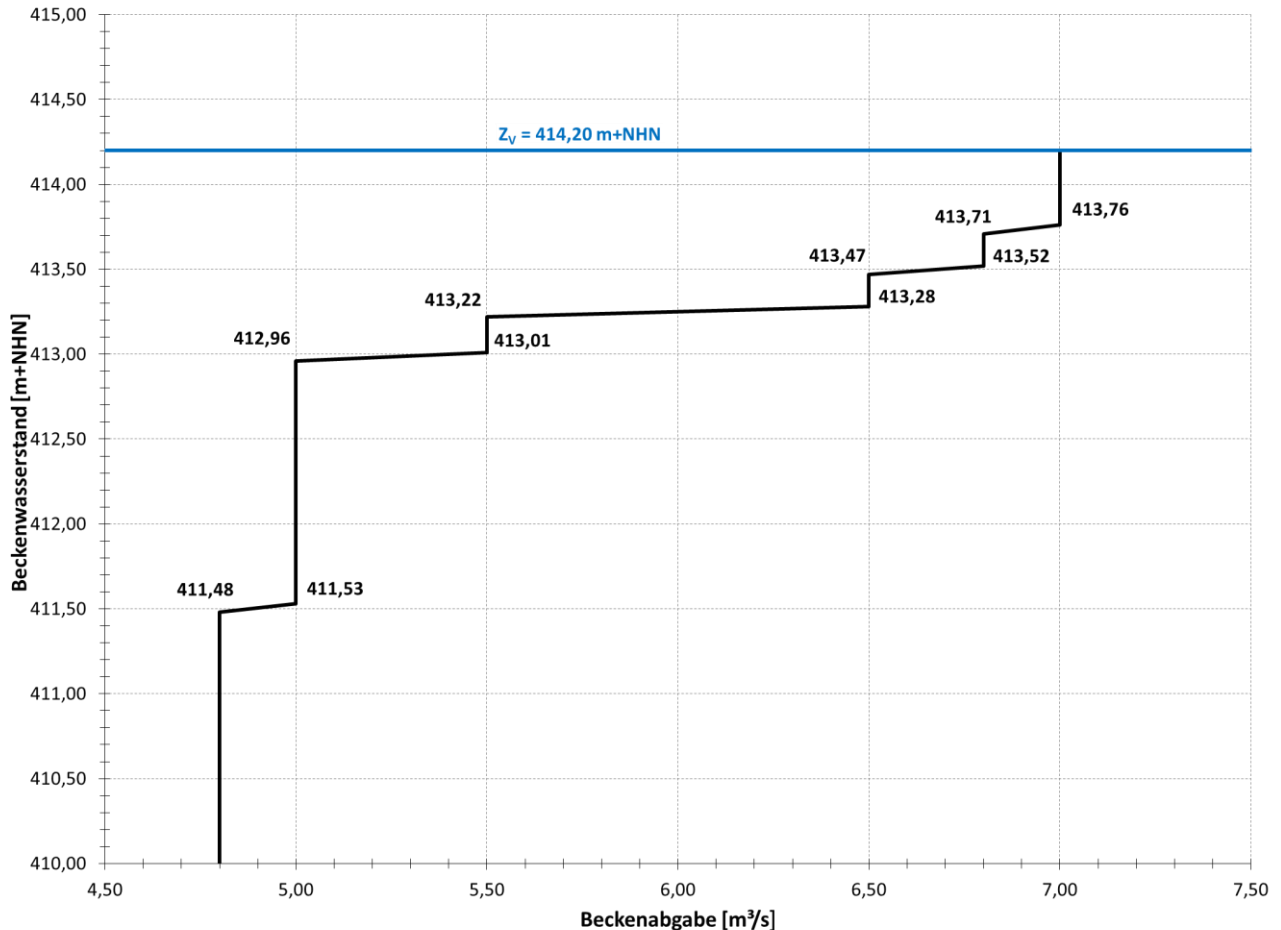


Abbildung 3.3 Adaptives Steuerungskonzept des HRB Bohrrtal

Alle Regelungsvorgänge zur Steuerung der Hochwasserentlastung erfolgen über den Beckenpegel. Zur Dokumentation von Einstauereignissen, werden von der automatischen Steuerung laufend Wasserstände und die Stellung der Verschlussorgane aufgezeichnet.

Fällt der Abfluss im Bohrerbach am Steuerpegel unter den Regelabfluss und das Becken ist vollständig entleert, so ist der Einstauvorgang beendet. Das ökologische Durchgangsgerinne wird wieder geöffnet und die Klappen wieder abgesenkt.

Die Steuerung des Beckens erfolgt vollautomatisch über eine speicherprogrammierbare Steuerung, deren Funktion im Einstaufall zu überwachen ist. Bei den Betriebsauslässe besteht hierbei die Möglichkeit die Beckenabgabe sowohl über ein als auch über beide Schütze abzugeben. Dies muss im Zuge der Erstellung der Betriebsvorschrift weiter abgestimmt werden.

Die den Regelabgaben zugeordneten Wasserstände am Steuerpegel wurde mit Hilfe eines im Rahmen der vorliegenden Planung eingesetzten hydraulischen Modells bestimmt. Da jedoch für den betreffenden Bereich keine repräsentativen Eichereignisse vorliegen, musste der maßgebliche Rauigkeitsparameter abgeschätzt werden. Zur genauen Feststellung bzw. zur Absicherung der Berechnungswerte sind nach Fertigstellung des Beckens im Rahmen des Probetaus Abflussmessungen bei verschiedenen Abflusswerten zur Aufstellung einer Abflusskurve (am Steuerpegel) und ggf. Anpassungen der Steuerwasserstände vorzunehmen.

3.6.4 Ökologische Durchgängigkeit

Der rechte Bauwerkszug wird für den ständigen Abfluss des Bohrerbachs als „ökologisches Durchgangserinne“ ausgebildet. Die Sohlbreite wird hier durch Anlage seitlicher Böschungen und Bermen auf ca. 1,4 m reduziert und das mittlere Sohlgefälle beträgt bis 3,8 %. Durch die Gewässergestaltung im Durchgangserinne wird erreicht, dass die Abflussverhältnisse (Fließtiefe und -geschwindigkeit) bei Mittel- und Niedrigwasser erhalten bleiben (siehe Anlagen 2.4.1 und 2.4.2).

Entlang der rechten Außenwand wird eine durchgehende Berme zur Sicherstellung der terrestrische Durchgängigkeit mit einer Breite von ca. 30 cm angeordnet. Die Berme wird am Schütz nicht unterbrochen, sondern weitergeführt. Die Geometrie des Schützes wird dementsprechend angepasst und in den Eckbereichen ausgespart. Außerhalb des Bauwerks wird die Berme luft- und wasserseitig an die bestehende Gewässerböschung angeschlossen.

Die Ausbildung des Gerinnes erfolgt mittels Steinschüttung aus Wasserbausteinen LMB 10/60 mit einzelnen Störsteinen LMB 40/200. Im Anschluss erfolgt ein Andecken mit natürlichem Bachsubstrat, welches im Zuge der Herstellung der Baugrube des Auslassbauwerks aus dem entfallenden Gewässerbett des Bohrerbachs gewonnen wird. Dadurch wird eine vergleichsweise schnelle Besiedelbarkeit der Bachsohle ermöglicht.

Im Betriebsfall wird das Ökogerinne durch ein Schütz geschlossen. Hierdurch wird erreicht, dass das Bachsubstrat im Ökogerinne nicht ausgetragen wird. Bei Extremhochwasser und Entlastung über die Fischbauklappen kann die Steinschüttung allerdings aus dem Ökogerinne ausgetragen werden.

Im Bereich der Schützebene kann keine lose Belegung der Sohle mit natürlichem Substrat erfolgen. Hier wird zum dichten Schließen des Schützes eine Schwelle angeordnet, die sich auch über die seitlichen Bermen erstreckt.

Der Einlaufbereich der Betriebsauslässe liegt am Anfang des Auslassbauwerks ca. 60 cm höher und im Bereich der Trennpfeiler vor der Schützebene ca. 40 cm höher als die Sohle im Ökodurchlass. Dementsprechend werden die Betriebsauslässe erst bei höheren Abflüssen durchströmt. Für eine dauerhafte Beschickung des Tosbeckens mit Wasser wird durch eine Rohrleitung ein Abschlag in Richtung des Betriebsauslasses vorgesehen. Dadurch kann ein Frischwassereintrag /Wasseraustausch sichergestellt werden.

Um das Tosbecken für Lebewesen durchgängig zu machen, wird am Tosbeckenende eine Aufstiegshilfe hergestellt. Hierzu wird eine Rampe mit einer Böschungsneigung von 1:2 mit in Beton versetzten Wasserbausteinen befestigt. Durch das entstehende Fugensystem haben Kleinlebewesen die Möglichkeit aus dem Tosbecken herauszusteigen.

Darüber hinaus wird entlang der Trennwand zum Ökodurchlass eine ca. 40 cm breite Rinne hergestellt, deren Sohle nicht mit einem Steinsatz belegt wird und die demzufolge 30 cm tiefer liegt. Die Rinne mündet am Ende des Auslassbauwerks in den Ökodurchlass und sorgt dafür, dass bei geringer Durchströmung des Betriebsauslasses, Fische aus dem Tosbecken herausschwimmen können.

3.6.5 Treibholzfang

Um im Hochwasserfall ankommendes grobes Geschwemmsel (treibende Bäume, Äste) möglichst zurückzuhalten, wird auf der Einlaufseite des Auslassbauwerks ein Treibholzfang angeordnet. Dieser besteht aus Stahlrohren, die kreissegmentförmig in einem Abstand von max. 1,0 m in einem Streifenfundament versetzt werden. Die Stahlrohre reichen bis auf Höhe der einlaufseitigen Flügelwand und werden ausbetoniert und mit einer Kuppe abgerundet. Die Räumung des Treibholzfanges ist über die Furt des luftseitigen Unterhaltungswegs möglich.

3.7 Steuer- und Beckenwasserstandpegel

Der Abfluss im Bohrerbach wird durch einen Steuerpegel registriert, der unterstrom des Auslassbauwerks angeordnet wird. Über diesen Steuerpegel erfolgt das Öffnen bzw. Schließen der Schütze zur Steuerung der Beckenabgabe von 4,8 m³/s bis max. 7,0 m³/s vollautomatisch. Aus Gründen der Betriebssicherheit sind die Messpegel jeweils redundant auszubilden. Neben einer Radarsonde, die an einem Messsteg über dem Bohrerbach angebracht ist, wird zusätzlich die Anordnung einer Böschungstreppe als Betonfertigteile vorgesehen, in deren Wange die zur Wasserstandererfassung erforderliche Drucksonde montiert ist.

Im Bereich des Steuerpegels muss der Bohrerbach auf ca. 50 m Länge ein einheitliches Abflussprofil aufweisen (dauerhaft stabile Wasserstands-Abflussbeziehung). Es wurde ein Trapezprofil mit einer Sohlbreite von ca. 2,0 m und einer Böschungsneigung von 1:2 gewählt. Die Tiefe des Profils beträgt 1,0 m.

Die Genauigkeit der Messungen bzw. die exakte Steuerung des Hochwasserrückhaltebeckens ist maßgeblich vom Unterhaltungszustand der Messstrecke abhängig. Der aktuelle Zustand ist deshalb regelmäßig zu kontrollieren. Abflusshindernisse, Anlandungen usw. sind regelmäßig zu entfernen.

Der Wasserstand im Stauraum wird ebenfalls über eine Druckmesssonde in der Wange der Böschungstreppe oberstrom des Auslassbauwerks erfasst. Als Zweitpegel wird an der Bauwerksinnenwand eine Radarsonde, die auf einem schwenkbaren Stahlmast befestigt wird, angebracht.

3.8 Maßnahmen an bestehenden Gewässern

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen ist es erforderlich, das Auslassbauwerk möglichst senkrecht zur Dammachse durch den Damm zu führen, sodass die Bauwerkslänge und damit auch die Fließstrecke zwischen den Flügelwänden minimiert werden. In den Anschlussbereichen des Auslassbauwerkes orientiert sich die Sohlbreite an der Bauwerksbreite. In die Sohle des neuen Gewässerbettes wird Sohlsubstrat aus dem entfallenden Gewässerabschnitt des Bohrerbachs eingebaut.

Der ständige Abfluss des Bohrerbachs muss auch während der Herstellung des Auslassbauwerks ungehindert abfließen können. Dafür ist ein Umleitungsgerinne notwendig, welches westlich des Bohrerbachs in ausreichend großem Abstand zur Baugrube hergestellt wird. Die Sohlbreite beträgt rd. 3,0 m und die Böschungen werden mit einer Neigung von 1:2 angelegt. Nach Fertigstellung des Auslassbauwerks wird der Bohrerbach in das neue Gewässerbett umgeleitet und das bauzeitliche Umleitungsgerinne wird verfüllt.

Darüber hinaus gibt es im Bereich westlich des Bohrerbachs unter der zukünftigen Dammaufstandsfläche mehrere kleine Gräben, die ebenfalls verfüllt werden müssen.

Am westlichen Talhang verläuft derzeit ein Graben parallel zur Dammachse, der in einen ehemaligen Abschlag des Bohrerbachs (vermutlich ein ehemaliger Mühlgraben) mündet. Dieser Graben muss zum Schutz des Dammes innerhalb des Stauraums nach Süden umgelegt und an den Bohrerbach angeschlossen werden. Um zu verhindern, dass der Böschungsfuß des Dammes durch Erosion angegriffen wird, ist der Graben mit einer Steinschüttung aus Wasserbausteinen zu befestigen. Um ein Trockenfallen des ökologisch wertvollen Mühlgrabens zu vermeiden, wird am westlichen Damme ein zusätzlicher Graben angelegt, der im Bereich des Betriebsgebäudes verrohrt ist (DN 800) und dann wieder als offener Graben entlang des luftseitigen Dammfußes verläuft und unterstrom des Hochwasserrückhaltebeckens in den bestehenden Mühlgraben mündet. Der Graben ist ebenfalls mit einer Steinschüttung zu sichern. Durch eine Schwelle im Bereich der Abzweigung wird sichergestellt, dass der Mühlgraben auch zukünftig weiterhin mit Wasser gespeist wird. Erst bei einem höheren Abfluss fließt das Wasser über die Schwelle durch den neuen Graben in Richtung des Bohrerbachs.

3.9 Hydraulische Nachweise

3.9.1 Betriebsauslass

Die Kontrolle des Abflusses aus dem Hochwasserrückhaltebecken erfolgt über zwei Schütze (Betriebsauslässe) mit den lichten Abmessungen von $B \times H = 2,20 \times 2,00$ m. Der Abfluss aus dem Becken ist von der Öffnungshöhe s des Schützes, der Wassertiefe h_0 über der Bauwerksohle und dem Unterwasserstand abhängig. Die Leistungsfähigkeit eines Tiefschützes bei freiem Abfluss ins Unterwasser berechnet sich nach der Beziehung:

$$Q_s = c_q \cdot s \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

wobei c_q einen Abflussbeiwert und b die lichte Öffnungsbreite bezeichnet.

Zunächst wird in Abhängigkeit von h_0 und s der Kontraktionsbeiwert c_c für senkrechte Planschütze nach der Beziehung:

$$c_c = \frac{1}{1 + 0,64 \cdot \sqrt{1 - (s/h_0)^2}}$$

berechnet. Mit dem Kontraktionsbeiwert c_c kann die Wassertiefe h_1 des schießenden Ausflusstahles ermittelt werden:

$$h_1 = c_c \cdot s$$

Für den Abflussbeiwert c_q gilt:

$$c_q = \frac{c_c}{\sqrt{1 + c_c \cdot \frac{s}{h_0}}}$$

Steigt die Wassertiefe im Unterwasser des Auslassbauwerkes über einen Wert h_2 an, stellt sich rückgestauter Abfluss ein und die Abflussleistung des Bauwerkes wird reduziert. Mit v_1 der Fließgeschwindigkeit des schießenden Strahles berechnet sich die sogenannte „konjugierte“ Tiefe h_2 zu:

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot v_1^2}{g \cdot h_1}} - 1 \right)$$

Der reduzierte Abfluss berechnet sich dann zu:

$$Q_s = \kappa \cdot c_q \cdot s \cdot b_s \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

Der Abminderungsbeiwert $\kappa < 1$ ist dabei abhängig vom Wasserstand im Ober- und Unterwasser des Bauwerkes sowie von der Schützöffnung. Der funktionale Zusammenhang $\kappa = f(h_0, h_2, s)$ ist in Abbildung 3.4 dargestellt.

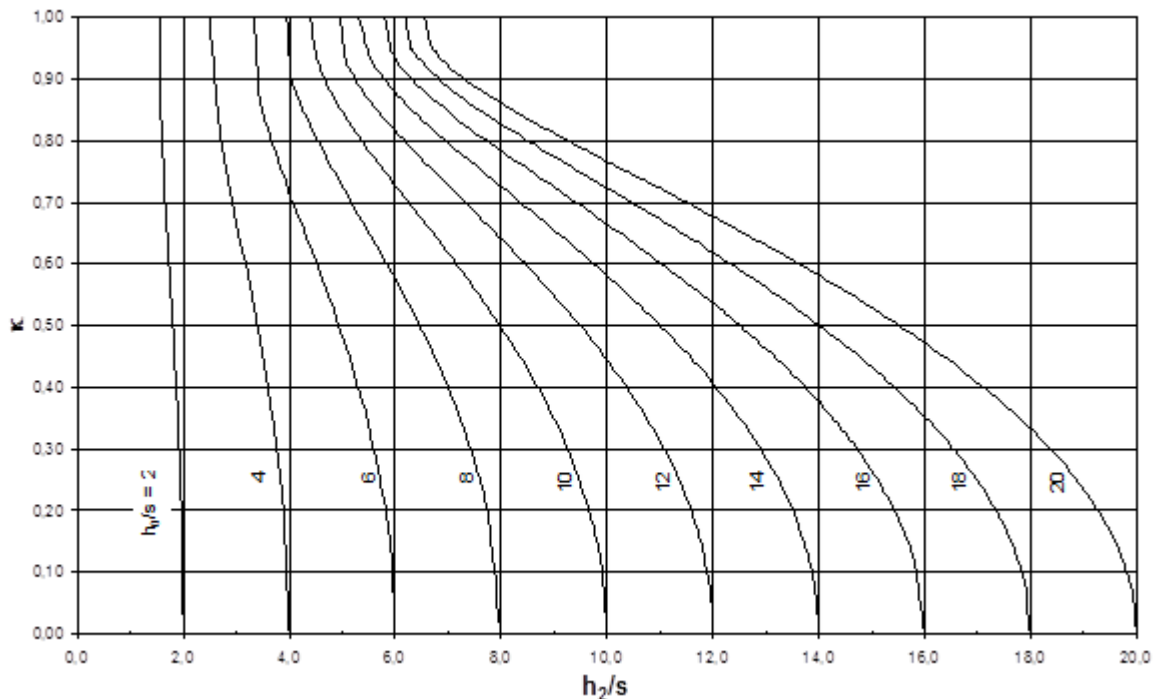


Abbildung 3.4 Abminderungsbeiwert κ

Unter Anwendung der erläuterten Beziehungen wird bei einer Schützöffnung (1 Schütz) von ca. 33,5 cm und Einstau bis zur Vollstauhöhe von 414,20 m ü. NHN maximal der Regelabfluss von 7,0 m³/s abgegeben. Dabei

stellt sich freier Abfluss unter dem Schütz ein. Die Druckhöhe h_0 berechnet sich zu 12,55 m aus der Differenz zwischen Vollstau (414,20 m ü. NHN) und der Sohlhöhe im Betriebsauslass (401,65 m ü. NHN). Der sich einstellende Abfluss wurde mit folgenden Werten ermittelt:

$$Q = 1,0 * 0,605 * 0,335 * 2,20 * (2 * 9,81 * 12,55)^{1/2} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.9.2 Tosbecken

Unterstrom des Schützquerschnitts tritt im Einstaufall „schießender“ Abfluss mit sehr hohen Fließgeschwindigkeiten bis zu 15 m/s auf. Zur Vermeidung von Schäden am nachfolgenden Gewässerbett muss im Auslassbauwerk ein Fließwechsel vom „schießenden“ zum „strömenden“ Abfluss erfolgen. Dieser sogenannte Wechselsprung ist auf eine vergleichsweise kurze Strecke begrenzt und in seiner Lage weitgehend stabil, wenn im Unterwasser ein ausreichend hoher Stützwasserstand h_2 gegeben ist.

Bei zu geringem Wasserstand h_2 kann der Wechselsprung durch eine Eintiefung der Gewässersohle durch ein Tosbecken oder einen Kolksee mit einer Tiefe z erzwungen werden. Die Eintiefung z berechnet sich aus der Differenz der erforderlichen Wassertiefe h_2 und der tatsächlich vorhandenen Wassertiefe $h_{2,\text{vorh}}$ zu:

$$z = h_2 - h_{2,\text{vorh}}$$

Die Länge des Wechselsprung bzw. der Energieumwandlungsanlage kann über verschiedene empirische Formeln abgeschätzt werden. Nachfolgend ist die Formel nach Rouse dargestellt:

$$l = 2,5 \cdot h_1 \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot v_1^2}{g \cdot h_1}} - 1 \right)$$

Im vorliegenden Fall wird die Energieumwandlungsanlage in Form eines Tosbeckens innerhalb des Massivbaus angeordnet und in den Betriebsauslass des Auslassbauwerks integriert.

