

# Verwaltungsgemeinschaft Hexental

## Hochwasserschutzkonzept Hexental

Erläuterungsbericht

25.05.2020

---

Verwaltungsgemeinschaft  
Hexental

Friedhofweg 11  
79249 Merzhausen

BIT | INGENIEURE

Standort Freiburg  
Talstr. 1  
79102 Freiburg  
Tel. +49 761 29657-0  
[www.bit-ingenieure.de](http://www.bit-ingenieure.de)

02VGH15012

Verwaltungsgemeinschaft Hexental

N/A-Modell Hexental

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	2
Abbildungsverzeichnis.....	4
1 Einführung.....	8
2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets .....	8
3 Grundlagen.....	12
4 Modellaufbau .....	13
4.1 Gebietseinteilung.....	13
4.2 Landabfluss .....	14
4.2.1 Abflussbildung Landabfluss .....	14
4.2.2 Abflusskonzentration .....	16
4.2.3 Wellenverformung .....	16
4.3 Stadtabfluss .....	16
4.3.1 Abflussbildung Stadtabfluss .....	17
4.3.2 Abflusskonzentration .....	18
4.3.3 Abfluss über das Kanalnetz .....	18
4.4 Niederschläge .....	19
4.5 Kalibrierung.....	20
4.5.1 Kalibrierung auf Grundlage der Hochwasser-Regionalisierung .....	21
4.5.2 Beobachtete Ereignisse .....	22
4.5.3 Vorhandene Pegelaufzeichnungen Vogtebrücke .....	24
4.5.4 Vorhandene Aufzeichnungen vom Rückhaltebecken Selzentäl.....	24
4.6 Hinweis zu den neuen Modellergebnissen .....	24
5 Bestehende Hochwasser-Rückhaltebecken.....	26
5.1 HRB Selzentäl .....	26
5.2 HRB Ehrenmatte .....	27
5.3 HRB Bitzenmatte.....	29
6 Modellrechnungen.....	31

6.1	Randbedingungen.....	31
6.2	Variantenuntersuchung.....	32
6.2.1	Ein-Becken-Lösungen.....	35
6.2.2	Zwei-Becken-Lösungen.....	35
6.2.3	Drei-Becken-Lösungen.....	37
6.2.4	Varianten mit mehr als drei Becken.....	39
6.2.5	Kombinationen mit zusätzlichem Volumen im Bereich Bitzenmatte.....	39
6.3	Erforderliche Dammhöhen.....	42
6.3.1	Klimafaktor.....	43
6.4	Kosten.....	44
6.5	Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise / Vorzugsvarianten.....	45
7	Geotechnische Beurteilung.....	47
8	Umweltuntersuchungen.....	48
9	Zusammenfassung.....	50
10	Literatur.....	52

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Geologie im Einzugsgebiet des Dorfbachs.....	9
Abb. 2:	Landnutzung im Einzugsgebiet des Reichenbachs (grün = Wald, rot = Siedlungsbereiche; CORINE-Daten).....	10
Abb. 3:	Gewässerverlauf (blau) und Tiefenlinie (grün) .....	11
Abb. 4:	Einteilung des Untersuchungsgebiets in Teil-Einzugsgebiet.....	14
Abb. 5:	Gleichungen zur Berechnung des effektiven Niederschlags nach dem Verfahren nach Lutz	15
Abb. 6:	Feldkapazität und kf-Wert Böden.....	15
Abb. 7:	Unterschiedliche Versiegelungsgrade nach GAG im Bereich der Ortslage Merzhausen .....	17
Abb. 8:	Rasterung nach Kostra .....	20
Abb. 9:	Hydrologischer Längsschnitt des kalibrierten N/A-Modells Hexental.....	21
Abb. 10:	Ausschnitt aus vorh. Messreihe Engebächle (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 1.08. 2004 – 27.08.2004) .....	22
Abb. 11:	Ausschnitt aus vorh. Messreihe Engebächle (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 06. 2005 – Aug. 2005).....	22
Abb. 12:	Ausschnitt aus vorh. Messreihe Selzenbach. (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 1.05.2004 – 18.09.2004) .....	23
Abb. 13:	Ausschnitt aus vorh. Messreihe Selzenbach. (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 24.05.2005 – 27.09.2005) .....	23
Abb. 14:	Ausschnitt aus der Messreihe der Wasserstände (Jahr 2015) an der Vogtebrücke.....	24
Abb. 15:	Lage der bestehenden Hochwasserrückhaltebecken im Untersuchungsgebiet .....	26
Abb. 16:	Speicher kennlinien HRB Selzentäl .....	26
Abb. 17:	Speicher kennlinien HRB Ehrenmatte.....	28
Abb. 18:	Speicherinhaltslinie HRB Bitzenmatte .....	29
Abb. 19:	Bestehende (grün) und potenzielle (rot) Beckenstandorte (Standort Stöckenhöfe mit Überleitung aus Nebengewässer).....	33
Abb. 20:	Teil-Einzugsgebiet, das mit dem Becken Stöckenhöfe kontrolliert werden kann (mit Überleitung).....	33
Abb. 21:	Hydrologischer Längsschnitt Reichenbach (HRB Selzentäl bis Gemarkungsgrenze Freiburg)	38
Abb. 22:	Berechnete Abflussganglinien $HQ_{100}$ für die Beckenkombination „Stöck/Heim/Eber“ am Knoten 144 (uh. Vogtebrücke).....	39
Abb. 23:	Zusätzliche Untersuchungsbereiche im Nahbereich des bestehenden Beckens Bitzenmatte	40