Die in die Bemessung eingehende Unterwasserfließtiefen $h_{2,\text{vorh}}$ wurden im Rahmen der vorliegenden Planung mit der Formel nach Gauckler-Manning-Strickler ermittelt. Mit diesen Wassertiefen werden die in Tabelle 3.3 aufgeführten Schützöffnungshöhen ermittelt und das Tosbecken bemessen.

Lastfall: Einstau bis zum Vollstau ($Q_{\text{max}} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$):

Bei Einstau bis zum Vollstau wird durch ein Schütz im Betriebsauslass der Regelabfluss von max. $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeleitet. Die Schützöffnungshöhe beträgt dabei ca. 34 cm. Mit dem sich dabei einstellenden Unterwasserstand von $h_{2,\text{vorh}} = 0,83 \text{ m}$ und dem erforderlichen Unterwasserstand von $h_2 = 3,10 \text{ m}$ ergibt sich aus den oben aufgeführten Gleichungen eine Tosbeckeneintiefung von 2,27 m.

Lastfall Hochwasserentlastung (BHQ₁ = 31 m³/s):

Im Lastfall BHQ₁ sind beide Klappen vollständig gelegt (Überfallhöhe 1,80 m, Abfluss ca. 23 m³/s) und ein Schütz im Betriebsauslass auf ca. 40 cm Höhe gezogen (Abfluss ca. 8 m³/s), so dass in der Summe ca. 31 m³/s abgeführt werden.

Aufgrund der großen Bauwerkshöhe trifft der Überfallstrahl aus den Klappenöffnungen nahezu senkrecht auf die Bauwerkssohle. Dadurch ist der Impuls des Abflusstrahls nach unten gerichtet und erfährt durch die Umlenkung in Fließrichtung des Gewässers eine hohe Energiedissipation, so dass auf eine weitere Betrachtung der Energieumwandlung für den Überfallstrahl verzichtet werden kann.

Für den Abfluss von rd. 8 m³/s aus den Betriebsauslässen beträgt die erforderliche Unterwassertiefe $h_{2,erf} = 3,35$ m. Bei dem für den Gesamtabfluss von ca. 31 m³/s angenommenen Unterwasserstand von mindestens 1,5 m ergibt sich die erforderliche Tosbeckeneintiefung z zu 1,85 m.

Lastfall Hochwasserentlastung (BHQ₂ = 60 m³/s):

Für den Lastfall BHQ₂ sind Schäden am Gewässerbett tolerierbar. Das Tosbecken des HRB Bohrrertal muss deshalb nicht auf den Lastfall BHQ₂ ausgelegt werden.

Im Lastfall BHQ₂ sind beide Klappen vollständig gelegt (Überfallhöhe 1,80 m, Abfluss ca. 23 m³/s) und beide Schütze im Betriebsauslass auf ca. 90 cm Höhe gezogen (Abfluss ca. 37 m³/s), so dass in der Summe rd. 60 m³/s abgeführt werden.

Aufgrund der großen Bauwerkshöhe trifft der Überfallstrahl aus den Klappenöffnungen nahezu senkrecht auf die Bauwerkssohle. Dadurch ist der Impuls des Abflusstrahls nach unten gerichtet und erfährt durch die Umlenkung in Fließrichtung des Gewässers eine hohe Energiedissipation, so dass auf eine weitere Betrachtung der Energieumwandlung für den Überfallstrahl verzichtet werden kann.

Für den Abfluss von rd. 37 m³/s aus den Betriebsauslässen beträgt die erforderliche Unterwassertiefe $h_{2,erf} = 4,9$ m. Bei dem für den Gesamtabfluss von ca. 60 m³/s angenommenen Unterwasserstand von $> 2,0$ m ergibt sich eine erforderliche Tosbeckeneintiefung z von ca. 2,9 m.

Die Berechnungsergebnisse für die verschiedenen Lastfälle sind zusammengefasst in Tabelle 3.3 dargestellt.

Für das HRB Bohrrertal wurde ein Tosbecken mit einer Gesamtlänge von 22 m und einer Tiefe von 2,4 m gewählt. Im Anschluss an die Verschlussorgane der Betriebsauslässe wird die Sohle parabelförmig in das Tosbecken abgesenkt um die Schussstrahl in das Tosbecken einzuleiten. Die Auslegung des Tosbeckens erfolgt auf den Lastfall Regelabgabe.

Im Fall des BHQ 2 sind Schäden im Unterwasser der Stauanlage nicht auszuschließen. Eine mögliche Verbesserung der Energieumwandlung infolge des senkrecht in das Tosbecken einmündenden Überfallstrahls über die Fischbauchklappen ist, da rechnerisch nicht quantifizierbar, auf der sicheren Seite liegend, nicht berücksichtigt.

Tabelle 3.3 Tosbeckenabmessungen

Lastfall:	Regelabgabe	BHQ 1	BHQ 2
Beckenwasserstand	414,20 m ü. NHN	414,20 m ü. NHN	414,20 m ü. NHN
Gesamtabgabe	7,0 m ³ /s	31 m ³ /s	60 m ³ /s
Abgabe Betriebsauslässe	7,0 m ³ /s	8,0 m ³ /s	37 m ³ /s
Schützöffnungshöhe Betriebsauslass	0,34 m (1 TS)	0,40 m (1 TS)	0,90 m (2 TS)
vorhandene Fließtiefe im Unterwasser $h_{2,Vorh}$	0,83 m	> 1,5m	> 2,0 m
erforderliche Fließtiefe $h_{2,erf}$	3,10 m	3,35 m	4,9 m
erforderliche Tosbeckeneintiefung $z = h_2 - h_{2,Vorh}$	2,27 m	1,85 m	2,9 m
erforderliche Tosbeckenlänge nach Rouse	16 m	17 m	25 m

3.10 Hochwasserentlastungsanlage

3.10.1 Allgemeines

Bei größeren Hochwasserereignissen als einem 100-jährlichen Hochwasser (mit Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung) kann der Beckenzufluss nicht mehr vollständig im Stauraum zurückgehalten werden. Zum Schutz des gesamten Sperrbauwerkes ist daher die Hochwasserentlastungsanlage so zu dimensionieren, dass die Bemessungshochwasserabflüsse BHQ_1 und BHQ_2 für den Rückhaltedamm gefahrlos abgeleitet werden können. Die Nachweise erfolgen gemäß DIN 19700-12 und der zugehörigen Arbeitshilfe für Baden-Württemberg der LUBW.

Das HRB Bohrrtal ist als „großes Becken“ gemäß DIN 19700-12 einzuordnen. Bei der Ermittlung der Bemessungsabflüsse ist bei „großen Becken“ für BHQ_1 ein $HQ_{1.000}$ und für BHQ_2 ein $HQ_{10.000}$ anzusetzen. In Tabelle 3.4 sind die Bemessungsabflüsse des HRB Bohrrtal dargestellt.

Die zur Hochwasserentlastung über dem Staubalken montierten Wehrklappen werden mit einer Breite von 2,5 m als Fischbauchklappen ausgebildet. Die Höhe der Wehrklappen in Staustellung beträgt 1,8 m.

Tabelle 3.4 Hochwasserbemessungsabflüsse HRB Bohrrtal verschiedener Jährlichkeiten (WALD + CORBE 12/2014)

HRB Horben Standort 3d		HQ ₅₀₀	HQ _{1.000} (BHQ ₁)	HQ _{5.000}	HQ _{10.000} (BHQ ₂)
Zulauf HRB Horben	[m ³ /s]	28	34	50	60
Ablauf HRB Horben	[m ³ /s]	21	31	50	60

3.10.2 Nachweis der Leistungsfähigkeit nach DIN 19700

Die Hochwasserentlastung des HRB Bohrrtal erfolgt durch das Absenken (Überströmen) der zwei Fischbauchklappen sowie durch die Schütze des Betriebsauslasses. Die maximale Leistungsfähigkeit der Hochwasserentlastungsanlage ist so ausgelegt, dass der Vollstau für die beiden Lastfälle BHQ₁ und BHQ₂ nicht überschritten wird. Für die Hochwasserstauziele Z_{H1} und Z_{H2} gilt demzufolge:

$$Z_V = Z_{H1} = Z_{H2}$$

Der Nachweis für die Leistungsfähigkeit der HWEA erfolgt nach der Beziehung für überströmte Wehre (Poli-Formel):

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

Für den Überfallbeiwert μ wurde gemäß Literaturangaben ein Wert von 0,65 angesetzt. Für die Fischbauchklappen ergibt sich demnach mit einer Gesamtbreite von 5,0 m und einer senkrechten Höhe von 1,80 m eine Leistungsfähigkeit von ca. 23 m³/s. Damit ist auch die Empfehlung der Arbeitshilfe zur DIN 19700 erfüllt, wonach ein möglichst großer Teil des BHQ₁ über den überlastbaren, oben liegenden Teil der HWEA abgeführt werden soll (ca. 74 %).

Lastfall BHQ₁:

Nach DIN 19700 ist für den Bemessungslastfall 1 nachzuweisen, dass das HQ_{1.000} (31 m³/s) abgeführt werden kann, wobei der leistungsfähigste Verschluss nicht angesetzt werden darf (n-1-Regel). Im vorliegenden Fall darf demnach kein Abfluss durch eines der beiden Schütze des Betriebsauslasses berücksichtigt werden. Die nötige Abflussleistung von 31 m³/s ist gegeben, wenn die Fischbauchklappen vollständig gelegt sind (Q_{Klappen} = 23 m³/s) und durch ein Schütz des Betriebsauslasses mindestens 8 m³/s abfließen.

Lastfall BHQ₂:

Für den Bemessungslastfall 2 ist nachzuweisen, dass das HQ_{10.000} (60 m³/s) ohne Beachtung der n-1-Regel abgeführt werden kann. Die nötige Abflussleistung von 60 m³/s ist gegeben, wenn die Fischbauchklappen vollständig gelegt sind (Q_{Klappen} = 23 m³/s) und durch die beiden Schütze des Betriebsauslasses mindestens 37 m³/s abfließen. Die Aufteilung der Abflüsse für die unterschiedlichen Bemessungsfälle ist in Tabelle 3.5 zusammengestellt.

Tabelle 3.5 Abflussaufteilung bei Hochwasserentlastung

Lastfall	Beckenabgabe gesamt [m ³ /s]	Abfluss Klappen (HWEA) [m ³ /s]	Abfluss Betriebsauslass [m ³ /s]	Einstauhöhe [m ü. NHN]	Schützöffnung [cm]
Q_{max}	max. 7,0	0,0	max. 7,0	414,20	34 (1 Schütze)
BHQ₁	31	23	8	414,20	40 (1 Schütz)
BHQ₂	60	23	37	414,20	90 (2 Schütze)

3.11 Freibordbemessung

Nach DIN 19700 ist zwischen dem "Höchsten Stauziel Z_{H1}" (Bemessungsfall 1) und der Dammkrone sowie zwischen dem "Höchsten Stauziel Z_{H2}" (Bemessungsfall 2) und der Dammkrone ein Freibord zum Schutz des Sperrenbauwerks einzuhalten. Der Freibord f setzt sich aus den Anteilen Windstau h_{wi} , Wellenauflauf h_{Au} und dem Sicherheitszuschlag h_{si} zusammen.

Die Bemessung des Freibordes erfolgt nach dem DVWK-Merkblatt 246/1997 „Freibordbemessung an Stauanlagen“. Das Stundenmittel der Windgeschwindigkeit wurde in Abhängigkeit der geodätischen Höhe sowie der Lage (windgeschützt, normale Lage, windexponiert) nach Tab. 1 auf $w_{10} = 28$ m/s festgelegt. Die anzusetzenden Windgeschwindigkeiten werden nach Tab. 2 um den Faktor 1,2 erhöht. Im Hochwasserbemessungsfall 1 ermittelt sich die Windgeschwindigkeit zu $w_{10,BHQ1} = 28,0 \times 1,2 = 33,6$ m/s. Für den Hochwasserbemessungsfall 2 wird die Windgeschwindigkeit, aufgrund der Klassifizierung als „großes Becken“, auf 80 % reduziert, um der Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens seltener Ereignisse Rechnung zu tragen. Damit ermittelt sich die anzusetzende Windgeschwindigkeit zu $w_{10,BHQ2} = 0,8 \times 33,6 \times 1,2 = 26,9$ m/s.

Um die Sensitivität der Bemessungswindgeschwindigkeiten w_{10} für die Freibordbemessung abschätzen zu können, wurden Windstau und Wellenauflauf neben den ausgewählten Windgeschwindigkeiten für die Windgeschwindigkeiten $v = 30$ und 35 m/s ebenfalls berechnet.

Die Höhe des Windstaus wurde entsprechend o.g. Merkblatt über die empirische ZUIDERSEE-Formel ermittelt:

$$h_{wi} = \frac{w_{10}^2 \cdot S \cdot \cos \beta}{4861110 \cdot \bar{d}}$$

mit: Überstreichlänge $S = 272 \text{ m}$
 Winkel zw. maßg. Windrichtung und angesetzter Streichlänge $\beta = 0^\circ$
 Mittlere Wassertiefe $\bar{d} = 4,6 \text{ m}$

Der orthogonale Wellenauflauf wird nach DVWK 1997 für Böschungsneigungen flacher als 1:2 wie folgt bestimmt:

$$h_{Au,x\%} = k_D \cdot k_R \cdot k_x \cdot \sqrt{\overline{h_{we}} \cdot \overline{I_{we}}} \cdot \tan \alpha$$

Die Faktoren k_D und k_R beschreiben den Einfluss der Rauheit und Durchlässigkeit der Böschungsoberfläche. Für eine Böschungsoberfläche mit Rasensaat wurde nach DVWK-Heft 246/1997 $k_D \cdot k_R = 0,8$ gewählt. Der Koeffizient k_x berücksichtigt die Überschreitungswahrscheinlichkeit x des Wellenauflaufes. Für Erddämme wird dieser Faktor zu $k_{1\%} = 2,4$ gesetzt. Der Winkel α gibt die Neigung der wasserseitigen Böschung an.

Die maßgebenden Wellenkennwerte mittlere Wellenhöhe, mittlere Wellenperiode und die mittlere Wellenlänge werden über die Spektralmethode nach KRYLOW II ermittelt. Am Rückhaltedamm wurden dazu insgesamt 3 Untersuchungspunkte ausgewählt. Die Berechnungsergebnisse der Freibordanteile sind für den maßgebenden Untersuchungspunkt in Tabelle 3.6 dargestellt.

Tabelle 3.6 Wellenlauf und Windstau

Windgeschwindigkeit [m/s]	BHQ ₁	BHQ ₂	30	35
Mittlere Wellenhöhe $\overline{h_{we}}$ [m]	0,26	0,21	0,24	0,27
Mittlere Wellenlänge $\overline{I_{we}}$ [m]	3,48	2,94	3,20	3,59
Orthogonaler Wellenauflauf $h_{Au,1}$ [m]	0,92	0,76	0,83	0,95
Windstau h_{wi} [m]	0,01	0,01	0,01	0,01
Freibord infolge Wind / Summe [m]	0,93	0,77	0,84	0,96

Im Hochwasserbemessungsfall 1 berechnet sich der erforderliche Freibord infolge Windeinfluss zu 93 cm, im Hochwasserbemessungsfall 2 zu 77 cm.

Im Hochwasserbemessungsfall 2 ist im Rahmen der Freibordbetrachtung ein Sicherheitszuschlag f_{Si} vorzusehen, wenn dies aufgrund der verbleibenden Gefahren und Risiken als notwendig erachtet wird. In der Arbeitshilfe DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg wird ein Sicherheitszuschlag in Höhe von $\geq 0,5$ m als sinnvoll angesehen.

Auch für das HRB Bohrrental wird ein Sicherheitszuschlag in Höhe von 90 cm für den Hochwasserbemessungsfall 2 als angemessen erachtet und für die weitere Bearbeitung zugrunde gelegt. Hierin berücksichtigt sind Zuschläge für den durchlässigen Wegaufbau und Wasserspiegeländerungen für Reaktionszeiten bei steuerungstechnischen Vorgängen.

Unter Berücksichtigung der Sicherheitszuschläge ergeben sich für die zu betrachtenden Lastfälle die folgenden Dammhöhen (Tabelle 3.7):

Tabelle 3.7 Ermittlung der maßgebenden Kronenhöhe

Bemessungsgröße	Hochwasserbemessungslastfall 1	Hochwasserbemessungslastfall 2
Vollstau $Z_V = OK$ HWE	414,20 m ü. NHN	414,20 m ü. NHN
Freibord infolge Wind $h_{Au} + h_{wi}$	+ 0,93 m	+ 0,77 m
+ Sicherheitszuschlag h_{Si}	-	+ 0,50 m
+ Sicherheitszuschlag h_{Si-ST} (Steuerungstechnik)	+ 0,10 m	+ 0,10 m
+ Wegaufbau Dammkrone	+ 0,30 m	+ 0,30 m
= Freibord	$f_1 = 1,33$ m	$f_2 = 1,67$ m
⇒ Erforderliche Kronenhöhe	= 415,53 m ü. NHN	= 415,87 m ü. NHN
		maßgebender Lastfall

Die gewählte Höhe der Dammkrone von 415,90 m ü. NHN ist damit als ausreichend nachgewiesen.

4 Weitere Sachpunkte HRB Bohrertal

4.1 Wegebauarbeiten

Der Bau des HRB Bohrertal bringt Wegebauarbeiten mit sich, die für die Unterhaltung und den Betrieb des Rückhaltebeckens sowie zur Aufrechterhaltung des landwirtschaftlichen Verkehrs unerlässlich sind. Der ursprüngliche Verlauf der Wirtschaftswege rund um den zukünftigen Einstaubereich bleibt dabei annähernd erhalten.

Von der bestehenden Abfahrt im Bereich der Bushaltestelle Horben-Küchlin zweigen zukünftig der Dammkronenweg und die luft- und wasserseitigen Unterhaltungswege am jeweiligen Böschungsfuß des Dammes ab. Die Unterhaltungswege queren den Bohrerbach jeweils ober- und unterstrom des Auslassbauwerks mit einer Furt und führen dann hinauf zum Betriebsgebäude am westlichen Dammende (siehe Anlage 2.1.3). Über die beiden Unterhaltungswege ist die Zufahrt zu den Flurstücken 120 und 121 sichergestellt.

Vom Dammkronenweg führen nach rd. 50 m beidseitig Bermenwege auf etwa halber Dammhöhe über das Auslassbauwerk (Brückenplatte) hinweg und enden ebenfalls beim Betriebsgebäude. Die Befahrung durch öffentlichen Verkehr wird durch Absperrschranken verhindert.

Um den wasserseitigen Unterhaltungsweg nach dem Beckeneinstau reinigen zu können, wird dieser asphaltiert, während die restlichen Wege alle als Schotterweg ausgeführt werden. Die Stahlbetonbrückenplatten der Überfahrten am Auslassbauwerk werden ohne zusätzlichen Belag hergestellt. Die Betonoberflächen werden nach Absprache mit der Stadt Freiburg jeweils mit Besenstrich aufgeraut.

4.2 Betriebsgebäude

Das Betriebsgebäude wird am westlichen Dammende errichtet und dient der Unterbringung von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Darüber hinaus ist es als Schutzeinrichtung für den Stauwärter bzw. Betriebsbeauftragten im Einstaufall vorgesehen. Im Betriebsgebäude laufen die Steuer- und Versorgungsleitungen zusammen. Weiterhin werden die Signale der Pegelmessungen gesammelt und ausgewertet.

Das Betriebsgebäude besteht aus zwei getrennten Räumen, einem Steuer- und einem Technikraum mit einer Größe von jeweils ca. 13 m². Beide Räume sind durch separate Eingangstüren zugänglich (siehe Anlage 2.4.3). Der Steuerraum beinhaltet die Schaltschränke sowie einen Arbeitsplatz mit vollständiger Büroausstattung. Darüber hinaus ist für das Betriebsgebäude die Installation einer Brandmeldeanlage und einer Einbruchmeldeanlage vorgesehen. Auf eine Toilette sowie einen Wasseranschluss kann in Abstimmung mit der Stadt Freiburg, nach Absprache mit dem zukünftigen Beckenbetreiber (bnNETZE) verzichtet werden.

Für die gesamte Stauanlage ist eine Niederspannungsschaltanlage mit Niederspannungsanschluss an die öffentliche Stromversorgung erforderlich. Für den Fall eines möglichen Stromausfalls wird im Technikraum eine Eigenstromversorgungsanlage (Notstromversorgung mittels Dieselgenerator) untergebracht, so dass die Energieversorgung der Anlage sichergestellt ist. Für den Betrieb des Notstromaggregats wird im Technikraum ein doppelwandiger 100 l Treibstofftank mit Auffangwanne eingebaut.

4.3 Technische Ausrüstung, Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Für den Betrieb des HRB Bohrrtal ist eine Mess-, Steuer und Regeltechnik (MSR-Technik) erforderlich. Wesentliche Aufgabe der MSR-Technik ist die Wasserstandserfassung zur Regelung der Beckenabgabe sowie der entsprechende Antrieb und die Steuerung der Schütze im Einstau- und Entlastungsfall. Weiterhin beinhaltet diese die Erfassung und Dokumentation des Beckeneinstaus.

Gesteuert wird die neue Anlage über eine „Speicherprogrammierbare Steuerung“ (SPS) die im Schaltschrank des Betriebsgebäudes eingebaut wird und die mit einem Bedienpanel zur örtlichen Bedienung und Überwachung ausgerüstet ist.

Für das Betriebsgebäude ist weiterhin der Anschluss an das öffentliche Kommunikationsnetz (Telefon- und Internetanschluss) vorgesehen. Die erforderlichen Anschlüsse und weiteren Details werden im Zuge der Ausführungsplanung mit den Versorgungsunternehmen abgestimmt. Die Anlage ist so vorzubereiten, dass eine Fernüberwachung über das Internet möglich ist.

Zur optischen Überwachung der Anlage ist die Installation von schwenkbaren Internetkameras mit Dreh- und Neigeeinrichtungen vorgesehen.

4.4 Leitungen und Kanäle

Im Zuge der Planungen des HRB Bohrrtal wurde eine digitale Leitungserkundung durchgeführt. Diese hat ergeben, dass im Umfeld des geplanten Beckens mehrere Leitungen unterschiedlicher Betreiber liegen, die in Anlage 2.1.3 dargestellt sind und im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

4.4.1 Leitungen der Telekom Deutschland GmbH

Entlang der Schauinslandstraße verlaufen mehrere Fernmeldeleitungen, die von der Baumaßnahme nicht tangiert werden. Darüber hinaus verläuft innerhalb des Stauraums eine weitere Leitung von der Schauinslandstraße parallel zum Wirtschaftsweg in Richtung Leimiweg. Von dieser Leitung soll auch der zukünftige Anschluss für das am westlichen Dammende geplante Betriebsgebäude hergestellt werden (Arbeitsname Telekom: Leimiweg 99-RÜB 79289 Horben). Hierfür ist im Zuge der Baumaßnahme die Verlegung eines Kabels entlang des Dammkronenweges bis zum Betriebsgebäude vorgesehen.

4.4.2 Leitungen der bnNETZE GmbH

Östlich der Schauinslandstraße entlang der Trasse des Wirtschaftsweges verläuft eine 20 kV-Leitung (3x150 AL) der bnNETZE GmbH. Diese Leitung wird von der Baumaßnahme und vom Betrieb des Beckens nicht tangiert, sodass keine Sicherheits- bzw. Anpassungsmaßnahmen notwendig werden.

Das geplante Betriebsgebäude soll an das Stromnetz der bnNETZE GmbH durch ein Erdkabel angebunden werden. Hierzu ist im Zuge der Baumaßnahme die Herstellung einer Kabelverbindung zwischen einer neu

herzustellenden Hausanschlusssäule im Bereich des östlichen Dammdendes bei Station 0+000 und dem Betriebsgebäude entlang des Dammkronenweges vorgesehen. Erste Abstimmungsgespräche mit dem Leitungsbetreiber haben diesbezüglich bereits stattgefunden.

4.4.3 Abwasserzweckverband Breisgauer Bucht

Im Stauraum sowie im zukünftigen Dammaufstandsbereich des HRB Bohrrtal verläuft ein Abwassersammler DN250 des Abwasserzweckverbandes Breisgauer Bucht (AZV), Hanferstraße 6 in 79108 Freiburg. An diesen schließt im Stauraum eine Hausanschlußleitung ~DN 150 an. Eine Kanalbefahrung des Abwassersammlers durch den AZV hat ergeben, dass der Abwassersammler nicht ausreichend dicht gegen Überstau ist (Schächte und Haltungen). Es ist daher eine Neuverlegung des Kanals zwischen dem Schacht Cf032 (oberhalb Mündung Hausanschluss) und dem Schacht Cf026 geplant. Im Zuge der Neuverlegung wird die Trasse des Kanals in Richtung westlicher Talflanke verändert, um den Rückhaltedamm nicht im Taltefpunkt sondern im Randbereich zu queren (siehe Anlage 2.1.4).

Der neue zu verlegende Kanalabschnitt hat eine Gesamtlänge von 360 m. Durch die neue Trasse reduziert sich das Gefälle bereichsweise von derzeit min. 2,4 % auf 0,75 %. Nach Vorgabe des AZV ist der neue Kanal als PE HD-Rohr zu verlegen, als Mindestdurchmesser ist unter den gegebenen Randbedingungen eine Nennweite von 300 mm anzusetzen. Der Kanal soll mit einer hellen Innenbeschichtung (weiß oder grau) ausgeführt werden, um bei einer Kamerabefahrung durch ein erhöhtes Reflexionsvermögen eine gute Sichtbarkeit zu haben.

Zwischen der Dammstation 0+000 und 0+060 quert der geplante Kanal auf rd. 80 m Länge schräg zur Dammachse den Rückhaltedamm. Aufgrund des dortigen Setzungsverhaltens durch die Dammauflast, ist der Kanal ggf. durch einen Auflagerbalken biegesteif auszuführen, geotechnische und statische Berechnungen hierzu erfolgen im Zuge der weiteren Planung. Die Höhenlage des Gneishorizontes ist im Bereich der Dammquerung nicht genau bekannt, ggf. ist bereichsweise ein Felsabtrag erforderlich.

Auf der Luftseite des Dammes verläuft der Kanal entlang des dortigen Unterhaltungsweges auf einer Länge von 95 m mit einem Gefälle von bis zu 8,5%. Es handelt sich hierbei um ein vergleichsweise steiles Gefälle, was jedoch aufgrund der Topographie des Tals auch in anderen Bereichen der Kanaltrasse (Haltung Cf033 6,7%) nahezu erreicht wird. Zur Reduzierung des Gefälles könnten punktuelle Abstürze in den Schächten angeordnet werden, nach Vorgabe des Betreibers ist aus Unterhaltungsgründen jedoch ein durchgängiges steiles Gefälle gewünscht und daher vorgesehen. Entlang der geplanten Kanaltrasse werden Spül- und Unterhaltungsschächte mit einem maximalen Abstand von 90 m angeordnet.

Da der Kanal bereichsweise im Stauraum verläuft wird dieser im Einstaufall des HRB überstaut. Es ist daher eine druckdichte Ausführung der Schächte im Bereich der Einstaufläche erforderlich. Die druckdichte Ausführung der Schächte verhindert eine Belüftung des Kanals auf 280 m Länge. Nach Vorgabe des AZV kann auf eine Belüftungseinrichtung verzichtet werden.

Die bestehenden sechs Schächte Cf032 bis Cf027 entlang der bisherigen Kanaltrasse innerhalb des geplanten Stauraums werden rückgebaut, die zwischenliegenden Leitungsabschnitte zur Reduzierung der Eingriffe

verdämmt. Im Bereich der Dammaufstandsfläche wird der Abwasserkanal auf einer Länge von 140 m vollständig rückgebaut.

4.5 Kampfmittelerkundung

Für das HRB Bohrrtal wurde vom Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Baden-Württemberg im Juni 2016 eine multitemporale Luftbildauswertung wegen eventuell vorhandener Kampfmittelbelastung durchgeführt. Die Auswertung der Luftbilder ergab, dass es keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bombenblindgängern gibt und keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. Die entsprechenden Unterlagen liegen als Anhang B bei.

4.6 Grunderwerb

Für die Realisierung der Baumaßnahme ist es erforderlich, dass alle funktionellen Teile des Rückhaltebeckens auf Flächen der Stadt Freiburg errichtet werden. Zu diesen Bereichen zählen u.a. das Dammbauwerk mit dem Auslassbauwerk, die Zufahrts- und Unterhaltungswege sowie Flächen für ökologische Ausgleichsmaßnahmen.

Weiterhin ist für die Baumaßnahme selbst die vorübergehende Inanspruchnahme von zusätzlichen Flächen für die Baustelleneinrichtung und als Lagerflächen notwendig. Hierfür steht auf Flurstück 121, das sich bereits im Besitz der Stadt Freiburg befindet, eine Fläche von ca. 10.000 m² zur Verfügung.

Die zu erwerbenden Flächen sowie die vorübergehend während der Bauphase benötigten Flächen sind im Grunderwerbsplan (siehe Anlage 2.1.5) dargestellt. Eine Auflistung der Flächen liegt als Grunderwerbsverzeichnis bei (Anhang A).

4.7 Unterhaltungsmaßnahmen

Die zukünftigen Unterhaltungsmaßnahmen am HRB Bohrrtal werden durch die Stadt Freiburg, beziehungsweise in deren Auftrag durchgeführt. Dies beinhaltet die regelmäßige Kontrolle und Wartung sämtlicher Bauwerke, der beweglichen Teile und der Messeinrichtungen, sowie die Bewirtschaftung bzw. die Pflege des Dammes, der Wege, des Gewässers und der sonstigen Anlagen.

4.8 Entschädigungszahlungen

Die Stadt Freiburg zahlt auf der Grundlage noch abzuschließender zivilrechtlicher Vereinbarungen nach jedem Beckeneinstau Entschädigungen für Aufwuchsschäden und sonstige wirtschaftliche Nachteile an die Eigentümer bzw. Bewirtschafter der betroffenen Grundstücke, soweit diese Schäden nicht durch natürliche Ausuferungen des Bohrerbachs verursacht wurden. Die Entschädigungen werden nach den aktuellen Richtsätzen des Bauernverbandes ermittelt. Durch die Hochwasserrückhaltung aufgelandetes Material wird von der Stadt Freiburg bzw. auf deren Kosten von den Flächen abgeräumt.

4.9 Landschaftspflegerisch begleitende Maßnahmen

Die für die Realisierung des Hochwasserrückhaltebeckens erforderlichen ökologischen Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit und der landschaftspflegerische Begleitplan wurden von Scheuber Landschaftsarchitekten, Marie-Curie-Straße 3, 79100 Freiburg durchgeführt. Die Unterlagen liegen in Anlage 5 und 6 bei.

4.10 Bauablauf

Nachfolgend wird ein möglicher Bauablauf für die Herstellung des HRB Bohrerthal kurz zusammengefasst:

- Baustelleneinrichtung
- Räumen und Roden der erforderlichen Flächen
- Oberbodenabtrag
- Herstellung von Baustraßen
- Sanierung und Umlegung SW-Kanal
- Rückbau der bestehenden Schächte und Verdämmung der bestehenden Leitungen des SW-Kanals
- Herstellung eines bauzeitlichen Umleitungsgerinnes für den Bohrerbach
- Grabenumlegung (Anschluss an Umleitungsgerinne)
- Aushub Baugrube für Auslassbauwerk
- Herstellung Auslassbauwerk
- Sohl- und Böschungssicherungsarbeiten im Bereich des Auslassbauwerks
- Herstellung Pegelstrecke mit Messsteg
- Rückbau Absturz Bohrerbach
- Verfüllung des Umleitungsgerinnes und Anschluss der Grabenumlegung an den Bohrerbach (einschl. Rohrüberfahrt)
- Umleitung des Bohrerbachs durch das Auslassbauwerk
- Herstellung der Dichtwand
- Dammschüttung und Herstellung Grabenumlegung (Verrohrung) im Bereich des Betriebsgebäudes
- Herstellung Betriebsgebäude
- Wegebauarbeiten einschl. Furten
- Andecken des Oberbodens
- Restarbeiten
- Räumen der Baustelle

4.11 Probestau

Nach Fertigstellung und Betriebsfähigkeit aller für den Einstau erforderlichen Anlagen-, Betriebs- und Überwachungseinrichtungen ist nach DIN 19700, Teil 12, ein Probestau möglichst bis zur Höhe von mindestens $\frac{3}{4}$ des Vollstau Z_V durchzuführen (ca. 413 m ü. NHN). Dieser kann bei einem geeigneten Hochwasserzufluss durchgeführt werden. Nach erfolgreichem Probestau ist das Hochwasserrückhaltebecken für den Normalbetrieb freizugeben.

Im Rahmen dieses Probestaus sind zur Überprüfung der berechneten Wasserstände Abflussmessungen durchzuführen. Die Erkenntnisse des Probestaus sind in die Betriebsvorschrift aufzunehmen.

5 Planung des HRB Breitmatte

Auf Basis von zahlreichen vorangegangenen Untersuchungen (siehe Kapitel 2) wurde als Vorzugslösung zur Herstellung des Hochwasserschutzes für die Ortslage Freiburg der Bau des HRB Bohrerthal (Auslegung $HQ_{100+LF\text{ Klima}}, S_V \geq 190.000\text{ m}^3$) und ein Neubau des HRB Breitmatte (Auslegung $HQ_{100+LF\text{ Klima}}, S_V = 40.000\text{ m}^3$) beschlossen. Im Folgenden wird die Planung und Funktionsweise des HRB Breitmatte erläutert.

5.1 Vermessungsgrundlage

Das Planungsgebiet und der Hölderlebach wurden in mehreren Detailvermessungen zwischen 8/2015 und 4/2017 durch die Stadt Freiburg aufgenommen. Die Vermessungsdaten liegen im Höhensystem DHHN92 (m ü. NHN) vor.

5.2 Standortfestlegung und Damstrassierung

Das geplante Hochwasserrückhaltebecken Breitmatte befindet sich zwischen den Freiburger Stadtteilen Wiehre und Günterstal. Dort liegt südlich der Kleingartenanlage an der Wonnhaldestraße zwischen Schauinslandstraße und Hölderlebach die Wiesenfläche Breitmatte. Diese wird durch Abschläge aus dem Hölderlebach bei Hochwasser durchflossen und ist durch mehrere Biotope gekennzeichnet. Im Bereich der Wiesenfläche befindet sich derzeit bereits ein Hochwasserrückhaltebecken.

Das Rückhaltevolumen sowie die Steuerung des derzeitigen Hochwasserrückhaltebeckens sind für die angestrebte Lösung zur Herstellung des Hochwasserschutzes nicht ausreichend. Das bestehende HRB ist daher umzubauen. Der Stauraum des HRB Breitmatte wird in der hochwasserfreien Zeit nicht durch den Hölderlebach durchflossen, es handelt sich damit um ein Hochwasserrückhaltebecken im Nebenschluss (siehe Anlage 3.1.2 und Abbildung 5.1).

Die gesteuerte Einleitung des Hochwasserabflusses in das HRB erfolgt durch ein Trennbauwerk. Dieses besteht aus einem Steuerbauwerk mit zwei Schütztafeln im Hölderlebach sowie einem Steuerbauwerk mit einer Schütztafel als Einleitung in den Stauraum. Das erforderliche Rückhaltevolumen von 40.000 m^3 wird durch einen Erddamm entlang der Wonnhaldestraße mit einer Gesamtlänge von 540 m und einer mittleren Höhe über Gelände von 2,90 m geschaffen. Der Damm wird luft- und wasserseitig mit Böschungsneigungen von 1:2,5 hergestellt und bindet durch Ausrundungen an das bestehende Gelände an. Die Dammkrone liegt auf einer Höhe von 300,30 m ü. NHN und ist durch einen Unterhaltungsweg befahrbar.

Bei Vollstau entsteht eine Einstaufläche von 3 ha. Die Entleerung des HRB erfolgt durch ein Ausleitungsbauwerk auf Höhe der Wonnhaldestraße. Die Höhe des Damms beim Auslassbauwerk beträgt 5,9 m in Dammschne. In Anlehnung an die DIN 19700 wird nach Abstimmung mit der unteren Wasserbehörde das HRB Breitmatte als „kleines Becken“ eingestuft.

Bei Überstau des HRB (außergewöhnlicher Lastfall) erfolgt eine Notentlastung über die im Damm integrierte überströmbare Dammschne (Hochwasserentlastungslänge) mit einer Gesamtlänge von 150 m und einer

luftseitigen Böschungsneigung von 1:6. Diese wird durch ein begrüntes Schotter-Mastix-Deckwerk gesichert.

Die erforderliche Steuerung des HRB Breitmatte erfolgt durch ein Trennbauwerk im Hölderlebach, ein Einleitungsbauwerk in das HRB sowie ein Ausleitungsbauwerk. Trennbauwerk und Einleitungsbauwerk stellen einen zusammenhängenden Bereich dar. Die Steuertechnik ist in einem Betriebsgebäude untergebracht, dieses wird zwischen Bohrerbach und dem dortigen Uferweg auf Höhe des Trennbauwerks angeordnet. Durch den Stauraum des Hochwasserrückhaltebeckens fließen einzelne Gräben. Diese sollen aus ökologischen Gesichtspunkten bestehen bleiben. Die Gräben queren in mehreren Bereichen die geplante Dammtrasse. Es ist daher eine Fassung der Gräben am Dammfuß und eine dammparallele Führung zum Ausleitungsbauwerk vorgesehen. Um ein unkontrolliertes Zuströmen in den Stauraum im Hochwasserfall durch die Gräben zu verhindern, ist eine Drosselung der Gräben im Hochwasserfall durch die Anordnung von zwei manuell zu betätigenden Schiebern an den Ausleitungen erforderlich.



Abbildung 5.1 Bestandssituation im Bereich der Breitmatte (Blick auf den Rückhaltedamm entlang der Wonnhaldestraße)

5.3 Hydrologische Bemessungsgrößen

Die hydrologischen Grundlagen zur Bemessung des HRB Breitmatte sind in Kapitel 2.2 beschrieben. Das Rückhaltevolumen wird auf ein 100-jährliches Hochwasserereignis einschließlich des sog. „Lastfall Klimaänderung“ ausgelegt. In Kombination mit dem geplanten HRB Bohrrtal ist für das HRB Breitmatte ein Rückhaltevolumen von 40.000 m³ erforderlich. Das HRB Breitmatte ist als gesteuertes Becken konzipiert. Da es sich um ein HRB im Nebenschluss handelt, ist als Abschlag in den Stauraum ein Trennbauwerk im Bohrerbach erforderlich. Das Trennbauwerk begrenzt den Abfluss im Hölderlebach auf eine konstante Regelaufgabe von 10,3 m³/s, der maximale Abschlag in den Stauraum beträgt bei HQ_{100+LF Klima} 4,7 m³/s. Ein Einstau des HRB ergibt sich erst bei Hochwasserereignisse > HQ₂₀, das Becken geht entsprechend selten in Einstau.

Tabelle 5.1 Zuflussscheitelwerte verschiedener Jährlichkeiten am HRB Breitmatte mit und ohne HRB Bohrrtal (WALD + CORBE 12/2014)

HRB Breitmatte		HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ _{100k}	HQ ₅₀₀	HQ _{5.000}
Zulauf Breitmatte mit HRB Bohrrtal	[m ³ /s]	6,1	7,7	8,9	10,2	12,2	13,6	15,0	27	70
Ablauf Breitmatte	[m ³ /s]	6,1	7,7	8,9	10,2	10,3	10,3	10,3	27	70
Zulauf Breitmatte ohne HRB Bohrrtal	[m ³ /s]	6,1	8,6	12,1	15,9	21,8	25,8	29,7	40	73

In Abbildung 5.2 sind die zeitlichen Verläufe des Einstau- und Entleerungsvorgangs für die maßgebenden Abflussszenarien zur Bemessung des HRB Breitmatte dargestellt:

HQ_{100+LF Klima} mit dem höchsten Scheitelwert von 15 m³/s (3 Stunden-Regen)

HQ_{100+LF Klima} aus dem das größte Einstauvolumen resultiert (24 Stunden-Regen)

Für die Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens wird das größte Einstauvolumen zugrunde gelegt, das sich bei der Ganglinie eines HQ_{100+LF Klima} infolge eines 24 Stunden-Regens ergibt. Der Beckeneinstau bzw. die Füllung des Rückhaltereaumes beginnt bei einem Abfluss des Hölderlebachs von 10,3 m³/s. Mit steigendem Abfluss im Hölderlebach wird der Abschlag in das Becken am Trennbauwerk erhöht, um den Abfluss des Hölderlebachs konstant bei 10,3 m³/s zu halten. Die Entleerung des HRB erfolgt manuell mit Rückgang der Scheitelabflüsse. Für das Bemessungsereignis HQ_{100+LF Klima} / 24 Stunden-Regen beträgt die Dauer der Füllung und Entleerung min. 18 Stunden.

Der Spitzenabfluss von 14,8 m³/s bei HQ_{100+LF Klima} tritt im Hölderlebach in Folge eines 3 Stunden-Regens auf. Hierbei wird ein Rückhaltevolumen von 35.900 m³ benötigt. Die Dauer der Füllung und Entleerung beträgt hierbei min. 7,5 Stunden.