## Anhang

- Anhang 1: Erhobene Gebietsparameter für Teil-Einzugsgebiete.
- Anhang 2: Ermittlung des Gefällemaßes  $I_G$
- Anhang 3: Abflussbeiwerte
- Anhang 4: Zusammenstellung Scheitelabflüsse Bestand / Planung
- Anhang 5: Speicherwirkungslinien
- Anhang 6: Auszüge aus Handbuch FGM

## Anhang digital:

- [1] Geotechnische Standortbeurteilung „Hochwasserbecken im Hexental; Standorte Stöckenhöfe und Enge II“ (Weiß-Ingenieure GmbH) 2010
- [2] Hochwasserschutz Hexental, Hochwasserrückhaltebecken Standort Heimbach (Weiß Beratende Ingenieure GmbH) 2013
- [3] Hochwasserrückhaltebecken Eberbächle Gemarkung Au, Standortvorerkundung – Geotechnischer Bericht (Ingenieurgruppe Geotechnik) 2019
- [4] Hochwasserrückhaltung Hexental; Umwelteignung und vergleichende Ökologische Bewertung der Alternativstandorte für Hochwasserrückhaltebecken (faktorgruen) 2019

## Pläne

- |         |   |          |
|---------|---|----------|
| Plan 1: | Niederschlag-Abfluss-Modell: Fließschema      | 1:10.000 |
| Plan 2: | Niederschlag-Abfluss-Modell: Gebietsparameter | 1:10.000 |

### Abkürzungen und Fachbegriffe:

1D	eindimensional (hydraulische Wasserspiegellagen-Berechnung)
2D	zweidimensional (hydraulische Wasserspiegellagen-Berechnung)
A <sub>E</sub>	Einzugsgebietsgröße [km <sup>2</sup> ]
BHQ	Bemessungs-Hochwasserabfluss [m <sup>3</sup> /s]
CORINE	Coordination of Information on the Environment (Landnutzungsdaten)
D	Dauer des Niederschlags eines Ereignisses [h]
DGM	Digitales Geländemodell (per Laserscan vermessene Geländehöhen im Rasterformat)
DWD	Deutscher Wetterdienst
EZG	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]
FGM	Software der TU Karlsruhe zur Flussgebietsmodellierung (eingesetzt beim Büro BIT-Ingenieure)
fgmod	Software zur N/A-Modellierung (eingesetzt bei ehem. Büro Ludwig Karlsruhe)
GAG	Gesplittete Abwassergebühr / Erhebung von Flächen unterschiedlichen Versiegelungsgrads
GIS	Geografisches Informationssystem (Software zur Bearbeitung von Geodaten)
HQ <sub>100</sub>	Hochwasserabfluss, der im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren erreicht oder überschritten wird [m <sup>3</sup> /s]
HRB	Hochwasserrückhaltebecken
HWEA	Hochwasserentlastungsanlage
HWGK	Hochwasser-Gefahrenkarten
HW <sub>100</sub>	Hochwasserstand, der im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren erreicht oder überschritten wird [m+NN]
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
KIT	Karlsruher Institut für Technologie, vormals TU Karlsruhe
KOSTRA	Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen (DWD)
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz (jetzt: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg)
LGL	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (vormals LFU)
N/A-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell. Berechnungsmodell zur Simulation von Hochwasserereignissen in einem Einzugsgebiet
NKV	Kosten-Nutzen-Verhältnis
PKBW	Projektkostenbarwert
PKBW	Projektnutzenbarwert
OL	Ortslage