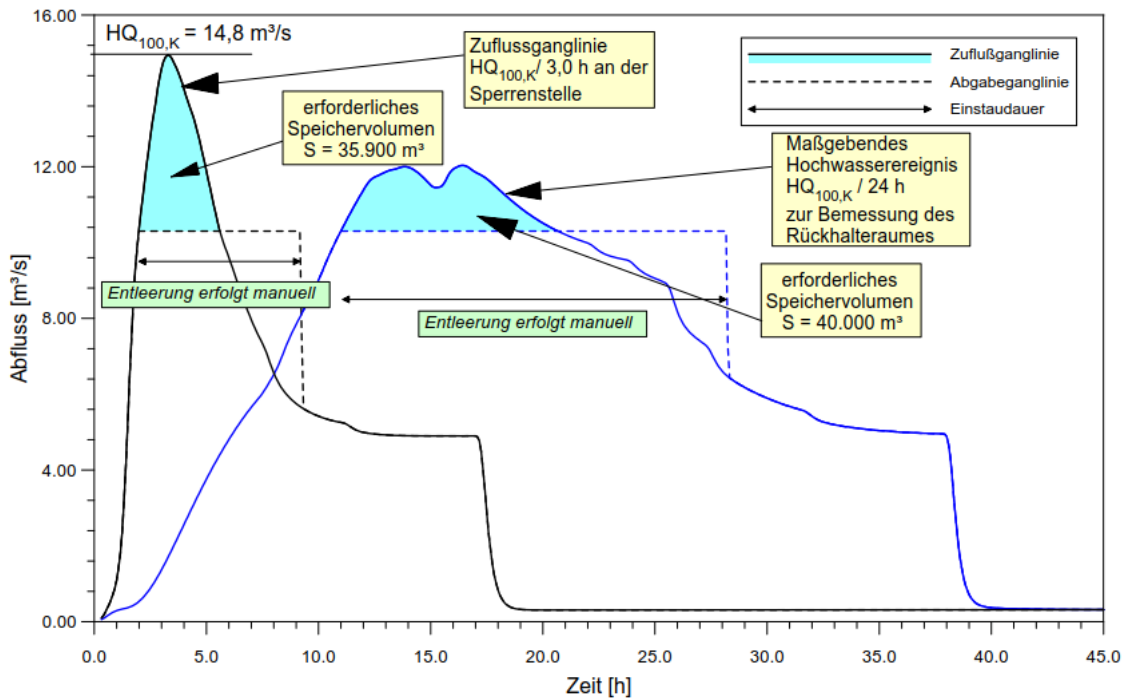


Abbildung 5.2 Wirkungsweise des HRB Breitmatte bei HQ_{100+LF} Klima mit HRB Bohrertal

In Abbildung 5.3 ist die Speicher- und Flächeninhaltslinie für das HRB Breitmatte dargestellt. Aus dem Diagramm ist ablesbar, dass die überstaute Fläche bei Vollstau rd. 3 ha beträgt. Weiterhin ist erkennbar, dass für das erforderliche Rückhaltevolumen von 40.000 m³ unter Berücksichtigung von steuertechnischen Reserven eine Einstauhöhe von 299,00 m ü. NHN erforderlich ist.

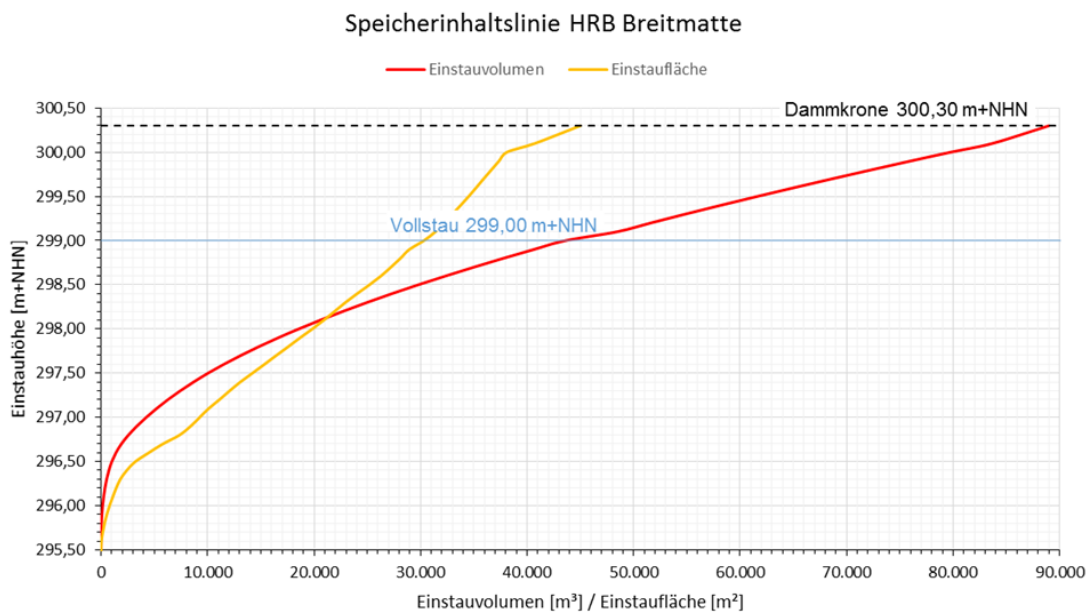


Abbildung 5.3 Speicher- und Flächeninhaltslinie HRB Breitmatte

5.4 Geotechnisches Gutachten

Zur Planung des HRB Breitmatte wurde eine Baugrunderkundung, ein geotechnischer Entwurfsbericht sowie eine Bemessung des Schotter-Mastix-Deckwerks durch die Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH (GGU), Am Römerbad 23/1, 74613 Öhringen erstellt. Diese liegen den Planunterlagen in Anlage 4.3, 4.4 und 4.5 bei. Das Hochwasserrückhaltebecken ist nach Vorgaben der geotechnischen Gutachten geplant.

5.4.1 Baugrund

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des Baufeldes wurden mit insgesamt 8 Bohrungen (max. Tiefe 12 m), erkundet. Ergänzend dazu wurden im März 2017 noch 4 Baggerschürfe und 3 Stemmschürfe hergestellt. Nach den Bohrergebnissen zeigt sich folgender Untergrundaufbau:

- Mutterboden

Der Mutterboden ist ein brauner bis rötlichbrauner z. T. grauer, schwach humushaltiger, schwach toniger, sandiger Schluff, der nach DIN 18196 in die Gruppe der Böden mit organischen Beimengungen (OT, OU) eingestuft wird. Die Konsistenz ist je nach Witterung weich bis halbfest. Der Mutterboden wird vor Baubeginn abgeschoben (i. M. 30 cm), zwischengelagert und nach Abschluss der Baumaßnahme wieder auf den entsprechenden Flächen (Rückhaltedamm, BE-Flächen usw.) angeeckt.

- Hangablagerungen (Hanglehm, Hangschutt)

Innerhalb des Untersuchungsgebiets wird lokal überwiegend feinkörniger Hanglehm angetroffen. Der Hanglehm wird als sandiger bis stark sandiger, toniger Schluff mit geringem Anteil an kantigem Kies vorgefunden. Die Konsistenz ist überwiegend steif (bereichsweise aber auch weich). Die Hangablagerungen sind stark wasser- und frostempfindlich.

- Talablagerungen (Talschotter, Decklehm)

Die Talschotter (Geröll) in Kies-, Stein- und Blockgröße sind meistens angerundet bis schwach gerundet, lokal auch gerundet und weisen überwiegend nur einen geringen Feinkornanteil auf. Die Talschotter sind lokal von geringmächtigen Decklehmen in Form von sandigen Schluffen überdeckt.

- Gesteinsgrusbildungen

Die Umwandlung von kristallinen Festgesteinen des Grundgebirges in sandige bis feinkiesige Lockergesteine bei vollkommener Erhaltung ihres Gefüges wird als Vergrusung bezeichnet. Der Gesteinsgrus und die gelösten Festgesteine bilden das Ausgangsmaterial, aus dem durch Erosion, Transport, Verwitterung und Ablagerung die meisten quartären Ablagerungen im untersuchten Bereich entstanden sind.

5.4.2 Abfalltechnische Klassifizierung

Zur abfalltechnischen Klassifizierung der Aushubmaterialien im Bereich der Dammaufstandsfläche wurde aus den 6 Schürfen jeweils eine Mischprobe entnommen und analysiert. Die Einstufung des Aushubmaterials des Altdamms erfolgt aufgrund von naturbedingten (geogenen) erhöhten Gehalten an Schwermetallen (Kupfer, Nickel) als Z2. Es ist ein Wiedereinbau vor Ort in den neuen Damm gemäß der ursprünglichen Zweckbestimmung geplant. Besondere Vorkehrungen sind aufgrund der geogen vorliegenden Belastungen nicht vorgesehen.

Das Material im Beckenbereich kann gemäß der Einstufung Z0* IIIA wiederverwertet werden.

Das Material ist hinsichtlich Betonaggressivität in keine Expositionsklasse und hinsichtlich Stahlaggressivität in Bodenklasse I a (praktisch nicht aggressiver Boden) einzustufen.

5.4.3 Grundwasserverhältnisse

Die in den Bohrungen und Sondierungen eingemessenen Grundwasserstände sind in den jeweiligen Profilen dargestellt. Im Untersuchungsgebiet kann zwischen einem Porengrundwasserleiter und einem Kluftgrundwasserleiter unterschieden werden. Der Porengrundwasserleiter wird von den durchlässigen kiesigen und sandigen Schichten der Hangablagerungen, der Talschotter und den vergrusten Bereichen gebildet. Der Kluftgrundwasserleiter ist in den klüftigen bis stark klüftigen Metatextiten und Graniten ausgebildet. Die Speisung erfolgt durch Versickerung aus den überlagernden Porengrundwasserleitern und durch Exfiltration aus dem Hölderlebach.

Zur Bestimmung der Grundwasserbeschaffenheit wurde eine Grundwasserprobe entnommen und hinsichtlich Beton- und Stahlaggressivität analysiert. Das Grundwasser ist demnach in Expositionsklasse „XA2“ (chemisch mäßig angreifend) einzustufen. Die Stahlaggressivität ist sehr gering.

5.5 Ausbildung des Hochwasserschutzdammes

Der Rückhaltedamm verläuft gebogen in Ost-West-Richtung südlich der Kleingartenanlage (Wonnhaldestraße) zwischen der Schauinslandstraße und dem Bohrerbach. Die Dammtrasse orientiert sich am bestehenden Rückhaltedamm. Die Kronenlänge beträgt 540 m. Um eine möglichst gute Einbindung in die Landschaft zu erreichen, ist ein begrünter Erddamm vorgesehen. Die Kronenbreite des Dammes beträgt 4,0 m und erhält eine Querneigung von 2,5 % zur Wasserseite. Als Hochwasserentlastungsanlage (HWEA) wird der Damm auf 150 m Länge entlang der Wonnhaldestraße überströmbar ausgebildet. Der Damm wird luft- und wasserseitig mit Böschungsneigungen von 1:2,5 hergestellt und bindet durch Ausrundungen im Fußbereich in das bestehende Gelände ein. Lediglich im Bereich der überströmbar Dammscharte wird die Böschung auf der Luftseite aus Erosionsschutzgründen flacher ausgeführt. Die Böschungsneigung beträgt dort 1:6.

Der Zugang zum Trennbauwerk und zum Betriebsgebäude ist auch bei in Betrieb befindlicher Hochwasserentlastungsanlage aus südlicher Richtung kommend über den Breitmattenweg möglich.

In Tabelle 5.2 sind die wesentlichen Kenngrößen des HRB Breitmatte zusammengestellt.

Tabelle 5.2 Technische Daten HRB Breitmatte

Auslegung des Speicherinhalts	HQ _{100, LF Klima}
Kronenhöhe	300,30 m ü. NHN
Beckeninhalt	40.000 m ³
Drosselabfluss	10,3 m ³ /s
Maximale Dammhöhe über Talsohle	ca. 4,40 m
Kronenlänge	540 m
Kronenbreite	4,0 m
Maximale Dammbreite mit Ausrundungsbereich	35 m
Böschungsneigung – Damm	1:2,5
Breite der Hochwasserentlastungsanlage (Dammscharte mit Schotter-Mastix-Deckwerk, Kernbereich)	150 m
Neigung Hochwasserentlastung	1:6
Vollstau Z _v	299,00 m ü. NHN
Bemessungshochwasser BHQ ₁ (= HQ ₅₀₀)	27 m ³ /s
Bemessungshochwasser BHQ ₂ (= HQ _{5.000})	70 m ³ /s
Klassifizierung DIN 19700	Kleines Becken

5.5.1 Dammregelquerschnitt

Der Damm wird gemäß den Anforderungen aus dem geotechnischen Gutachten als Zonendamm hergestellt. Dieser besteht aus einem Stützkörper, einer wasserseitigen Dichtungsschicht mit filterstabilem Aufbau und einer bodennahen Dränschicht. Zur Kontrolle des Sickerwassers aus der Dränschicht wird eine Sohldränage auf der Luftseite angeordnet, die an den Hölderlebach anschließt.

5.5.2 Dichtwand als Untergrundabdichtung

Gemäß dem geotechnischen Entwurfsbericht (siehe Anlage 4.4) ist eine Abdichtung gegen Unterströmung des Rückhaltdammes erforderlich. Diese ist in Form einer durchgängigen Dichtwand (Einphasenschlitzwand) vorgesehen. Die Dichtwand bindet in den anstehenden Felshorizont ein und hat eine Tiefe von rd. 6 m unter Gelände. Die Dichtwand verläuft entlang der Trasse der Dichtungsschicht im Dammkörper und bindet an diese an. Gemäß dem geotechnischen Entwurfsbericht ist für eine ausreichende Standsicherheit des Dammes eine durchgängige Dichtwand erforderlich.

Zur Beurteilung der Einflüsse der Dichtwand auf die Grundwassersituation steht die Auswertung der Baugrunderkundung HRB Breitmatte zur Verfügung (siehe Anlage 4.3). Hierin werden die in der Untergrunderkundung angetroffenen Bodenschichtungen sowie die angetroffenen Grundwasserstände ausgewiesen. Demnach gliedert sich der Untergrund in einen Porengrundwasserleiter (Sand und Kies, teilweise schluffig) und einen darunter liegenden, gering durchlässigen Kluftgrundwasserleiter (Gneis). Die bei Bohrung angetroffenen Grundwasserstände liegen oberhalb des Gneisniveaus im Porengrundwasserleiter. Sie zeigen Mächtigkeiten in unmittelbarer Nähe des Hölderlebachs von ~3 m (B7) und fallen deutlich mit zunehmendem Abstand zum Gewässer auf wenigen Zentimeter ab. Die Flurabstände liegen zwischen 2,80 m (B6) bis hin zu 5,50 m (B3) und sind damit durchgängig hoch.

Rund 350 m unterstrom des geplanten Dammstandortes wird das gesamte Tal durch einen tief eingeschnittenen Zufahrtsgraben zum Lorettotunnel gequert. Es ist anzunehmen, dass der Zufahrtsgraben eine Drainage des Grundwasserleiters darstellt.

Die erforderliche Dichtwand unter dem Rückhaltedamm bindet in den Kluftgrundwasserleiter ein. Diese hat eine Länge von rd. 550 m und wird voraussichtlich den Porengrundwasserleiter auf einer Länge von rd. 550 m aufstauen. Ein Abfließen des Grundwassers ist dann durch den Grundablass des Ausleitungsbauwerks möglich. Das Wasser fließt dabei dem Hölderlebach zu. Die hierbei auftretenden Abflüsse wurden anhand der Formel von Darcy ($Q = k_f \cdot i \cdot A$) abgeschätzt. Bei einem maximalen Grundwassergefälle zwischen B5 und B6 von $i = 2,3\%$, einer angenommenen mittleren Grundwassermächtigkeit von 1,30 m, einer angenommenen Breite von 300 m sowie Durchlässigkeiten im Bereich der Bohrung B6 von $k_f = 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ ergibt sich ein Grundwasserstrom von $Q = (300 \text{ m} \cdot 130 \text{ m}) \cdot (8,3 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,023 = 7,5 \text{ l/s}$

Ein Grundwasserstrom von ~7,5 l/s kann problemlos durch das Grundablass (Rohrleitung DN400) abgeführt werden. Der Mittelwasserabfluss im Hölderlebach liegt gemäß LUBW (LUBW, Abflusskennwerte Baden-Württemberg, 3/2007) bei $MQ = 376 \text{ l/s}$, ein Zustrom von zusätzlich ~7,5 l/s entspricht rd. 2% und ist daher für die Mittelwasserführung als unbedeutend einzustufen.

Der Einfluss eines potentiellen Grundwasseranstiegs im Bereich des Stauraums des Hochwasserrückhaltebeckens wird aus Sicht der Umweltplanung generell als positiv bewertet (siehe Anlage 5.1), da davon ausgegangen wird, dass die im Bereich des Stauraums bereits vorhandenen hochwertigen Standorte an Feuchtwiesen zunehmen.

Unterstrom des HRB befindet sich eine Kleingartenanlage. Diese wird durch ein Grabensystem aus dem Hölderlebach mit Wasser versorgt. Grundwasserentnahmestellen in der Kleingartenanlage sind nicht bekannt. Die Auswirkungen einer potentiellen Abnahme des Grundwasserstroms im Bereich der Kleingartenanlage werden aufgrund der vergleichsweise großen Flurabstände als gering eingestuft. Es ist davon auszugehen, dass spätestens ab der eingeschnittenen Zufahrt zum Lorettotunnel keine Veränderungen im Grundwasserstrom durch die geplante Maßnahme auftreten.

5.5.3 Setzungsverhalten

Gemäß dem geotechnischen Gutachten ist mit Setzungen im Dammbereich von maximal 2 cm bis 5 cm zu rechnen. Entlang der Rohrleitungen des Ausleitungsbauwerks ergeben sich maximale Setzungen von 1,2 cm bis 3 cm. Eine Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit ist gemäß dem geotechnischen Gutachten hierdurch nicht gegeben (siehe Anlage 4.4).

5.6 Bauwerke zur Steuerung des HRB

Zur Beaufschlagung des HRB Breitmatte sind ein Trennbauwerk im Hölderlebach sowie ein Einleitungsbauwerk auf der rechten Uferseite erforderlich. Das Trennbauwerk besteht aus einer zweizügigen Wehranlage und dient dazu, den Hölderlebach im Betriebsfall lokal aufzustauen (rd. 1,8 m über Sohle). Das Einleitungsbauwerk besteht aus einer einzügigen Wehranlage und regelt bei gegebenem Stauwasserspiegel den Abschlag in das HRB. Die erforderliche Mess- und Steuertechnik für die Wehranlagen ist im dortigen Betriebsgebäude untergebracht.

Die Entleerung des HRB erfolgt durch ein Ausleitungsbauwerk im Bereich der Wonnhaldestraße. Dieses besteht aus zwei Ablaufleitungen mit jeweils einem Plattenschütz zur Regulierung.

Die erforderlichen Mess- und Steuereinrichtungen sind in Kapitel 5.7 beschrieben.

5.6.1 Trennbauwerk im Hölderlebach

Das geplante Trennbauwerk im Hölderlebach befindet sich oberstrom des Waldhauses im Bereich des Uferweges am westlichen Ende des Dammes (Station 13+179).

Das geplante Trennbauwerk hat eine Länge von 27 m und wird in Stahlbetonbauweise als Trogbauwerk errichtet. Es wird durch die Wehranlage in ein Ökogerinne, sowie einen Betriebsauslass geteilt (siehe Anlage 3.4.1). Die Wehranlage besteht aus zwei Schützen mit einer lichten Weite von jeweils $B \times H = 4,50 \times 1,60$ m. Diese sind außerhalb des Betriebs des Beckens geöffnet. Die Sohle des Ökogerinnes liegt rd. 0,5 m tiefer als die des Betriebsauslasses, bei normalen Abflussbedingungen findet der Abfluss damit vollständig im Ökogerinne statt. Der Betriebsauslass wird durch einen plattigen Steinsatz mit begrünem Fugenraum gepflastert. Im Ökogerinne ist eine Sohlbelegung mit örtlichem Bachsubstrat vorgesehen um die ökologische Durchgängigkeit aufrecht zu erhalten. Weiterhin ist zur Herstellung der terrestrischen Durchgängigkeit die Anordnung einer durchgängigen Berme im Ökogerinne geplant (siehe Kapitel 5.6.6).



Abbildung 5.4 Bestandssituation im Bereich des geplanten Trenn- und Einleitungsbauwerks

Bei Betrieb des HRB Breitmatte wird das Schütz im Ökogerinne voll geschlossen, hierdurch werden erhöhte Strömungsangriffe auf die natürliche Bachsohle (Ausräumen des Bachsubstrats im Trogbauwerk) verhindert. Das Schütz des Betriebsauslasses wird soweit abgesenkt, dass sich ein steuertechnisch erforderlicher Stauwasserspiegel von 301,60 m ü. NHN einstellt. Bei einer Sohlhöhe von 299,80 m ü. NHN im Schützquerschnitt liegt der Stauwasserspiegel rd. 1,8 m über Gewässersohle. Beide Schütze können unabhängig voneinander betrieben werden. Hierdurch kann beim Versagen des geschlossenen Schützes im Betriebsauslass (außergewöhnlicher Lastfall) eine Steuerung über das Schütz im Ökogerinne erfolgen (n-1 Regel).