$Q_R$	Regelabfluss (aus einem Rückhaltebecken) [ $m^3/s$ ]
SE	Schadenserwartung
SO	Standort
$T_n$	Jährlichkeit bzw. „Wiederkehrzeit“ eines Ereignisses [a]
UVS	Umweltverträglichkeitsstudie
V	Volumen [ $m^3$ ]
$\psi$	Abflussbeiwert (Anteil des Niederschlags, der direkt zum Abfluss im Gewässer beiträgt) [ - ]

## 1 Einführung

Der Dorfbach bzw. Reichenbach, der den nördlichen Teil des Hexentals entwässert, hat in der Vergangenheit immer wieder Schäden durch Ausuferungen bei Hochwasser verursacht. Die letzten größeren Ereignisse fanden in den Jahren 1994 und 1999 statt. Die Betroffenheit lag dabei vor allem im Bereich der Ortslagen Au und Merzhäusen. Sowohl die hydraulischen Berechnungen durch BIT Ingenieure (vormals ERNST+CO) als auch die Bearbeitung der Hochwasser-Gefahrenkarten (HWGK) durch das Land Baden-Württemberg bestätigten die Hochwassergefährdung durch nahezu deckungsgleiche berechnete Überschwemmungsflächen des 100-jährlichen Hochwasser-Ereignisses.

Bereits seit vielen Jahren laufen Bestrebungen im Hochwasserschutz, so dass momentan die drei Hochwasser-Rückhaltebecken Ehrenmatte, Selzental und Bitzenmatte einen Teilschutz vor Hochwasser bieten. Des Weiteren erfolgt derzeit der Gewässerausbau im Bereich der Ortslage Merzhäusen. Diese Maßnahmen reichen aber noch nicht aus, um den angestrebten 100-jährlichen Hochwasserschutz sicherzustellen.

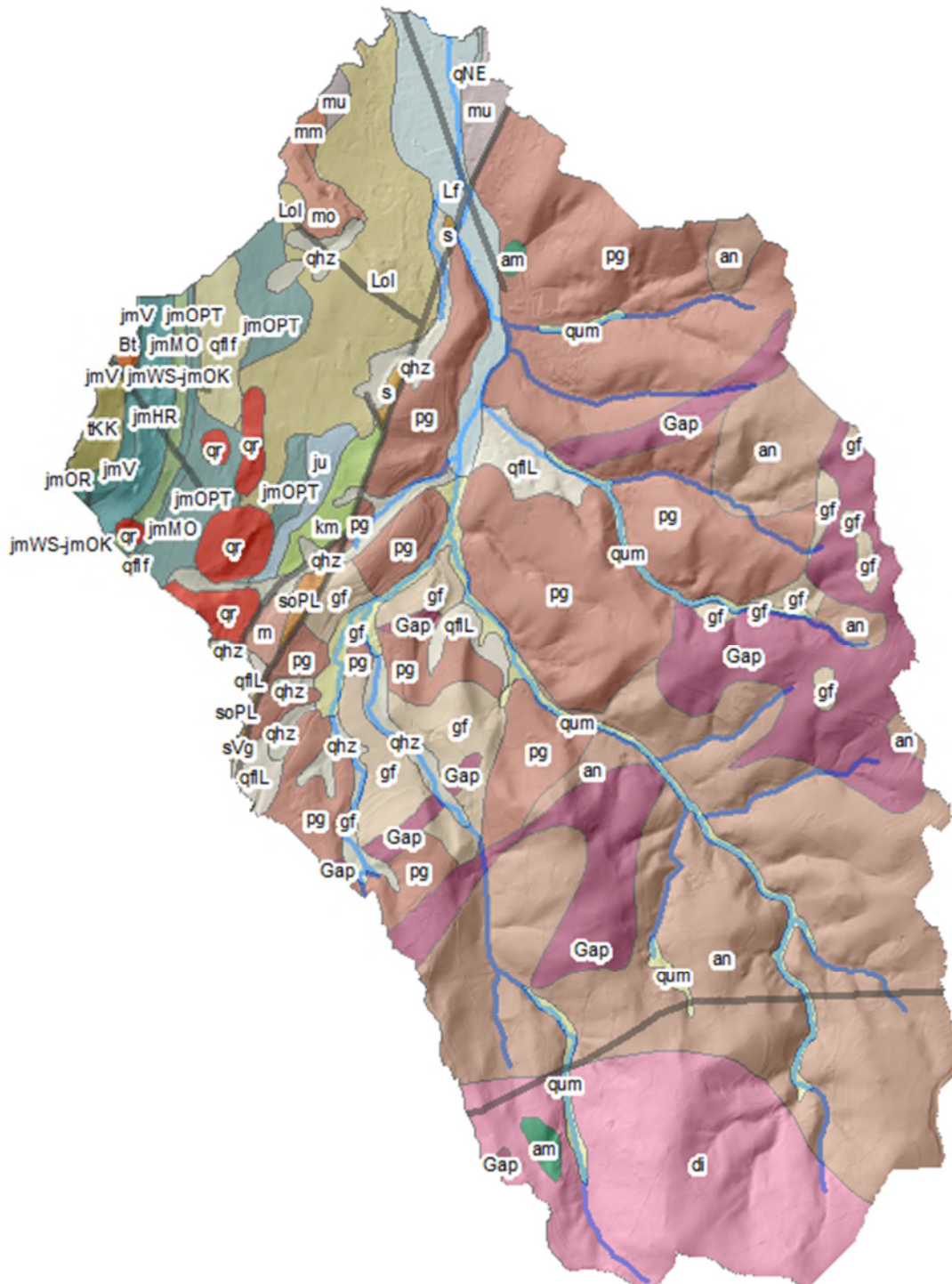
Anlass für die vorliegende hydrologische Untersuchung ist die Veröffentlichung überarbeiteter Niederschlags-Werte (KOSTRA) durch den DWD, die als Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungen dienen. Die Modell-Neuerstellung soll außerdem die zwischenzeitlich erfolgten Ortsentwicklungen mitberücksichtigen.

Ein älteres Niederschlag-Abfluss-Modell aus dem Jahr 1998 (Büro Karl Ludwig, Karlsruhe), das bisher als Grundlage für das Hochwasserschutzkonzept diente, soll damit abgelöst werden. Das Ziel ist die Abstimmung des Hochwasserschutzkonzepts auf die aktuellen Gegebenheiten. Es soll der 100-jährliche Hochwasserschutz angestrebt werden.

## 2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Einzugsgebiet des Dorfbachs / Reichenbachs, der den nördlichen Teil der Talung Hexental entwässert. Der untersuchte Gewässerabschnitt bis zur Gemarkungsgrenze nach Freiburg liegt im Bereich des Westanstiegs des Schwarzwalds und erstreckt sich in einer Höhenlage von circa 260 bis 860 m+NN. Diese großen Höhenunterschiede führen zu verhältnismäßig steilen Gefälleverhältnissen und somit zu einer schnellen Gebietsreaktion. Aus geologischer Sicht liegt das Einzugsgebiet im Übergangsbereich vom kristallinen Schwarzwald-Grundgebirge zur Vorbergzone, die in diesem Bereich überwiegend von jurassischen Sedimenten und Lössauflagen geprägt wird. Die Schwarzwald-Randverwerfung trennt den nordwestlichen Teil mit einer nahezu in Nord-Süd-verlaufenden Linie voneinander (vgl. Abb. 1). Sowohl der dichte Felsuntergrund des Grundgebirges als auch die tonigen und schluffigen Substrate der Vorbergzone führen grundsätzlich zu einer großen Abflussbereitschaft des Gebiets.





Erläuterung der Kürzel: [https://lgrb-bw.de/download\\_pool/symbolschl\\_2016.pdf](https://lgrb-bw.de/download_pool/symbolschl_2016.pdf)

Abb. 1: Geologie im Einzugsgebiet des Dorfbachs

Die Flächen im Einzugsgebiet sind überwiegend land- und forstwirtschaftlich genutzt, während die Bereiche entlang des Hauptgewässers vor allem im Bereich des Gebietsauslasses größere Siedlungsbereiche aufweisen (vor allem in Form der beiden Ortslagen Au und Merzhäusen, vgl. Abb. 2).