Weiterhin wird auf der rechten Uferseite ein gezielter Tiefpunkt im dortigen Uferweg angeordnet. Dieser liegt mit einer Höhe von 302,11 m ü. NHN rd. 0,60 m über dem geplanten Stauwasserspiegel (301,60 m ü. NHN), sowie rd. 0,40 m unter der Oberkante des Trennbauwerks (302,50 m ü. NHN). Im Versagensfall der zwei Schütze im Trennbauwerk (geschlossen) wäre damit ein, wenn auch unkontrollierter Abschlag in das HRB, möglich. Es würde somit nicht zu einem Überströmen der Wehranlage kommen.

Unterstrom des Betriebsauslasses ist ein rd. 7 m langes und 4,50 m breites Tosbecken zur Energieumwandlung erforderlich (Bemessung siehe Kapitel 5.8.2). Das Tosbecken liegt rd. 0,45 m tiefer als die Sohle des Ökogerinnes und 0,80 m tiefer als die Sohle des Betriebsauslasses. Durch die tiefere Lage des Tosbeckens

wird sich dort Wasser sammeln. Um einen Wasseraustausch zu ermöglichen sind im Mittelpfeiler zwei Öffnung (0,30 m x 0,50 m) vorgesehen. Diese befinden sich rd. 0,25 über der Sohle des Ökogerinnes und werden damit bei Mittelwasser beaufschlagt. Hierdurch wird ein Frischwassereintrag ermöglicht, weiterhin ist eine Rückwanderung in das Gewässer für Fische und Kleinlebewesen die in das Tosbecken geraten möglich. Zusätzlich wird am Ende des Tosbeckens eine Aufstiegshilfe in Form einer geneigten Rampe mit einer Steinbelegung angeordnet.

5.6.2 Einleitungsbauwerk in das HRB

Der über 10,3 m³/s hinausgehende Abflussanteil wird durch das Einleitungsbauwerk (seitlich angeordneter Abschlag am Trennbauwerk) in den Stauraum geleitet. Das Einleitungsbauwerk befindet sich rd. 8 m oberstrom des Trennbauwerks an der rechten Uferseite des Hölderlebachs (siehe Anlage 3.4.2). Es hat eine Länge von 18 m und wird in Stahlbetonbauweise als Trogbauwerk errichtet. Der dortige in Nord-Südrichtung verlaufende Breitmattenweg wird durch eine Brückenplatte über das Bauwerk geführt. Auf Höhe der Brückenplatte befindet sich das für die Steuerung erforderliche Verschlussorgan. Dieses besteht aus einem Schütz mit einer lichten Weite von B x H = 4,50 x 1,60 m (siehe Anlage 3.4.2). Das Einleitungsbauwerk dient bei dem durch das Trennbauwerk vorgegebenen Stauwasserspiegel zur exakten Drosselung der Zulaufwassermenge zum Hochwasserrückhaltebecken.

Die Einlaufhöhe des Einleitungsbauwerks liegt auf 300,30 m ü. NHN und damit rd. 0,30 m über der Sohle des Ökogerinnes sowie oberhalb des Mittelwasserabflusses. Das Schütz am Einleitungsbauwerk ist außerhalb des Betriebs des HRB bis auf wenige cm vollständig geschlossen. Eine geringfügige Öffnung des Schützes wurde aus ökologischen Gesichtspunkten gewünscht, um eine begrenzte Beaufschlagung der angrenzenden Feuchtwiese bei erhöhten Abflüssen zu erreichen.

Im Betriebsfall des HRB übernimmt das Einleitungsbauwerk die Steuerung der Abschlagsmenge in das HRB. Diese liegt zwischen 0 und 4,7 m³/s. Gemäß der in Abschnitt 5.6.1 beschriebenen Berechnung ergibt sich eine Schützöffnungshöhe von 1 bis 35 cm. Das Schütz wird adaptiv in Abhängigkeit des Abflusses (Messung Stauwasserspiegel des Trennbauwerks) gesteuert. Im Bereich der Bauwerkssohle ist eine Pflasterung mit einem plattigen Steinsatz vorgesehen. Im Anschluss an das Trogbauwerk ist eine 14 m lange grobe Steinschüttung (LMB40/200) aus Wasserbausteinen geplant, die zur Erosionssicherung erforderlich ist.

Unterstrom der Einleitung befindet sich ein Querdamm der vorhandenen Rückhaltung mit einem Rohrdurchlass. Der Rohrdurchlass ist zur Ableitung des Hochwasserabflusses nicht ausreichend leistungsfähig. Es ist daher ein lokaler Rückbau des bestehenden Querdamms mit einem Rückbau des Durchlasses geplant, um einen erforderlichen Abfluss von rd. 5 m³/s rückstaufrei dem Becken zuzuleiten.

5.6.3 Ausleitungsbauwerk aus dem HRB

Die Entleerung des HRB erfolgt durch ein Ausleitungsbauwerk im Bereich der Wonnhaldestraße. Dieses besteht aus einer 11 m langen Zulaufleitung DN 1.200, einem Schieberschacht sowie einer Hauptentleerungsleitung DN 1.000 (Länge 24 m) und einer Restentleerungsleitung DN 400 (Länge 80 m). Die Zulaufleitung

wird mit einem Einlaufrechen gegen Verlegung ausgerüstet. Im Schieberschacht sind zwei getrennt voneinander zu bedienenden Schütze für die zwei Auslassleitungen angeordnet. Die Schütze können über Antriebsstände auf der Dammkrone bedient werden (siehe Anlage 5.3).



Abbildung 5.5 Bereich des geplanten Ausleitungsbauwerks im Bereich der Wonnhaldestraße

Eine Entleerung am Tiefpunkt des Stauraums ist anhand der unterhalb liegende Zwangspunkte (Kreuzung Gewässerablenkung in Richtung Kleingartenanlage) max. mit einer Rohrleitung DN 400 möglich. Bei Vollstau wäre hierbei mit vergleichsweise langen Entleerungszeiten von rd. 20 h zu rechnen. Es ist daher eine zweite Entleerungsleitung DN 1.000 vorgesehen. Diese liegt mit einer Höhe von 295,54 m ü. NHN 0,80 m über dem Beckentiefpunkt. Hierdurch ist eine Beckenentleerung bei entsprechender Abflusskapazität im Bohrerbach innerhalb von 3 h möglich.

An das Ausleitungsbauwerk bindet das bestehende Grabensystem im Stauraum an, das bei längeren Niederschlägen bzw. erhöhten Abflüssen im Bohrerbach beaufschlagt wird. Außerhalb des Betriebsfalls ist die Restentleerungsleitung als Vorflut für die Gräben geöffnet, die Hauptentleerungsleitung ist geschlossen. Mit Inbetriebnahme des HRB werden beide Entleerungsleitungen geschlossen.

Die Entleerung des HRB Breitmatte erfolgt bei ablaufender Hochwasserwelle. Hierzu ist die Entleerungsleitung manuell zu öffnen. Auf eine automatische Steuerung zur Beckenentleerung wird bewusst aufgrund der hierzu erforderlichen, zusätzlich Pegelstrecke sowie der geringen Einstauwahrscheinlichkeit des HRB (1 x alle 20-50 Jahre) verzichtet.

5.6.4 Verschlussorgane an Abzweigen in den Stauraum

Der Stauraum des HRB Breitmatte ist durch ein Grabensystem mit mehreren Ausleitung aus dem Bohrerbach durchzogen. Diese würden im Hochwasserfall einen unkontrollierten Zufluss zum HRB verursachen. Ein dauerhaftes Verschließen der gesamten Ausleitungen ist aus ökologischen Gesichtspunkte nicht vorgesehen. Es sind daher die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen geplant.

Die in Fließrichtung gesehene erste Ausleitung liegt am Südende des Breitmattenwegs auf Höhe der unter Naturschutzstehenden Eiche. Hierbei handelt es sich um einen dauerhaft wasserführenden Abschlag, der entlang der Schauinslandstraße in Richtung Kleingartenanlage verläuft. Der Graben verläuft außerhalb des geplanten Stauraums. Gemäß der derzeitigen Situation würde es im Hochwasserfall zu einer zu großen Beaufschlagung des Grabens kommen, mit der Folge von Ausbordungen aus dem Graben und unkontrolliertem Zufluss in den Stauraum. Es ist daher eine Drosselung des Grabenabflusses im Hochwasserfall erforderlich.

Die Drosselung des Abflusses ist mit dem derzeitigen Ausleitungsbauwerk nicht möglich. Die Ausleitung befindet sich direkt angrenzenden an eine unter naturschutzstehende Eiche (siehe Abbildung 5.6). Da bauliche Eingriffe erforderlich sind, wird die Ausleitung um rd. 7 m nach unterstrom verlegt. Dort wird eine Führungsschiene aus Stahlbeton für eine Stahltafel mit einer lichten Weite von 0,80 m angeordnet. Diese dient der Drosselung des Abflusses. Im Anschluss erfolgt die Querung des dortigen Uferweges. Hierzu wird eine Rohrleitung DN 800 mit einer Länge von 13 m angeordnet. Diese bindet an den bestehenden Grabenverlauf an (siehe Anlage 3.4.4).



Abbildung 5.6 Bestandssituation bestehender Grabenzulauf in Richtung Kleingartenanlage

Rd. 25 m unterstrom der geplanten Ausleitung befindet sich ein Abschlag in den gleichen Grabenverlauf. Dieser liegt über dem Normalwasserspiegel und wird erst bei höheren Abflüssen beaufschlagt. Im Hochwasserfall würde die Leistungsfähigkeit des Grabens durch diesen Zufluss deutlich überschritten, Wasser würde

unkontrolliert dem HRB zufließen. Es ist ein dauerhafter Verschluss des Auslaufs durch eine Betonscheibe vorgesehen. Eine Beaufschlagung des Grabens erfolgt weiterhin durch die oberstromige Ausleitung.

Zwischen der geplanten Ausleitung und der Brücke als Zugang zum Hundesportgelände befindet sich eine Ausleitung zum sogenannten „Graben 2“ (siehe Abbildung 5.7). Diese liegt über dem Mittelwasserspiegel und wird erst bei höheren Abflüssen beaufschlagt. Aus ökologischen Gesichtspunkten bleibt die Ausleitung erhalten. Diese ist für den Betrieb des Hochwasserrückhaltebeckens um ein Verschlussorgan zu ergänzen.



Abbildung 5.7 Bestandssituation Zulauf Graben 2 (Beaufschlagung nur bei erhöhten Abflüssen)

Die bestehende Ausleitung besteht aus einer Holzschwelle parallel zum Hölderlebach, sowie einer angrenzend gepflasterten Fläche als Zulauf zur Querung des Uferweges. Die Querung des Uferwegs erfolgt durch ein rechteckiges Stahlbetonbauwerk mit einer lichten Querschnittsbreite von rd. 2,40 x 0,50 m am Einlauf. Es ist geplant den Einlauf des bestehenden Stahlbetonbauwerks durch eine Stahlbetonmauer auf eine lichte Weite von 0,80 m zu reduzieren und eine Führungsschiene für eine Stahltafel anzuordnen. Die Stahltafel bleibt außerhalb des HRB Betriebs geöffnet, so dass die Beaufschlagung des Grabens 2 bei erhöhten Abflüssen weiterhin gegeben ist (siehe Anlage 3.4.5). Im Betriebsfall des HRB wird der Zulauf durch manuelles Schließen der Schützttafel verschlossen.

5.6.5 Beckensteuerung im außergewöhnlichen Lastfall

Im außergewöhnlichen Lastfall (Zufluss größer $HQ_{100+LF\text{Klima}}$) kann es zu rechtsseitigen Ausbordungen entlang des Breitmattewegs oberhalb des Trennbauwerks kommen. Hierdurch würde das HRB Breitmatte zusätzlich beaufschlagt, eine Drosselung des Abflusses durch das Trennbauwerks wäre aber weiterhin möglich. Bei anhaltender Hochwasserwelle kann es im außergewöhnlichen Lastfall mit Erreichen des Vollstauziels zu einer Überschreitung des Beckenvolumens kommen. Das Trennbauwerk wird in einem solchen Fall weiter wie im normalen Betriebsfall betrieben. Somit würde der Abfluss im Hölderlebach weiterhin auf die Regelabgabe gedrosselt und das zusätzliche Wasser in das HRB eingeleitet. Durch das zusätzliche Wasser würde es

zu einer Überströmung der Hochwasserentlastung kommen und der entsprechende Abfluss breitflächig in Richtung Kleingartenanlage abfließen.

5.6.6 Ökologische Durchgängigkeit

Eingriffe in den Hölderlebach, die Auswirkungen auf den Mittel- und Niedrigwasserabfluss im Hölderlebach haben, finden lediglich durch das Trennbauwerk statt. Dieses hat eine Länge von 27 m und wird in Stahlbetonbauweise als Trogbauwerk im Bereich der derzeitigen Gewässersohle errichtet. Es wird durch die Wehranlage in ein Ökogerinne (rechtsseitig), sowie einem Betriebsauslass (linksseitig) geteilt (siehe Kapitel 5.6.1). Die Sohle des Ökogerinnes liegt rd. 0,5 m tiefer als die des Betriebsauslasses, bei normalen Abflussbedingungen findet der Abfluss damit vollständig im Ökogerinne statt.

Die Mittelwasserbreite im Ökogerinne wird durch Anlage einer seitlichen Anböschung auf die bestehende Sohlbreite reduziert, das mittlere Sohlgefälle beträgt rd. 2 %. Durch die Gewässergestaltung im Ökogerinne wird erreicht, dass die bestehenden Abflussverhältnisse (Fließtiefe und -geschwindigkeit) bei Mittel- und Niedrigwasser erhalten bleiben.

Auf der rechten Seite wird entlang der Außenwand eine durchgehende Berme mit einer Breite von ca. 50 cm und einer Höhe von 50 cm über der Sohle angeordnet, die den terrestrischen Durchgang für Amphibien ermöglicht. Außerhalb des Bauwerks wird die Berme luft- und wasserseitig durch eine Reihe Blocksteine bis zur bestehenden Uferböschung des Bohrerbachs verlängert. Die Ausbildung des Gerinnes erfolgt mittels Steinschüttung aus Wasserbausteinen LMB 10/60 mit einzelnen Störsteinen LMB 40/200. Im Anschluss erfolgt eine Andeckung mit natürlichem Bachsubstrat aus dem ehemaligen Bachbett, wodurch eine vergleichsweise schnelle Besiedelbarkeit der Bachsohle ermöglicht wird.

Im Betriebsfall des HRB wird das Ökogerinne durch ein Schütz geschlossen. Hierdurch wird erreicht, dass das Bachsubstrat durch den erhöhten Strömungsangriff im Bereich der Wehranlage nicht ausgetragen wird. Im außergewöhnlichen Lastfall (Ausfall des Schützes im Betriebsauslass) muss das Schütz im Ökodurchlass zur Steuerung des HRB herangezogen werden, hierbei kann die Sohlbelegung aus dem Gerinne ausgetragen werden.

Im Bereich der Schützebene im Ökogerinne kann auf 2 m Länge keine lose Belegung der Sohle mit natürlichem Substrat erfolgen. Hier ist die Anordnung eines in Beton versetzten Steinsatzes (LMB 10/60) erforderlich. Um die Besiedlung der Sohle in diesem Bereich zu erleichtern, werden die Steine so versetzt, dass große Fugenräume für die Ansammlung von Bachsubstrat vorhanden sind. Zusätzlich wird zum dichten Schließen des Schützes eine sohlgleiche Holzschwelle angeordnet die sich auch über die Berme erstreckt.

5.6.7 Treibholzfang

Um im Hochwasserfall ankommendes grobes Geschwemmsel (treibende Bäume, Äste) möglichst zurückzuhalten, wird auf der Einlaufseite des Auslassbauwerks ein Treibholzfang angeordnet. Dieser besteht aus Stahlrohren, die im Bereich der Sohle und der Uferböschungen in einem Abstand von max. 1,0 m in Beton

versetzt werden. Die Rohre werden ausbetoniert und mit einer Kuppe abgerundet. Die Räumung des Treibholzfanges ist über die Unterhaltungszufahrt von der linken Gewässerseite möglich (siehe Anlage 3.4.1).

5.7 Steuer- und Beckenwasserstandpegel

Der Abfluss im Hölderlebach wird durch einen Steuerpegel registriert, der unterstrom des Trennbauwerks angeordnet wird. Für den Pegel ist ein Messsteg mit einer Radarsonde vorgesehen. Weiterhin wird ein Wasserstandspegel oberstrom des Trennbauwerks zur Steuerung des Einleitungsbauwerks benötigt. Aus Gründen der Betriebssicherheit sind die Steuerpegel doppelt vorzuhalten. Neben den Radarpegeln ist daher die Anordnung jeweils einer Drucksonde (redundante Messung) vorgesehen. Über diese Steuerpegel erfolgt das Öffnen bzw. Schließen der Schütze des Tren- und Einleitungsbauwerks zur Einhaltung der konstanten Regelabgabe von $10,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Im Bereich des Steuerpegels zwischen Trennbauwerk (Station 13+175) und Zugangsbrücke zum Breitmatenweg (Station 13+112) muss der Bohrerbach auf rd. 60 m Länge ein einheitliches Abflussprofil aufweisen (dauerhaft stabile Wasserstands-Abflussbeziehung). Es ist daher eine bereichsweise Anpassung und Rodung der Uferböschungen erforderlich. Eingriffe in die Bachsohle werden in diesem Bereich aus ökologischen Gesichtspunkten auf ein Minimum reduziert. Die Genauigkeit der Messungen bzw. die exakte Steuerung des Hochwasserrückhaltebeckens ist maßgeblich vom Unterhaltungszustand der Messstrecke abhängig. Der aktuelle Zustand ist deshalb regelmäßig zu kontrollieren. Abflusshindernisse, Anlandungen usw. sind regelmäßig zu entfernen.

Der Wasserstand im Stauraum wird über eine Druckmesssonde im Bereich der Treppenwange am Ausleitungsbauwerk erfasst. Der Wasserstand im Stauraum ist für die Steuerung des Trennbauwerks und des Einleitungsbauwerks nicht relevant (HRB im Nebenschluss, kontinuierliche Regelabgabe des HRB). Es ist daher keine redundante Messung im Stauraum vorgesehen.

5.8 Hydraulische Nachweise

5.8.1 Betriebsauslass

Der Abfluss unter dem Trennbauwerk sowie dem Einleitungsbauwerk ist von der Öffnungshöhe s des Schützes, der Wassertiefe h_0 über der Bauwerkssohle und dem Unterwasserstand abhängig. Die Leistungsfähigkeit der Schütze berechnet sich bei freiem Abfluss ins Unterwasser nach der Beziehung:

$$Q_s = c_q \cdot s \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

wobei c_q einen Abflussbeiwert und b die lichte Öffnungsbreite bezeichnet.

Zunächst wird in Abhängigkeit von h_0 und s der Kontraktionsbeiwert c_c für senkrechte Planschütze nach der Beziehung:

$$c_c = \frac{1}{1 + 0,64 \cdot \sqrt{1 - (s/h_0)^2}}$$

berechnet. Mit dem Kontraktionsbeiwert c_c kann die Wassertiefe h_1 des schießenden Ausflusstrahles ermittelt werden:

$$h_1 = c_c \cdot s$$

Für den Abflussbeiwert c_q gilt:

$$c_q = \frac{c_c}{\sqrt{1 + c_c \cdot \frac{s}{h_0}}}$$

Steigt die Wassertiefe im Unterwasser des Auslassbauwerks über einen Wert h_2 an, stellt sich rückgestauter Abfluss ein und die Abflussleistung des Bauwerkes wird reduziert. Mit v_1 der Fließgeschwindigkeit des schießenden Strahles berechnet sich die sogenannte „konjugierte“ Tiefe h_2 zu:

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot v_1^2}{g \cdot h_1}} - 1 \right)$$

Der reduzierte Abfluss berechnet sich dann zu:

$$Q_s = \kappa \cdot c_q \cdot s \cdot b_s \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

Der Abminderungsbeiwert $\kappa < 1$ ist dabei abhängig vom Wasserstand im Ober- und Unterwasser des Bauwerks sowie von der Schützöffnung. Der funktionale Zusammenhang $\kappa = f(h_0, h_2, s)$ ist in Abbildung 5.8 dargestellt.