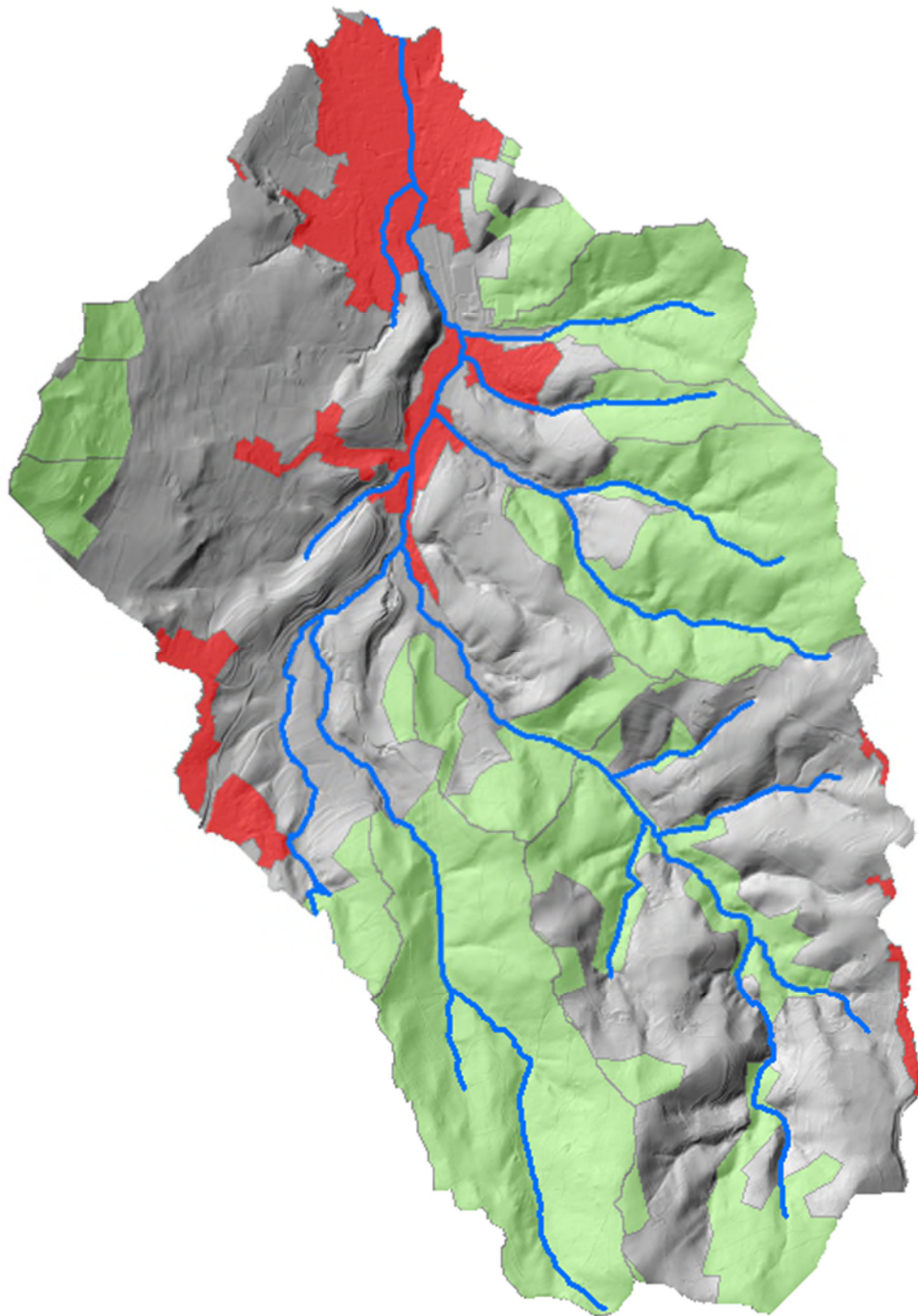


Abb. 2: Landnutzung im Einzugsgebiet des Reichenbachs (grün = Wald, rot = Siedlungsbereiche; CORINE-Daten)

Eine Besonderheit des Einzugsgebiets besteht darin, dass im Bereich der Ortslage Merzhausen das Gewässer nicht in der Tiefenlinie verläuft (vgl. Abb. 3). Dies bedeutet, dass das Gewässer durch anthropogene Eingriffe in Richtung Osten verlagert worden sein muss. Dies hat unter anderem zur Folge, dass das westlich des Gewässers anfallende Niederschlagswasser erst außerhalb des betrachteten Einzugsgebiets in das Gewässer gelangt. Dies betrifft sowohl das Regenwasser-Kanalnetz als auch den Oberflächenabfluss.

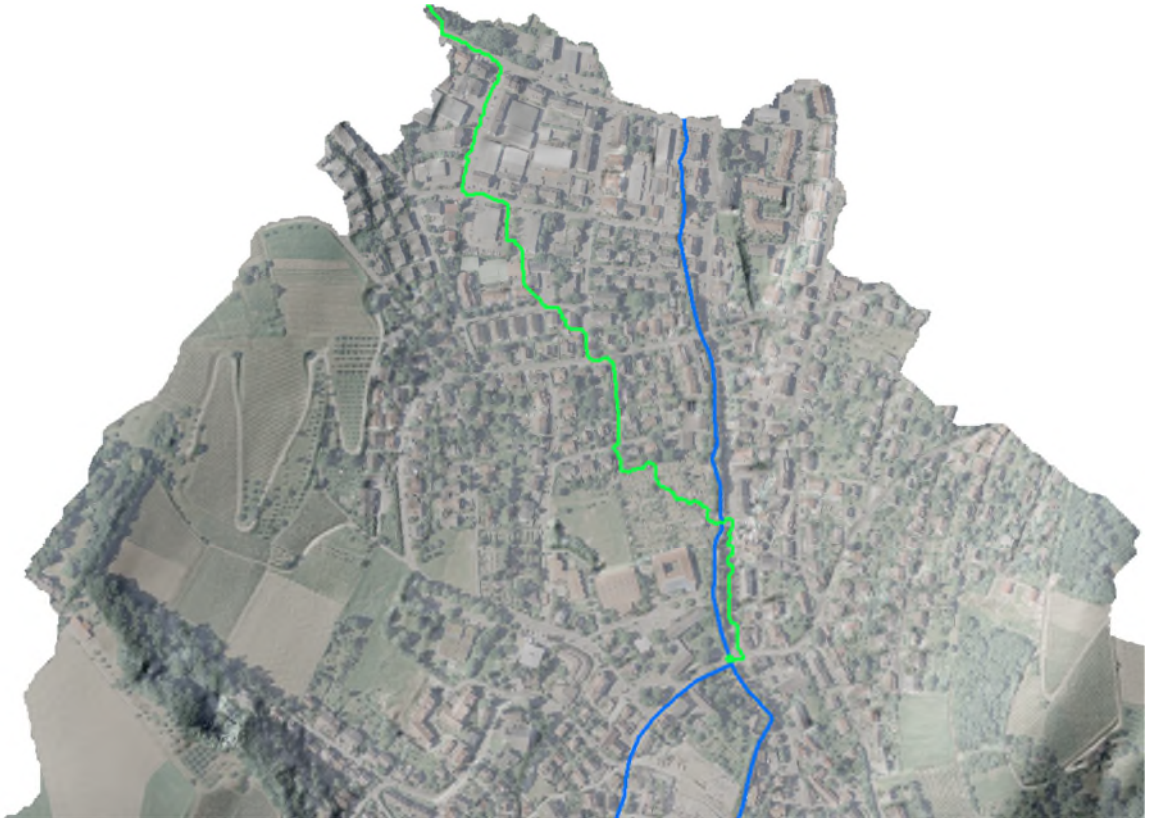


Abb. 3: Gewässerverlauf (blau) und Tiefenlinie (grün)

### 3 Grundlagen

Die Daten, die dem Modellaufbau zugrunde liegen, stammen aus unterschiedlichen Quellen. Diese sind im Tab. 1 aufgeführt. Des Weiteren ist die verwendete Software aufgelistet.

Tab. 1: Datengrundlagen

Bezeichnung	Quelle
Digitales Geländemodell 1 x 1m	LGL Baden-Württemberg
CORINE-Landnutzungsdaten	Europäische Union
Digitale Ortho-Luftbilder	LGL
Böden und Geologie	LGRB Baden-Württemberg
GAG-Daten	VG Hexental
Katasterdaten	VG Hexental
Kanalnetz	VG Hexental
Hochwasser-Regionalisierung von Baden Württemberg	LUBW Baden-Württemberg
KOSTRA-Niederschläge 2010R	Deutscher Wetterdienst