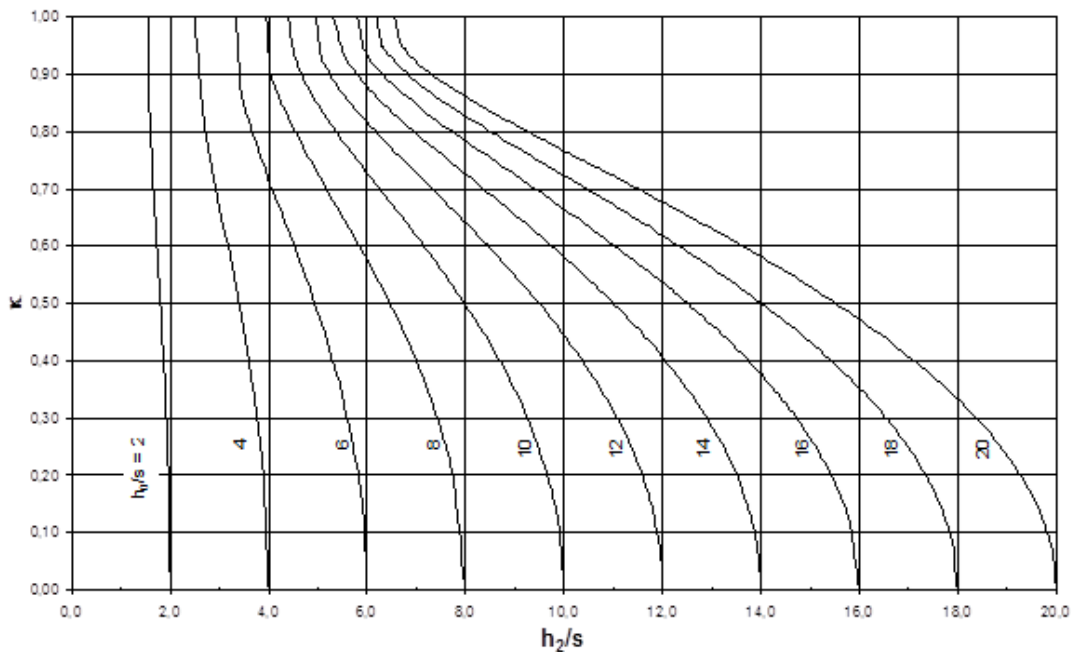


Abbildung 5.8 Abminderungsbeiwert κ

Unter Anwendung der erläuterten Beziehungen wird für das **Trennbauwerk** (lichte Schützabmessungen $B \times H = 4,50 \text{ m} \times 1,60 \text{ m}$) bei einem Schließen des Ökogerinnes und einer Schützöffnung von **68 cm** im Betriebsauslass mit einem Einstau bis zum Steuerwasserspiegel der Regelabfluss von **10,3 m³/s** abgegeben. Dabei stellt sich freier Abfluss unter dem Schütz ein. Die Druckhöhe h_0 berechnet sich zu 1,80 m aus der Differenz zwischen Steuerwasserspiegel (301,60 m ü. NHN) und der Sohlhöhe im Betriebsauslass (299,80 m ü. NHN). Der sich einstellende Regelabfluss wurde mit folgender Formel ermittelt:

$$Q = \kappa \cdot C_Q \cdot s \cdot b \cdot (2 \cdot g \cdot h_0)^{1/2} = 1,0 \cdot 0,565 \cdot 0,68 \cdot 4,50 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot 1,80)^{1/2} = 10,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Unter Anwendung der erläuterten Beziehungen wird für das **Einleitungsbauwerk** (lichte Schützabmessung $B \times H = 4,50 \text{ m} \times 1,60 \text{ m}$) bei einer Schützöffnung von **36 cm** und Einstau bis zum Steuerwasserspiegel der Regelabfluss von max. **4,7 m³/s** abgegeben. Dabei stellt sich freier Abfluss unter dem Schütz ein. Die Druckhöhe h_0 berechnet sich zu 1,30 m aus der Differenz zwischen Steuerwasserspiegel (301,60 m ü. NHN) und der Sohlhöhe im Betriebsauslass (300,30 m ü. NHN). Der sich einstellende Regelabfluss wurde mit folgender Formel ermittelt:

$$Q = \kappa \cdot C_Q \cdot s \cdot b \cdot (2 \cdot g \cdot h_0)^{1/2} = 1,0 \cdot 0,573 \cdot 0,36 \cdot 4,50 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot 1,30)^{1/2} = 4,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.8.2 Tosbecken

Unterstrom des Schützes im Trennbauwerk tritt im Einstaufall „schießender“ Abfluss mit Fließgeschwindigkeiten von etwa 5,3 m/s auf. Im Trennbauwerk muss der Übergang vom „schießenden“ Abfluss zum wesentlich langsameren „strömenden“ Abfluss erfolgen (Fließwechsel). Dieser Fließwechsel (Wechselsprung mit hoher Energieumwandlung) ist auf eine vergleichsweise kurze Strecke begrenzt und in seiner Lage weitgehend stabil (stationärer Wechselsprung), wenn im Unterwasser ein ausreichend hoher Stützwasserstand h_2 gegeben ist.

Bei zu geringem Wasserstand h_2 kann der Wechselsprung durch eine Eintiefung der Sohle (Tosbecken oder Kolksee) mit einer Tiefe z erzwungen werden. Die Eintiefung z berechnet sich aus der Differenz der berechneten erforderlichen Wassertiefe h_2 und der tatsächlich vorhandenen Wassertiefe $h_{2,\text{vorh}}$ zu:

$$Z = h_2 - h_{2,\text{vorh}}$$

Die Länge des Wechselsprung bzw. der Energieumwandlungsanlage kann über folgende Formel nach Rouse abgeschätzt werden:

$$l = 2,5 \cdot h_1 \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot v_1^2}{g \cdot h_1}} - 1 \right)$$

Im vorliegenden Fall wird die Energieumwandlungsanlage in Form eines Tosbeckens angeordnet.

Die in die Bemessung eingehende Unterwasserfließtiefen $h_{2,vorh}$ wurden im Rahmen der vorliegenden Planung mit der Formel nach Gauckler-Manning-Strickler ermittelt. Mit diesen Wassertiefen wird die in Tabelle 3.3 aufgeführte Schützöffnungshöhe ermittelt und das Tosbecken bemessen.

Bei Maximalabgabe wird durch ein Schütz im Betriebsauslass der Regelabfluss von max. $10,3 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeleitet. Die Schützöffnungshöhe beträgt dabei rd. $0,68 \text{ m}$. Mit dem sich dabei einstellenden Unterwasserstand von $h_{2,vorh} = 300,80 \text{ m ü. NHN}$ und dem erforderlichen Unterwasserstand von $h_2 = 301,18 \text{ m ü. NHN}$ ergibt sich aus den oben aufgeführten Gleichungen eine Tosbeckeneintiefung von $0,40 \text{ m}$ (siehe Tabelle 5.3).

Tabelle 5.3 Tosbeckenabmessungen

Lastfall:	Regelabgabe max. $Q_R = 10,3 \text{ m}^3/\text{s}$
Schützöffnung im Betriebsauslass	0,68 m
erforderliche Fließtiefe im Unterwasser für Wechselsprung h_2	301,18 m ü. NHN
vorhandene Fließtiefe im Unterwasser $h_{2,vorh}$	300,80 m ü. NHN
erforderliche Tosbeckeneintiefung $z = h_2 - h_{2,vorh}$	0,40 m
erforderliche Tosbeckenlänge	6,90 m

5.9 Hochwasserentlastungsanlage

5.9.1 Allgemeines

Bei größeren Hochwasserereignissen als einem 100-jährlichen Hochwasser (mit Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung) kann der Beckenzufluss nicht mehr vollständig im Stauraum zurückgehalten werden. Zum Schutz des gesamten Sperrbauwerkes ist daher die Hochwasserentlastungsanlage so zu dimensionieren, dass die Bemessungshochwasserabflüsse BHQ_1 und BHQ_2 für den Rückhaltedamm gefahrlos abgeleitet werden können. Die Nachweise erfolgen gemäß DIN 19700-12 und der zugehörigen Arbeitshilfe für Baden-Württemberg der LUBW.

Das HRB Breitmatte ist als „kleines Becken“ gemäß DIN 19700-12 einzuordnen. Bei der Ermittlung der Bemessungsabflüsse ist bei „kleinen Becken“ für BHQ_1 ein HQ_{500} und für BHQ_2 ein $HQ_{5.000}$ anzusetzen. In Tabelle 5.4 sind die Bemessungsabflüsse des HRB Breitmatte dargestellt. Die Hochwasserentlastung erfolgt über eine 150 m lange überströmbare Dammscharte.

Tabelle 5.4 Hochwasserbemessungsabflüsse HRB Breitmatte verschiedener Jährlichkeiten (WALD + CORBE 12/2014)

HRB Breitmatte	HQ ₅₀₀ (BHQ ₁)	HQ _{1.000}	HQ _{5.000} (BHQ ₂)	HQ _{10.000}
Zulauf HRB Breitmatte [m ³ /s]	27	40	70	80
Ablauf HRB Breitmatte [m ³ /s]	27	40	70	80

5.9.2 Nachweis der Leistungsfähigkeit nach DIN 19700

Die Hochwasserentlastung des HRB Breitmatte erfolgt über eine 150 m lange überströmbare Dammscharte.

Der Nachweis für die Leistungsfähigkeit der HWEA erfolgt nach der Beziehung für überströmte Wehre (Poli-Formel):

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

Für den Überfallbeiwert μ wurde gemäß Literaturangaben ein Wert von 0,50 (breitkroniges Wehr) angesetzt.

Lastfall BHQ₁:

Nach DIN 19700 ist für den Bemessungslastfall 1 nachzuweisen, dass das HQ₅₀₀ (27 m³/s) abgeführt werden kann, bei einer Länge der HWEA von 150 m ergibt sich eine Überfallhöhe von 0,25 m.

Lastfall BHQ₂:

Nach DIN 19700 ist für den Bemessungslastfall 1 nachzuweisen, dass das HQ_{1.000} (70 m³/s) abgeführt werden kann, bei einer Länge der HWEA von 150 m ergibt sich eine Überfallhöhe von 0,46 m.

5.10 Freibordbemessung

Nach DIN 19700 ist zwischen dem "Höchsten Stauziel Z_{H1}" (Bemessungsfall 1) und der Dammkrone sowie zwischen dem "Höchsten Stauziel Z_{H2}" (Bemessungsfall 2) und der Dammkrone ein Freibord zum Schutz des Sperrbauwerks einzuhalten. Der Freibord f setzt sich aus den Anteilen Windstau h_{wi} , Wellenauflauf h_{Au} und dem Sicherheitszuschlag h_{si} zusammen.

Die Bemessung des Freibordes erfolgt nach dem DVWK-Merkblatt 246/1997 „Freibordbemessung an Stauanlagen“. Das Stundenmittel der Windgeschwindigkeit wurde in Abhängigkeit der geodätischen Höhe sowie der Lage (windgeschützt, normale Lage, windexponiert) nach Tab. 1 auf $w_{10} = 25$ m/s festgelegt. Die anzusetzenden Windgeschwindigkeiten werden nach Tab. 2 um den Faktor 1,2 erhöht. Im Hochwasserbemessungsfall 1 ermittelt sich die Windgeschwindigkeit zu $w_{10,BHQ1} = 25,0 \times 1,2 = 30$ m/s. Für den Hochwasserbe-

messungsfall 2 wird die Windgeschwindigkeit auf 50 % reduziert, um der Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens seltener Ereignisse Rechnung zu tragen. Damit ermittelt sich die anzusetzende Windgeschwindigkeit zu $w_{10,BHQ2} = 0,5 \times 25 \times 1,2 = 15 \text{ m/s}$.

Um die Sensitivität der Bemessungswindgeschwindigkeiten w_{10} für die Freibordbemessung abschätzen zu können, wurden Windstau und Wellenauflauf neben den ausgewählten Windgeschwindigkeiten für die Windgeschwindigkeiten $v = 25$ und 35 m/s ebenfalls berechnet.

Die Höhe des Windstaus wurde entsprechend o.g. Merkblatt über die empirische ZUIDERSEE-Formel ermittelt:

$$h_{Wi} = \frac{w_{10}^2 \cdot S \cdot \cos \beta}{4861110 \cdot \bar{d}}$$

mit: Überstreichungslänge	$S = 209 \text{ m}$
Winkel zw. maßg. Windrichtung und angesetzter Streichlänge	$\beta = 0^\circ$
Mittlere Wassertiefe	$\bar{d} = 1,9 \text{ m}$

Der orthogonale Wellenauflauf wird nach DVWK 1997 für Böschungsneigungen flacher als 1:2 wie folgt bestimmt:

$$h_{Au,x\%} = k_D \cdot k_R \cdot k_x \cdot \sqrt{h_{We} \cdot l_{We}} \cdot \tan \alpha$$

Die Faktoren k_D und k_R beschreiben den Einfluss der Rauheit und Durchlässigkeit der Böschungsoberfläche. Für eine Böschungsoberfläche mit Rasenansaat wurde nach DVWK-Heft 246/1997 $k_D \cdot k_R = 0,8$ gewählt. Der Koeffizient k_x berücksichtigt die Überschreitungswahrscheinlichkeit x des Wellenauflaufes. Für Erddämme wird dieser Faktor zu $k_{1\%} = 2,4$ gesetzt. Der Winkel α gibt die Neigung der wasserseitigen Böschung an.

Die maßgebenden Wellenkennwerte mittlere Wellenhöhe, mittlere Wellenperiode und die mittlere Wellenlänge werden über die Spektralmethode nach KRYLOW II ermittelt. Am Rückhaltedamm wurden dazu insgesamt 3 Untersuchungspunkte ausgewählt. Die Berechnungsergebnisse der Freibordanteile sind für den maßgebenden Untersuchungspunkt in Tabelle 5.5 dargestellt.

Im Hochwasserbemessungsfall 1 berechnet sich der erforderliche Freibord infolge Windeinfluss zu 58 cm, im Hochwasserbemessungsfall 2 zu 32 cm.

Im Hochwasserbemessungsfall 2 ist im Rahmen der Freibordbetrachtung ein Sicherheitszuschlag f_{sj} vorzusehen, wenn dies aufgrund der verbleibenden Gefahren und Risiken als notwendig erachtet wird. In der Arbeitshilfe DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg wird ein Sicherheitszuschlag in Höhe von $\geq 0,5 \text{ m}$ als sinnvoll angesehen.

Auch für das HRB Breitmatte wird ein Sicherheitszuschlag in Höhe von 50 cm für den Hochwasserbemessungsfall 2 als angemessen erachtet und für die weitere Bearbeitung zugrunde gelegt. Hierin berücksichtigt sind Zuschläge für den durchlässigen Wegaufbau auf der Dammkrone.

Unter Berücksichtigung der Sicherheitszuschläge ergeben sich für die zu betrachtenden Lastfälle die in Tabelle 5.6 aufgeführten Dammkronenhöhen.

Tabelle 5.5 Wellenlauf und Windstau

Windgeschwindigkeit [m/s]	BHQ ₁	BHQ ₂
Mittlere Wellenhöhe $\overline{h_{we}}$ [m]	0,20	0,11
Mittlere Wellenlänge $\overline{l_{we}}$ [m]	2,67	1,66
Orthogonaler Wellenauflauf $h_{Au,1}$ [m]	0,57	0,32
Windstau h_{wi} [m]	0,01	0,00
Freibord infolge Wind / Summe [m]	0,58	0,32

Tabelle 5.6 Ermittlung der maßgebenden Kronenhöhe

Bemessungsgröße	Hochwasserbemessungslastfall 1	Hochwasserbemessungslastfall 2
Vollstau $Z_V = OK$ HWEA	299,00 m ü. NHN	299,00 m ü. NHN
Überfallhöhe HWEA	0,25 m	0,46 m
Freibord infolge Wind $h_{Au} + h_{wi}$ + Sicherheitszuschlag h_{Si}	+ 0,58 m -	+ 0,32 m + 0,50 m
= Freibord	$f_1 = 0,58$ m	$f_2 = 0,82$ m
⇒ Erforderliche Kronenhöhe	= 299,83 m ü. NHN	= 300,28 m ü. NHN
		maßgebender Lastfall

Die gewählte Höhe der Dammkrone von **300,30 m ü. NHN** ist damit als ausreichend nachgewiesen.

6 Weitere Sachpunkte HRB Breitmatte

6.1 Wegebauarbeiten

Der Bau des HRB Breitmatte bringt Wegebauarbeiten mit sich, die für die Unterhaltung und den Betrieb des Rückhaltebeckens sowie zur Aufrechterhaltung des land- und forstwirtschaftlichen Verkehrs erforderlich sind. Der derzeitige Verlauf der Wege rund um das HRB bleibt dabei soweit möglich erhalten (siehe Anlage 3.1.2).

Der Kronenweg des derzeitigen HRB Breitmatte wird durch den Kronenweg des geplanten HRB Breitmatte mit einer Gesamtlänge von 520 m ersetzt. Dieser hat eine Breite von 3,0 m und wird als Schotterweg, bzw. im Bereich der HWEA als Asphaltweg ausgebildet. Die maximale Längsneigung befindet sich im Bereich der HWEA und beträgt 1:8. Die bestehenden Zu- und Abfahrten zur Wonnhaldestraße sowie zum Breitmattenweg bleiben erhalten. Der Weg bzw. der Damm wird aus Unterhaltungsgründen für eine Befahrung mit einer Verkehrslast von 16,6 kN/m² (SLW 30) bemessen. Die Befahrung durch öffentlichen Verkehr wird durch lösbare Absperrpfosten verhindert. Ein Unterhaltungsweg am wasserseitigen Dammfuß ist aus Gründen der Minimierung des ökologischen Eingriffs nicht vorgesehen, zu Unterhaltungszwecken erfolgt auf der Wasserseite eine Befahrung bei Trockenwetter über die dortigen Wiesenflächen. Auf der Luftseite ist die Unterhaltung von der Wonnhaldestraße bzw. dem bestehenden Uferweg, dessen Wegtrasse am Dammfuß erhalten bleibt (Grünfläche), möglich (siehe Anlage 3.1.3).

Der Breitmattenweg muss im Bereich des Trennbauwerks (Station 13+179) auf einer Länge von rd. 120 m lokal verlegt und in seinem Höhenverlauf um max. 1,70 m angehoben werden. Die bestehende Wegbreite von 3,0 m und die Ausführung als Asphaltweg bleiben erhalten. Die maximale Längsneigung beträgt 5 %. Im Bereich des Betriebsgebäudes ist Anordnung von zwei Parkplatzflächen (1x LKW, 1x PKW) zu Unterhaltungszwecken erforderlich (siehe Anlage 3.1.3).

Weiterhin muss der Breitmattenweg im Bereich der anzupassenden Grabenausleitung am Ortsteingang von Günterstal auf einer Länge von rd. 70 m um max. 0,70 m angehoben werden. Die bestehende Wegbreite von 3,0 m und die Ausführung als Asphaltweg bleiben erhalten. Die maximale Längsneigung beträgt 5 % (siehe Anlage 3.1.2).

Als Zufahrtsmöglichkeit zur linken Seite des Trennbauwerks ist eine bogenförmige Verlegung des dortigen Forstweges auf einer Länge von 140 m geplant. Dieser wird mit einer Wegbreite von 3,50 m und einer maximalen Neigung von 6% angelegt. Im Bereich des Trennbauwerks erfolgt eine Verbreiterung des Weges auf 5,50 m aus Unterhaltungsgründen. Weiterhin wird in diesem Bereich eine Abfahrt zum Hölderlebach zur Unterhaltung des Grobrechens angeordnet (siehe Anlage 3.1.3).

6.2 Betriebsgebäude

Das Betriebsgebäude befindet sich beim Trennbauwerk (Station 13+179) neben dem Breitmattenweg. Es dient der Unterbringung von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Darüber hinaus ist es als Schutzeinrichtung für den Stauwärter bzw. Betriebsbeauftragten im Einstaufall vorgesehen. Im Betriebsgebäude laufen

die Steuer- und Versorgungsleitungen vom Trenn-, Einleitungs- und Ausleitungsbauwerk zusammen. Weiterhin werden die Signale der Pegelmessungen gesammelt und ausgewertet (siehe Anlage 3.4.6).

Das Betriebsgebäude besteht aus einem Raum mit einer Größe von 11 m². Es hat ein Fenster in Richtung der Wehranlage des Trennbauwerks sowie ein zweites Fenster in Richtung Einleitungsbauwerk. Der Zugang erfolgt über den Breitmattenweg. Das Betriebsgebäude beinhaltet die Schaltschränke sowie einen Arbeitsplatz mit vollständiger Büroausstattung. Darüber hinaus ist für das Betriebsgebäude die Installation einer Brandmeldeanlage und einer Einbruchmeldeanlage vorgesehen. Auf eine Toilette sowie einen Wasseranschluss kann in Abstimmung mit der Stadt Freiburg, nach Absprache mit dem zukünftigen Beckenbetreiber (bnNETZE) verzichtet werden.

Für das HRB ist eine Niederspannungsschaltanlage mit Niederspannungsanschluss an die öffentliche Stromversorgung erforderlich, diese ist im Betriebsgebäude untergebracht. Für den Fall eines möglichen Stromausfalls wird im Betriebsgebäude ein mobiles Notstromaggregat vorgehalten.

6.3 Technische Ausrüstung, Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Für den Betrieb des HRB Breitmatte ist eine Mess-, Steuer und Regeltechnik (MSR-Technik) erforderlich. Wesentliche Aufgabe der MSR-Technik ist die Wasserstanderkennung zur Regelung der Beckenabgabe sowie der entsprechende Antrieb und die Steuerung der Schütze im Einstau- und Entlastungsfall. Weiterhin beinhaltet diese die Erfassung und Dokumentation des Beckeneinstaus.

Gesteuert wird die neue Anlage über eine „Speicherprogrammierbare Steuerung“ (SPS) die im Schaltschrank des Betriebsgebäudes eingebaut wird und die mit einem Bedienpanel zur örtlichen Bedienung und Überwachung ausgerüstet ist.

Für das Betriebsgebäude ist weiterhin der Anschluss an das öffentliche Kommunikationsnetz (Telefon- und Internetanschluss) vorgesehen. Die erforderlichen Anschlüsse und weiteren Details werden im Zuge der Ausführungsplanung mit den Versorgungsunternehmen abgestimmt. Die Anlage ist so vorzubereiten, dass eine Fernüberwachung über das Internet möglich ist.

Zur optischen Überwachung der Anlage ist die Installation von schwenkbaren Internetkameras mit Dreh- und Neigeeinrichtungen vorgesehen.

6.4 Schutzmaßnahme entlang Wonnhaldestraße

Im Bereich der Wonnhaldestraße ist die bestehende Uferlinie auf einer Länge von rd. 135 m nicht ausreichend hoch, hierdurch käme es im Einstaufall des HRB Breitmatte weiterhin zu Ausbordungen mit einer Gefährdung der angrenzenden Wohnbebauung sowie der forstlichen Versuchsanstalt. Es ist eine Anpassung der Uferlinie vorgesehen. Als Freibordmaß wird in Anlehnung an die DIN 19712 (Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern) für überströmungsfeste Bauteile 0,30 m angesetzt.

Die Maßnahmen besteht aus der Anordnung eines Hochbordsteins (Höhe 0,11 m) auf einer Länge von 36 m sowie einer Weganhebung um max. 0,08 m mit Anordnung eines Hochbordstein (Höhe 0,11 m) auf 18 m

Länge. Weiterhin ist eine daran angrenzende Blocksteinreihe mit vertikalen Mörtelfugen auf dem Uferstreifen entlang der Wonnhaldestraße auf einer Länge von rd. 80 m geplant. Die Blocksatzreihe ist aus quaderförmigen Natursteinen (Granit) mit vermörteltem Fugenraum vorgesehen. Bereichsweise befinden sich entlang der Mauertrasse großstämmige Bäume, die zwingend erhalten bleiben sollen. Für eine frostfreie Gründung ist eine Einbindung von min. 0,80 m in den Untergrund erforderlich. Außerhalb des Wurzelbereichs der Bäume ist eine entsprechende Gründung geplant um eine möglichst lange Lebensdauer der Fugen, und damit eine ausreichende Dichtwirkung im Hochwasserfall zu erreichen. Im Bereich des Wurzelraumes der Bäume wird der Blocksatz mit kleineren Quadern ausgeführt und nicht frostfrei gegründet. Eine möglicherweise reduzierte Dichtwirkung in diesen Bereichen sowie erhöhter Unterhaltungsaufwand wird durch die Stadt Freiburg in Kauf genommen (siehe Anlage 3.1.5, 3.2.6, 3.3.2).

6.5 Leitungen und Kanäle

Die Bestandsleitungen im Planungsgebiet wurden durch die Stadt Freiburg bereitgestellt. Hierbei handelt es sich um Leitungen der Telekom und der bnNETZE (Kanal, Gas, Strom, Wasser). Auf Basis der zur Verfügung gestellten Daten (siehe Anlage 3.1.2 und 3.1.3) ergibt sich der im Folgenden beschriebene Anpassungsbedarf.

6.5.1 Leitungen der Telekom Deutschland GmbH

Im Bereich der Wonnhaldestraße/Breitmattenweg beginnt ein in Nord-Südrichtung verlaufender Waldweg in Richtung Günterstal (Eisweiher Weg). In diesem verlaufen 6 Leerrohre mit einem Glasfasereinzug der Telekom Deutschland GmbH. Der Weg wird auf zur Anbindung des Trennbauwerks auf einer Länge von rd. 125 m bogenförmig in Richtung Osten verlegt. Die Leerrohre mit Glasfasereinzug bleiben gemäß der Abstimmung mit der Betreiberin in der derzeitigen Wegetrasse bestehen oder eine Verlegung erfolgt durch Planung und Kostenübernahme durch die Telekom Deutschland GmbH (siehe Anlage 3.1.3).

Im Bereich der Wonnhaldestraße auf Höhe der Gewässerstation 12+940 quert eine Leitung der Telekom Deutschland GmbH den Bohrerbach und verläuft anschließend entlang der rechten Uferseite. Die genaue Lage der Leitung ist nicht bekannt. Die Leitung verläuft voraussichtlich auf rd. 60 m Länge im Bereich des geplanten Dammfußes (siehe Anlage 3.1.3). Diese wird durch den Damm um max. 1,50 m überschüttet. Die Leitung ist bauzeitlich zu sichern, ein Anpassungsbedarf der Leitung ist nicht ersichtlich und nicht vorgesehen.

Das geplanten Betriebsgebäude soll an das Netz der Telekom Deutschland GmbH angebunden werden (Arbeitsname Telekom: Wonnhaldestraße 100-RÜB Freiburg). Hierzu ist im Zuge der Baumaßnahme die Herstellung einer Kabelverbindung zwischen dem Anschlusspunkt auf Höhe des Gebäudes Wonnhaldestraße 6 (Waldhaus) und dem Betriebsgebäude vorgesehen.

6.5.2 Leitungen der bnNETZE GmbH

Im Bereich der Wonnhaldestraße/Breitmattenweg beginnt ein in Nord-Südrichtung verlaufender Waldweg in Richtung Günterstal (Eisweiher Weg). In diesem verläuft eine Druckleitung PEHD DN63 x 5.8 PE 100 SDR11 PN16 sowie eine Niederspannungsleitung 4x150 AL der bnNETZE GmbH. Der Weg wird zur Anbindung des Trennbauwerks auf einer Länge von rd. 125 m bogenförmig in Richtung Osten verlegt, die Druckleitung sowie die Niederspannungsleitung wird in gleicher Ausführung in der neuen Wegtrasse mit verlegt (siehe Anlage 3.1.3).

Im Breitmattenweg verläuft eine Wasserleitung 90 PE 2007 der bnNETZE. Durch den Bau des Trennbauwerks (siehe Anlage 3.4.1) ist eine bauzeitliche Gewässerumleitung erforderlich. Diese ist im Bereich des derzeitigen Weges vorgesehen, die Wasserleitung muss daher dauerhaft auf einer Länge von rd. 120 m in östlicher Richtung in den Bereich der Breitmatte in gleicher Ausführung verlegt werden.

Auf Höhe der Brücke Wonnhaldestraße (Gewässerstation 12+890) kreuzt eine Gasleitung VGN200 ST in einem Schutzrohr sowie eine Wasserleitung VW150 GGG der bnNETZE in Form jeweils eines Dükers das Gewässer. Die Leitungsquerungen liegt gemäß den Bestandsplänen 1,10 m unter Gewässersohle. In diesem Bereich ist die Errichtung eines Blocksatzes zur Böschungssicherung geplant. Der Fußstein bindet im Leitungsbereich max. 0,50 m in die Sohle ein (siehe Anlage 3.1.5). Ein Anpassungsbedarf der Leitungen ist nicht vorgesehen.

Im Bereich der Dammstation 0+520 quert eine Stromleitung 3x150 AL der bnNETZE GmbH die Dammachse. Diese wird durch den Damm um max. 0,85 m überschüttet. Die Leitung ist bauzeitlich zu sichern, ein Anpassungsbedarf der Leitung ist nicht ersichtlich und nicht vorgesehen.

Das geplante Betriebsgebäude soll an das Stromnetz der bnNETZE GmbH durch ein Erdkabel angebunden werden. Hierzu ist im Zuge der Baumaßnahme die Herstellung einer Kabelverbindung zwischen dem Anschlusspunkt auf Höhe des zu verlegenden Waldweges und dem Betriebsgebäude auf rd. 100 m Länge vorgesehen. Weiterhin wird ein Erdkabel auf rd. 275 m Länge entlang der Dammachse zum Auslassbauwerk geführt um den dortigen Schieberantrieb und die Beleuchtungsanlage zu versorgen.

6.6 Kampfmittelerkundung

Für das HRB Breitmatte wurde vom Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Baden-Württemberg im Mai 2016 eine multitemporale Luftbildauswertung wegen eventuell vorhandener Kampfmittelbelastung durchgeführt. Die Auswertung der Luftbilder ergab, dass es keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bombenblindgängern gibt und keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. Die entsprechenden Unterlagen liegen als Anhang B bei.

6.7 Grunderwerb

Für die Realisierung der Baumaßnahme ist es erforderlich, dass alle funktionellen Teile des Rückhaltebeckens auf Flächen der Stadt Freiburg errichtet werden. Zu diesen Bereichen zählen u.a. das Dammbauwerk

sowie das Trenn- und Auslassbauwerk. Weiterhin ist für die Baumaßnahme selbst die vorübergehende Inanspruchnahme von zusätzlichen Flächen für die Baustelleneinrichtung und als Lagerflächen notwendig. Alle dauerhaft benötigten Flächen sind im Eigentum der Stadt Freiburg bzw. dem Land Baden-Württemberg, bauzeitlich wird zusätzlich zu Flächen der Stadt Freiburg bzw. dem Land Baden-Württemberg ein privates Grundstück tangiert.

Die zu erwerbenden Flächen sowie die vorübergehend während der Bauphase benötigten Flächen sind im Grunderwerbsplan (Anlage 3.1.6) dargestellt. Eine Auflistung der Flächen liegt als Grunderwerbsverzeichnis bei (Anhang A).

6.8 Unterhaltungsmaßnahmen

Die zukünftigen Unterhaltungsmaßnahmen am HRB Breitmatte werden durch die Stadt Freiburg, beziehungsweise in deren Auftrag durchgeführt. Dies beinhaltet die regelmäßige Kontrolle und Wartung sämtlicher Bauwerke, der beweglichen Teile und der Messeinrichtungen, sowie die Bewirtschaftung bzw. die Pflege des Dammes, der Wege, des Gewässers und der sonstigen Anlagen.

6.9 Entschädigungszahlungen

Eine Regelung bezüglich Entschädigungszahlungen ist nicht erforderlich, da sämtliche für den Bau und Betrieb des HRB benötigten Flächen in das öffentliche Eigentum der Stadt Freiburg übergehen sollen. Notwendige Festlegungen zu Entschädigungszahlungen werden in den Pachtverträgen getroffen.

6.10 Landschaftspflegerisch begleitende Maßnahmen

Die für die Realisierung des Hochwasserrückhaltebeckens erforderlichen ökologischen Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit und der landschaftspflegerische Begleitplan wurden von Scheuber Landschaftsarchitekten, Marie-Curie-Straße 3, 79100 Freiburg durchgeführt. Die Unterlagen liegen in Anlage 5 und 6 bei.

6.11 Bauablauf

Nachfolgend wird der vorgesehene Bauablauf kurz zusammengefasst:

- Baustelleneinrichtung
- Räumen und Roden der erforderlichen Flächen
- Oberbodenabtrag
- Herstellung von Baustraßen
- Rückbau Breitmattenweg, Verlegung der dortigen Wasserleitung
- Herstellung eines bauzeitlichen Umleitungsgerinnes für den Hölderlebach
- Aushub Baugrube und Herstellung Trenn- und Einleitungsbauwerk

- Verfüllung Baugruben
- Herstellung Pegelmessstrecke
- Ableitung des Hölderlebachs durch das Trennbauwerk, Verfüllung des Umleitungsgerinnes
- Herstellung der Dichtwand
- Aushub Baugrube und Herstellung Ausleitungsbauwerk
- Herstellung Drainageleitung, Verfüllung Baugruben
- Dammschüttung
- Herstellung Betriebsgebäude
- Verlegung neue Leitungen, Umlegung Forstweg, Wegebauarbeiten,
- Andecken des Oberbodens
- Restarbeiten
- Räumen der Baustelle

6.12 Probestau

Nach Fertigstellung und Betriebsfähigkeit aller für den Einstau erforderlichen Anlagen-, Betriebs- und Überwachungseinrichtungen ist nach DIN 19700, Teil 12, ein Probestau möglichst bis zur Höhe von mindestens $\frac{3}{4}$ des Vollstau Z_V durchzuführen (ca. 298,50 m ü. NHN). Dieser kann bei einem geeigneten Hochwasserzufluss durchgeführt werden. Nach erfolgreichem Probestau ist das Hochwasserrückhaltebecken für den Normalbetrieb freizugeben.

Im Rahmen dieses Probestaus sind zur Überprüfung der berechneten Wasserstände Abflussmessungen durchzuführen. Die Erkenntnisse des Probestaus sind in die Betriebsvorschrift aufzunehmen.

7 Ergänzende Schutzmaßnahmen in Günterstal

7.1 Bestandssituation Günterstal

Das HRB Bohrrtal führt zu einer deutlichen Reduzierung der Scheitelabflüsse in der Ortslage Günterstal. So reduziert sich der Abfluss HQ_{100} am Ortseingang von Günterstal (FGM-Knoten 6) von $17,6 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Aufgrund von lokalen Schwachstellen kommt es hierbei jedoch weiterhin zu Ausbordungen und einer bereichsweisen Gefährdung der an den Bohrerbach angrenzenden Wohnbebauung. Eine verstärkte Drosselung am HRB Bohrrtal ist unter den gegebenen Randbedingungen nicht zielführend, da diese sich nicht mehr auf die Ortslage auswirken. Es sind daher ergänzenden Schutzmaßnahmen für die Ortslage Günterstal vorgesehen. Diese sind nicht Teil der vorliegenden Planungsunterlagen, sondern sollen in einem oder mehreren separaten Wasserrechtsverfahren zu einem späteren Zeitpunkt behandelt werden.

7.2 Schwachstellenanalyse für Günterstal

Im Zuge der Planung wurde die Gewässerstrecke zwischen den Beckenstandorten einer Schwachstellenanalyse unterzogen. Dabei zeigte sich, dass sich der Hochwasserschutz für die Ortslage Günterstal durch den Bau des geplanten HRB Bohrrtal deutlich verbessert. Dennoch weist der Bohrerbach zwischen den beiden Becken an einzelnen Stellen keinen 100-jährlichen Hochwasserschutz auf. Daher sind ergänzende Schutzmaßnahmen zur Herstellung eines 100-jährlichen Hochwasserschutzes erforderlich. Nach derzeitigem Stand ist nach Einschätzung der Stadt Freiburg von folgenden zusätzlichen Maßnahmen auszugehen:

- Die Brücke über den Bohrerbach (Rehbrücke) gegenüber der Einmündung der Swetlana-Geier-Straße in die Schauinslandstraße wird bei Hochwasser eingestaut (Station 15+490). Hier ist ein Ersatzneubau der Brücke mit größerem Brückenquerschnitt zur Herstellung des erforderlichen Abflussquerschnittes vorgesehen.
- Oberhalb der Tankstelle beim Günterstaler Tor (Schauinslandstraße 26a, Station 14+210) ist der Bachquerschnitt nicht ausreichend leistungsfähig. Durch Rückbau des Absturzes im Bohrerbach hinter der Tankstelle bzw. durch die Erhöhung der Ufermauer auf rd. 20 m Länge zur Straße soll die Leistungsfähigkeit erhöht werden.
- Eine Ufererhöhung entlang des Parkplatzes am Ortsausgang von Günterstal (ab Station 13+730, zwischen Steg zum Anwesen Schauinslandstraße 2b bis zum Naturdenkmal Eiche) auf rd. 120 m Länge.

8 Zusammenfassung

Die Freiburger Stadtteile Günterstal, Wiehre und Haslach werden vom Bohrerbach, im weiteren Verlauf Hölderle- und Haslacher Dorfbach genannt, durchflossen. Abgelaufene Hochwasserereignisse und die vom Land Baden-Württemberg erstellten Hochwassergefahrenkarten zeigen deutlich, dass kein 100-jährlicher Hochwasserschutz vorhanden ist. Aufgrund der in weiten Teilen entlang des Gewässers vorhanden dichten Bebauung besteht ein entsprechend großes Schadenspotential.

Zur Herstellung des Hochwasserschutzes ist der Bau von zwei Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen. Hierzu ist im Bohreratal auf der Gemarkung Horben der Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens Bohreratal (HRB Bohreratal) mit einem Rückhaltevolumen von mindestens 190.000 m³ geplant. Weiterhin ist auf der Gemarkung Freiburg der Umbau des vorhandenen Hochwasserrückhaltebeckens Breitmatte (HRB Breitmatte) mit einem zukünftigen Rückhaltevolumen von rd. 40.000 m³ vorgesehen.

Das geplante **Hochwasserrückhaltebecken Bohreratal** befindet zwischen den Ortslagen Günterstal und Horben auf Höhe der Bushaltestelle Horben-Küchlin in der Talau des Bohrerbachs östlich der Schauinslandstraße. Es wird als gesteuertes Becken ausgeführt und ist auf den Lastfall $HQ_{100+LF\text{ Klima}}$ ausgelegt. Hierbei wird der Abfluss im Bohrerbach von $HQ_{100+LF\text{ Klima}} = 20,5\text{ m}^3/\text{s}$ auf max. $7\text{ m}^3/\text{s}$ gedrosselt. Als Rückhaltevolumen werden hierbei rd. 200.000 m³ angelegt. Die Bereitstellung des Volumens erfolgt durch die Schüttung eines Rückhaltedammes. Dieser verläuft in West-Ost-Richtung senkrecht zum Bohrerbach. Am westlichen Ende bindet der Dammkörper an das Bestandsgelände ein, während er am östlichen Ende an die bestehende Abfahrt im Bereich der Haltestelle Horben-Küchlin anschließt. Die Kronenlänge beträgt 280 m. Der Damm hat eine Höhe von ca. 13,5 m über Gelände, gemäß DIN 19700 wird das HRB als „Großes Becken“ klassifiziert.



Abbildung 8.1 Visualisierung des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens Bohreratal, Ansicht des Rückhaltedammes von unterstrom

Um eine möglichst gute Einbindung in die Landschaft zu erreichen, ist ein begrünter Erddamm vorgesehen. Die Hochwasserentlastungsanlage (HWEA) wird in das Auslassbauwerk integriert. Der Damm wird luft- und wasserseitig im unteren Bereich mit Böschungsneigungen von 1:2,0 bzw. 1:2,5 hergestellt und bindet durch Ausrundungen in das bestehende Gelände ein.

Der Abfluss aus dem Rückhalteraum erfolgt durch ein dreizüliges, rd. 75 m langes Auslassbauwerk aus Stahlbeton. Dieses ist als offenes Bauwerk mit befahrbaren Brückenplatten, seitlichen Wänden und einer

Stauwand mit drei Schützöffnungen konzipiert. Die lichte Weite zwischen den Außenwänden beträgt 9,10 m. Das erste und zweite Schütz dienen der Steuerung des Hochwasserrückhaltebeckens im Einstaufall. Das dritte Schütz dient als ökologisches Durchgangsgerinne und ist im Normalzustand geöffnet. Bei der Gestaltung des Auslassbauwerks wurde ein besonderer Wert auf den Erhalt der ökologischen Durchgängigkeit gelegt. So wird durch den Einbau von natürlichem Bachsubstrat sowie eines fugenraumreichen Steinsatzes der Besiedelbarkeit der Sohle für Klein- und Kleinstlebewesen Rechnung getragen. Bei der Festlegung der lichten Bauwerksbreite wurde die Möglichkeit ausreichenden Lichteinfalls berücksichtigt.

Für die **Ortslage Günterstal** verbessert sich die Hochwassersituation durch den Bau des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens Bohrrental deutlich. Dennoch sind ergänzenden Schutzmaßnahmen zur Herstellung eines 100-jährlichen Hochwasserschutzes erforderlich. Diese sind nicht Teil der vorliegenden Planungsunterlagen, sondern sollen in einem anschließenden separaten Wasserrechtsverfahren behandelt werden.

Das geplante **Hochwasserrückhaltebecken Breitmatte** befindet sich zwischen den Freiburger Stadtteilen Wiehre und Günterstal. Dort liegt südlich der Kleingartenanlage im Bereich der Wonnhaldestraße zwischen der Schauinslandstraße und dem Hölderlebach die Wiesenfläche Breitmatte. Im Bereich der Wiesenfläche befindet sich derzeit bereits ein Hochwasserrückhaltebecken. Dieses ist für das gewählte Hochwasserschutzkonzept nicht ausreichend dimensioniert und wird daher umgebaut. Das Hochwasserrückhaltebecken wird als gesteuertes Becken im Nebenschluss ausgeführt und ist auf den Lastfall HQ₁₀₀-Klima ausgelegt (HQ_{100+LF Klima}). Hierbei wird der Abfluss im Bohrerbach unter Berücksichtigung des Hochwasserrückhaltebeckens Bohrrental von HQ_{100+LF Klima} = 15,0 m³/s auf max. 10,3 m³/s gedrosselt. Als Rückhaltevolumen werden hierbei rd. 40.000 m³ benötigt.