Tab. 2: Eingesetzte Software

Aufgabe	Software	Hersteller
Geografisches Informationssystem (GIS)	ArcGIS 10 ArcGIS Pro	ESRI
N/A-Modellierung	FGM	KIT Karlsruhe
Gewässerhydraulik 1D	HEC-RAS	US Army Corps of Engineers
Gewässerhydraulik 2D	Hydro_as-2D	Dr. Nuijc / Hydrotec

## 4 Modellaufbau

Für die hydrologische Modellierung des Reichenbachs wurde das „Softwarepaket Hochwasseranalyse und –berechnung) des KIT Karlsruhe verwendet, das seit Jahrzehnten erfolgreich in der Niederschlag-Abfluss-Modellierung eingesetzt wird. Dabei handelt es sich um einzugsgebiets-bezogenes Modell mit umfangreichen Möglichkeiten der Modellierung von Hochwasserschutz-Maßnahmen.

Dem Niederschlag-Abfluss-Modell liegt die Modellvorstellung folgender drei grundsätzlicher Teilprozesse zu Grunde:

1. Abflussbildung: Ermittlung, welcher Anteil des Niederschlagswassers direkt zur Hochwasserwelle beiträgt.
2. Abflusskonzentration: Wie schnell sammelt sich das Wasser auf seinem Weg zum Gewässer?
3. Wellenverformung im Gewässer (Flood-Routing): Wie verformt sich die Welle entlang dem Gewässerverlauf.

Die Ermittlung der für die Modellierung erforderlichen Eingabe-Parameter erfolgte so weit wie möglich mittels eines Geografischen Informationssystems (GIS).

### 4.1 Gebietseinteilung

Zu Beginn des Modellaufbaus erfolgt die Aufteilung des Untersuchungsgebiets in sinnvolle Teilflächen oder Teil-Einzugsgebiete. Die Unterteilung des Einzugsgebiets des Reichenbachs erfolgte auf der Grundlage des digitalen Geländemodells (DGM) des Landes Baden-Württemberg. Die räumliche Auflösung der Höhendaten beträgt 1 x 1m. Die Einteilung erfolgte anhand des bestehenden Gewässernetzes (Teileinzugsgebiete von Gewässern und Hauptgewässern sowie anhand bestimmter Gewässerstellen wie zum Beispiel bestehende und potenzielle Standorte für Hochwasser-Rückhaltebecken, Siedlungsgrenzen oder Abflussverzweigungen). Insgesamt wurden auf diese Weise zunächst 23 Teil-Einzugsgebiete ausgewiesen (vgl. Abb. 4)