Abbildung 8.2 Visualisierung des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens Bohrrental, Ansicht des Rückhaltedammes von der Schauinslandstraße

Die Bereitstellung des Volumens erfolgt durch die Schüttung eines Rückhaltedammes. Dieser verläuft gekrümmt in Ost-West-Richtung südlich der Kleingartenanlage (Wonnhaldestraße) zwischen Schauinslandstraße und dem Bohrerbach. Die Dammtrasse orientiert sich am bestehenden Rückhaltedamm. Die Kronenlänge beträgt 540 m. Um eine möglichst gute Einbindung in die Landschaft zu erreichen, ist ein begrünter Erddamm vorgesehen. Als Hochwasserentlastungsanlage (HWEA) wird der Damm auf 150 m Länge überströmbar ausgebildet. Der Damm wird luft- und wasserseitig mit Böschungsneigungen von 1:2,5 hergestellt und bindet durch Ausrundungen im Fußbereich in das bestehende Gelände ein. Lediglich im Bereich der

überströmbaren Dammscharte wird die Böschung auf der Luftseite aus erdstatischen Gründen flacher ausgeführt. Die Böschungsneigung beträgt dort 1:6. Der Damm hat eine Höhe von rd. 4,40 m über Gelände, gemäß DIN19700 wird das Hochwasserrückhaltebecken als „Kleines Becken“ klassifiziert.

Der Hölderlebach verläuft außerhalb des geplanten Rückhalteriums. Beim geplanten Hochwasserrückhaltebecken Breitmatte handelt es sich damit um eine Stauanlage im Nebenschluss. Das Hochwasserrückhaltebecken geht erst ab einem über 20-jährlichen Hochwasserereignis in Einstau. Hierzu wird das Hochwasserrückhaltebeckens durch ein Trennbauwerk im Hölderlebach mit einem Einleitungsbauwerk in den Stauraum beaufschlagt. Das Trennbauwerk besteht aus einem Stahlbetonbauwerk im Hölderlebach mit seitlichen Wänden und einer Stauwand mit zwei Schützöffnungen. Die lichte Weite zwischen den Außenwänden beträgt 10,0 m. Das linke Schütz dient der Steuerung des Hochwasserrückhaltebeckens im Einstaufall. Das rechte Schütz dient als Durchgangsgerinne und ist im Normalzustand geöffnet. Die Einleitung in den Stauraum ist als seitlicher Abschlag über ein Schütz vorgesehen. Die Böschungsbereiche ober- und unterstrom des Bauwerks werden mit Steinsatzwänden aus Blocksteinen (Neigung 2:1) gesichert. Bei der Gestaltung des Auslassbauwerks wurde ein besonderer Wert auf den Erhalt der ökologischen Durchgängigkeit gelegt. So wird durch den Einbau von natürlichem Bachsubstrat sowie eines fugenraumreichen Steinsatzes der Besiedelbarkeit der Sohle für Klein- und Kleinstlebewesen Rechnung getragen. Die Entleerung des Hochwasserrückhaltebeckens erfolgt durch ein Ausleitungsbauwerk im Dammbauwerk im Bereich der Wonnhaldestraße mit einer Anbindung an den Hölderlebach.

Mit dem Bau der geplanten Hochwasserrückhaltebecken Bohreratal und Hochwasserrückhaltebecken Breitmatte wird damit das Ziel eines HQ_{100} -Schutzes mit Berücksichtigung des Lastfalls Klimaänderung entlang des Bohrerbachs/Hölderlebachs für die Bestandsgebäude unterstrom des Hochwasserrückhaltebeckens Breitmatte auf Freiburger Gemarkung erreicht.

Quellenverzeichnis

DWD (2005)	„KOSTRA-DWD-2000, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000), Grundlagenbericht“, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach
ERNST + CO (12/2002)	„Hochwasser Sicherheit Hölderlebach, Bereich Lorettostraße – Baslerstraße“; Stadt Freiburg Garten- und Tiefbauamt
ERNST + CO (10/2006)	„Gesamtuntersuchung zum Hochwasserschutz Freiburg-Umkirch-Gottenheim“; Entwässerungsverband Moos
ERNST + CO (7/2010)	„Standortuntersuchung Hochwasserrückhalteanlage Bohrrertal“; Stadt Freiburg Garten- und Tiefbauamt
J. Ihringer, M. Helms (12/2016)	„KOSTRA-DWD-2010. Bewertung im Hinblick auf die wasserwirtschaftliche Bemessungspraxis“; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
LfU/LUBW (2005)	„Festlegung des Bemessungshochwassers für Anlagen des technischen Hochwasserschutzes“; Oberirdische Gewässer/ Gewässerökologie, Heft 92
LUBW (2007)	„Abflusskennwerte in Baden-Württemberg, Teil 1 Hochwasserabflüsse“; Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz Baden-Württemberg
LUBW (2007)	„Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken“; Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz Baden-Württemberg
Planungsgemeinschaft Breitmatte (1/2006)	„Regenrückhaltebecken Breitmatte, Entwurfs-/Genehmigungsplanung“; badenova AG & Co. KG
WALD + CORBE (7/2013)	„Hydrologische und hydraulische Untersuchung der Abflussverhältnisse am Dietenbach“; Stadt Freiburg Garten- und Tiefbauamt
WALD + CORBE (12/2014)	„Hochwasserschutz Bohrrertal Untersuchung von Alternativen zur geplanten HRB-Lösung“; Stadt Freiburg Garten- und Tiefbauamt

Anhang A

Grunderwerbsverzeichnis

Nr.	Flurstücksnummer	Eigentümer	Grundstücksfläche gesamt (m ²)	Erwerb (m ²)	Fläche im Einstaubereich (m ²)	vorübergehend beanspruchte Fläche (m ²)	Bemerkung
1	8	Land Baden-Württemberg	14.984	0	0	5	Straße, L 124
2	54	Gemeinde Horben	10.667	905	832	31	Bohrerbach
3	119	Privateigentümer	6.008	0	504	0	
4	120	Privateigentümer	19.821	2.828	12.097	149	
5	121	Stadt Freiburg	31.896	11.554	0	10.978	BE-Fläche rd. 10.150 m ²
6	121/1	Stadt Freiburg	1.816	0	0	0	Teilfläche von Flst 121: Flst wurde im Liegenschafts-kataster gebildet,
7	122	Privateigentümer	62.411	13.192	19.399	5.728	
8	130	Privateigentümer	74.744	752	0	0	
9	6614/9 Gem. Freiburg	Stadt Freiburg	4.885				LBP Ersatzmaßnahme E1 Haslacher Dorfbach
10	7031/11 Gem. Freiburg	Stadt Freiburg	10.592				LBP Ersatzmaßnahme E1 Haslacher Dorfbach
Gesamt			237.824	29.231	32.832	16.891	

Nr.	Flurstücksnummer	Eigentümer	Grundstücksfläche gesamt (m ²)	Erwerb (m ²)	Fläche im Einstaubereich (m ²)	vorübergehend beanspruchte Fläche (m ²)	Bemerkung
1	3734	Stadt Freiburg	19.233				Hölderlebach Nord
2	3734/34	Stadt Freiburg	1.849				Hölderlebach Süd
3	8033	Stadt Freiburg	4.969				Wohnhaldestraße West
4	8033/1	Stadt Freiburg	2.215				Wohnhaldestraße Nord
5	8067	Stadt Freiburg	4.348	0	0	74	
6	8069	Privateigentümer	5.318	0	0	73	
7	8081	Stadt Freiburg	132.490	21.087	25.927	14.584	Gelände best. Becken
8	8083	Stadt Freiburg	6.750	610	0	979	Hundesport Mitbenutzung
9	8097	Stadt Freiburg	18.070	0	0	945	Schauinslandstraße
10	8315/7	Stadt Freiburg	6.850	0	0	269	Waldhaus
11	8315	Stadt Freiburg	2.203.419	0	0	88	Forst
12	28326	Stadt Freiburg	354.047				LBP Waldrandgestaltung
13	6614/9	Stadt Freiburg	4.885				LBP Ersatzmaßnahme E1 Haslacher Dorfbach
14	7031/11	Stadt Freiburg	10.592				LBP Ersatzmaßnahme E1 Haslacher Dorfbach
Gesamt			2.775.035	21.697	25.927	17.012	

Anhang B

Kampfmittelerkundung



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART
KAMPFMITTELBESEITIGUNGSDIENST

Kampfmittelbeseitigungsdienst · Pfaffenwaldring 1 · 70569 Stuttgart

Stadt Freiburg
Garten- und Tiefbauamt
Berliner Allee 1

79114 Freiburg

Datum 20.06.2016
Name Thomas Mertens
Durchwahl 0711 904-40022
Aktenzeichen 16-1115.8/ FR-3389
(Bitte bei Antwort angeben)
Karte 8013.16

z. Hd. Herrn Lindinger

 **Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen / Luftbildauswertung**
Horben, OT Bohrer, Schauinslandstraße, RHB "Bohrrtal", Flst.: 121

Ihr Schreiben vom
(Eingangsdatum:27.01.2016)

Ihr Zeichen

Sehr geehrter Herr Lindinger,

für das o.g. Objekt wurde eine multitemporale Luftbildauswertung mit den nachfolgend aufgeführten Luftbildern durchgeführt.

Archiv-Nr.	Datum	Bild-Nr.
0601	17.12.1944	3029 – 3030
0685	15.02.1945	3005 – 3007
0435	08.04.1945	8083 – 8084
1368	16.05.1945	7076 – 7077
0992	20.06.1945	7039 – 7041

Die Luftbildauswertung hat keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bombenblindgängern innerhalb des Untersuchungsgebietes ergeben. Nach unserem Kenntnisstand sind insoweit **keine weiteren Maßnahmen erforderlich**.

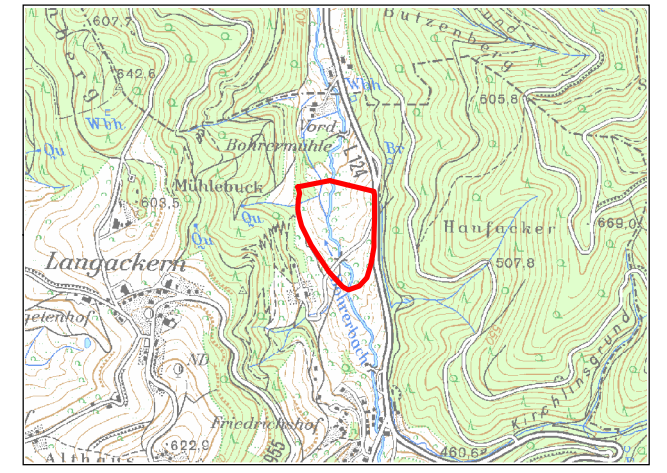
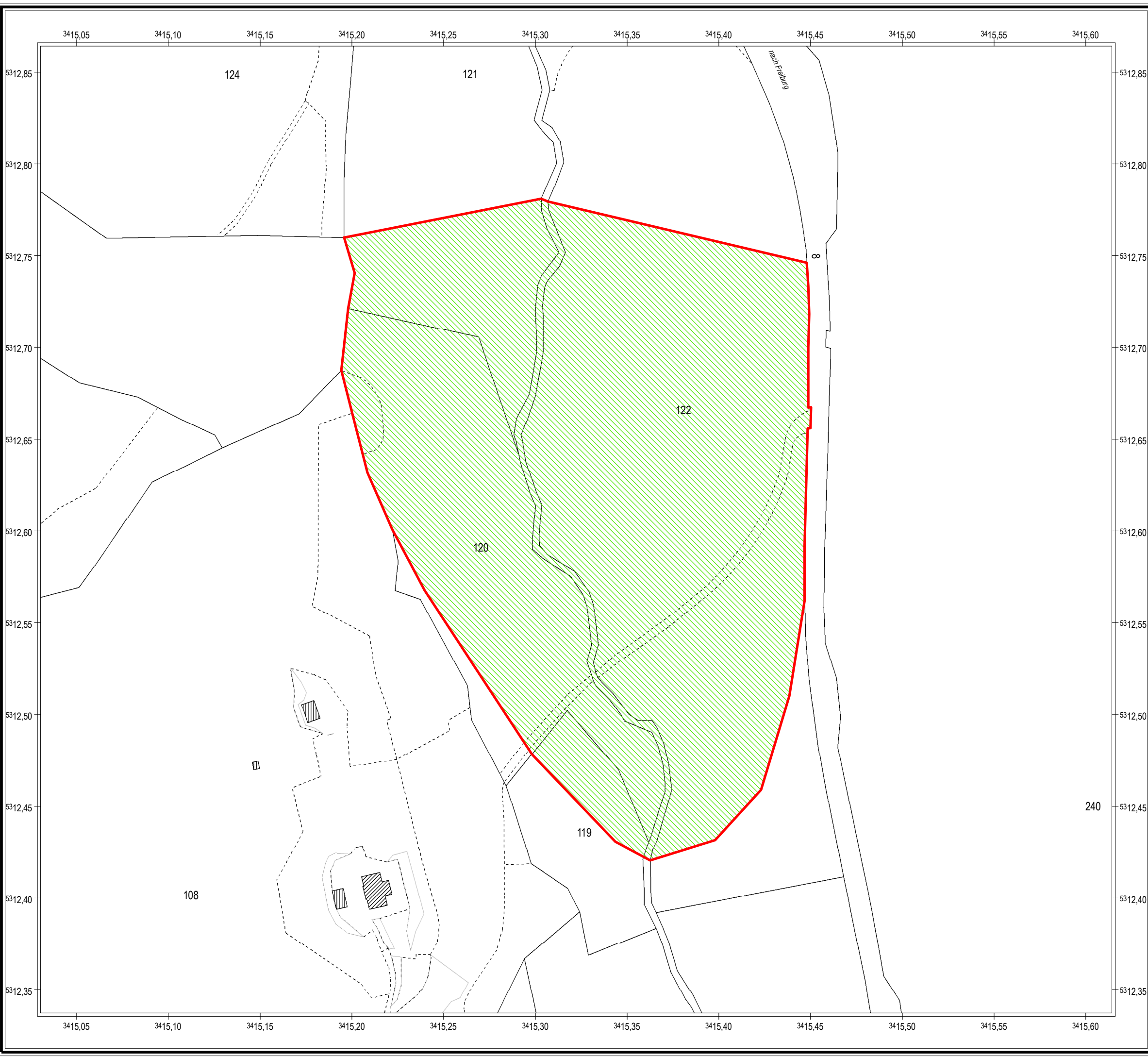
Untersucht wurde das in der Anlage umrandete Gebiet!

Die Aussagen beziehen sich nur auf die Befliegungsdaten der verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen! Diese Mitteilung kann **nicht als Garantiefreiheit** gewertet werden.

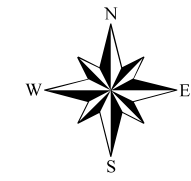
Sollten Ihnen Hinweise auf vorhandene Kampfmittel bekannt sein, bitten wir Sie diese uns unverzüglich mitzuteilen.

Mit freundlichen Grüßen



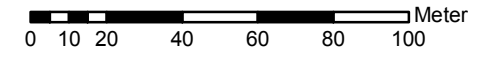


Ausschnitt TK 25 1 : 25'000



Legende

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Einzelfunde | Grabensysteme |
| KENNUNG_KEY | Beauftragt_FR-3389 |
| Blindgänger | Freigabe_FR-3389 |
| Brandbomben | Zerstoerte Gebaeude |
| Sonstige Munition | Bombardierter Bereich |
| mohl_blindgänger | Kampfmittelverdachtsflaechen |
| mohl_brand | Kriegsanlagen |
| mohl_mun_sonst | KENNUNG |
| Ungefähr | Grabensysteme |
| Blindgaengerverdacht | Bunker |
| <all other values> | Flak |
| nicht überprüft | Stellungen |
| überprüft | Sonstige |
| Luftbild Punktoobjekte | Militärische Nutzung |
| KENNUNG_KEY | Abgesuchte Flaeche |
| Bombenrichter | Räum- und Sprengstellen |
| Flak | |
| Stellungen | |
| Sonstige | |
| Angriff_10-05-40 | |



Anlage zu FR-3389	
Horben, Bohrer, RHB "Bohrertal"	
Maßstab 1 : 2000	Karte: 8013.16
Stand: 20.05.2016	Bearbeiter: Th. Mertens

*Die Aussagen beziehen sich nur auf das Untersuchungsgebiet (Beauftragt) sowie die verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen!
Diese Mitteilung kann nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit gewertet werden.*



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTT GART
KAMPFMITTELBESEITIGUNGSDIENST

Kampfmittelbeseitigungsdienst · Pfaffenwaldring 1 · 70569 Stuttgart

Stadt Freiburg
Garten- und Tiefbauamt
Berliner Allee 1

79114 Freiburg

Datum 19.05.2016
Name Thomas Mertens
Durchwahl 0711 904-40022
Aktenzeichen 16-1115.8/ FR-3388
(Bitte bei Antwort angeben)
Karte 8013.8

z. Hd. Herrn Lindinger

 **Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen / Luftbildauswertung**
Freiburg, Wonnhalde, RHB "Breitmatte", Flst.: 8081

Ihr Schreiben vom
(Eingangsdatum:27.01.2016)

Ihr Zeichen

Sehr geehrter Herr Lindinger,

für das o.g. Objekt wurde eine multitemporale Luftbildauswertung mit den in der Anlage aufgeführten Luftbildern durchgeführt.

Die Luftbildauswertung hat keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bombenblindgängern innerhalb des Untersuchungsgebietes ergeben. Nach unserem Kenntnisstand sind insoweit **keine weiteren Maßnahmen erforderlich**.

Untersucht wurde das in der Anlage umrandete Gebiet!

Die Aussagen beziehen sich nur auf die Befliegungsdaten der verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen! Diese Mitteilung kann **nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit** gewertet werden.

Sollten Ihnen Hinweise auf vorhandene Kampfmittel bekannt sein, bitten wir Sie diese uns unverzüglich mitzuteilen.

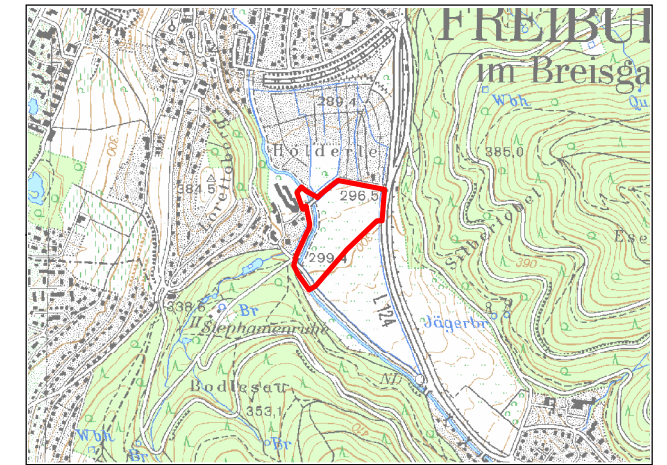
Mit freundlichen Grüßen

Anlage:
Liste der verwendeten Luftbilder
Kartenausschnitt

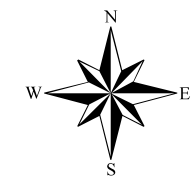


Liste der verwendeten Luftbilder

<u>Archiv-Nr.</u>	<u>Datum</u>	<u>Bild-Nr.</u>
1005	23.12.1942	5066 – 5067
0509	20.05.1943	1013 – 1014
0175	05.09.1944	4059 – 4061
0565	06.09.1944	3139 – 3141
1135	11.09.1944	4090 – 4092
0292	02.01.1945	3048
0640	29.01.1945	4180 – 4181
0649	08.02.1945	4078
0685	15.02.1945	3003 – 3004
0329	28.02.1945	3272 – 3273, 4263 – 4265
0337	02.03.1945	3016 – 3017
0384	19.03.1945	3241 – 4242
1368	16.05.1945	7009 – 7010
0994	24.06.1945	7130 – 7131

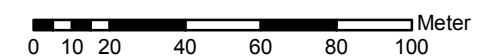


Ausschnitt TK 25 1 : 25'000



Legende

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Einzelfunde | Grabensysteme |
| KENNUNG_KEY | Beantragt_FR-3388 |
| ▲ Blindgänger | Freigabe_FR-3388 |
| ★ Brandbomben | Zerstörte Gebäude |
| ● Sonstige Munition | Bombardierter Bereich |
| ▲ mohl_blindgänger | Kampfmittelverdachtsflächen |
| ▲ mohl_brand | Kriegsanlagen |
| ● mohl_mun_sonst | KENNUNG |
| □ Ungefähr | Grabensysteme |
| Blindgängerverdacht | Bunker |
| ▲ <all other values> | Flak |
| ▲ nicht überprüft | Stellungen |
| ▲ überprüft | Sonstige |
| Luftbild Punktoobjekte | Militärische Nutzung |
| KENNUNG_KEY | Abgesuchte Fläche |
| ● Bombentrichter | Räum- und Sprengstellen |
| ■ Flak | |
| ◆ Stellungen | |
| ⬢ Sonstige | |
| ⊙ Angriff_10-05-40 | |



Anlage zu FR-3388

Freiburg, Wonnhalde, HRB Breitmatte

Maßstab 1 : 2000

Karte: 8013.8

Stand: 18.05.2016

Bearbeiter: Th. Mertens

*Die Aussagen beziehen sich nur auf das Untersuchungsgebiet (Beantragt) sowie die verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen!
Diese Mitteilung kann nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit gewertet werden.*