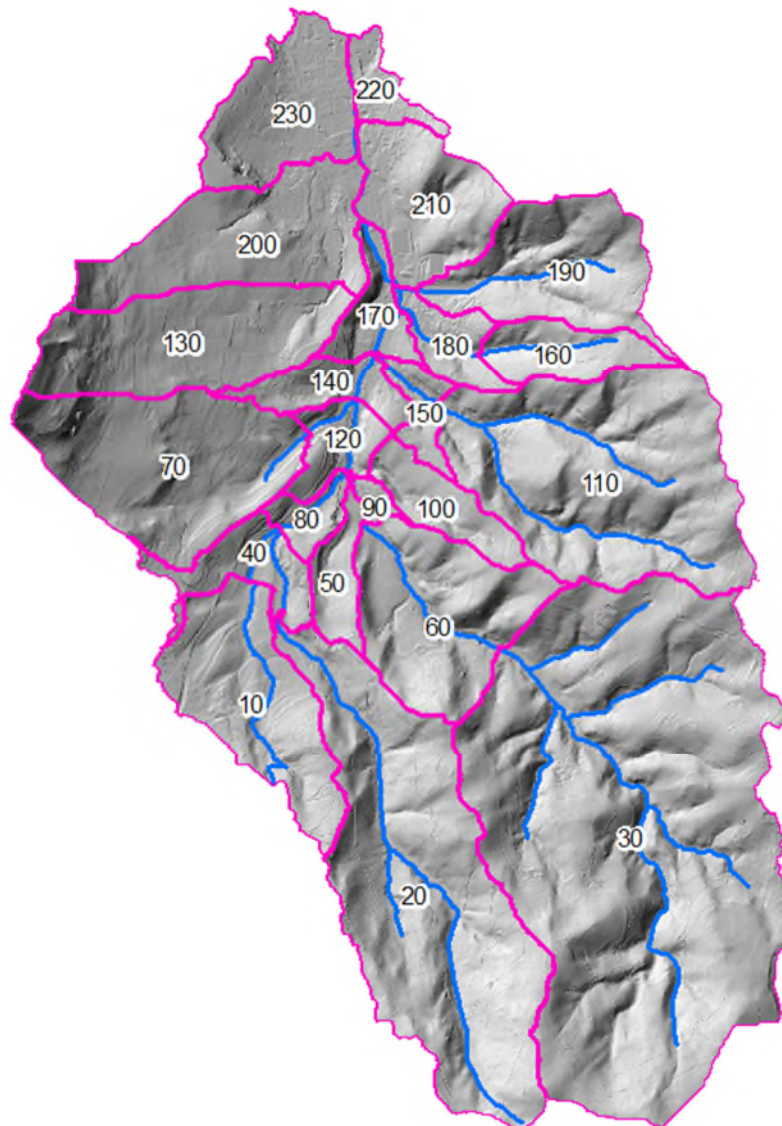


Abb. 4: Einteilung des Untersuchungsgebiets in Teil-Einzugsgebiet

## 4.2 Landabfluss

Der „Landabfluss“ umfasst den Abfluss, der aus überwiegend nicht besiedelten Bereichen stammt. Sowohl die Abflussbildung als auch die Abflusskonzentration wurden nach dem „Verfahren nach Lutz“ (vgl. Anhang 1 und 2 sowie Plan 1 und Plan 2). Dieses Verfahren erlaubt jeweils die Ermittlung der erforderlichen Parameter aus Gebietskenngrößen.

### 4.2.1 Abflussbildung Landabfluss

Die Abflussbildung ist der Prozess, der entscheidet, welcher Anteil des gefallenen Niederschlags-Ereignisses direkt zum Hochwasser-Abfluss beiträgt. Es handelt sich dabei also um eine Prozentangabe des „abflusswirksamen“ Niederschlags (auch als „Effektivniederschlag“ bezeichnet). Die Ermittlung erfolgte nach dem Regionalisierungsansatz nach Lutz entsprechend Abb. 5.

Aus den Gleichungen geht hervor, dass auch hier die wichtigsten Einflussgrößen berücksichtigt werden. So wird beispielsweise durch die Wochenzahl der Einfluss der Jahreszeit hinsichtlich der Vor-

feuchte eines Einzugsgebiets berücksichtigt. Im Landabflussmodul kann grundsätzlich auch ein Bebauungsgrad angesetzt werden, was sich aber nur dann empfiehlt, wenn es sich um vergleichsweise kleine Flächenanteile des Teileinzugsgebiets handelt (vgl. Abschnitt 4.3).

$$N_{\text{eff}} = N_{\text{eff,u}} + N_{\text{eff,s}}$$

mit:

$$N_{\text{eff,u}} = \left[ (N - A_V) \cdot c - \frac{c}{a} \cdot (1 - e^{-a(N - A_V)}) \right] \cdot \frac{A_E - A_{E,s}}{A_E}$$

$$N_{\text{eff,s}} = (N - A'_V) \cdot \psi_s \cdot \frac{A_{E,s}}{A_E}$$

wobei:

$$a = C_1 \cdot e^{-C_2/WZ} \cdot e^{-C_3/q_b} \cdot e^{-C_4 \cdot T_D}$$

mit:

- N : Gebietsniederschlag [mm]
- $N_{\text{eff}}$  : abflusswirksamer Niederschlag [mm]
- $N_{\text{eff,u}}$  : abflusswirksamer Niederschlag der unversiegelten Teilflächen [mm]
- $N_{\text{eff,s}}$  : abflusswirksamer Niederschlag von versiegelten Teilflächen [mm]
- $A_V$  : Anfangsverlust für die unversiegelten Teilflächen [mm]
- $A'_V$  : Anfangsverlust für die versiegelten Teilflächen [mm]
- c : maximaler Abflussbeiwert (Endabflussbeiwert) [-]
- $A_E$  : Einzugsgebietsfläche [km<sup>2</sup>]
- $A_{E,s}$  : versiegelte Einzugsgebietsfläche [km<sup>2</sup>]
- $\psi_s$  : Abflussbeiwert für versiegelte Flächen [-]

Abb. 5: Gleichungen zur Berechnung des effektiven Niederschlags nach dem Verfahren nach Lutz

Der Endabflussbeiwert c wurde dabei auf der Grundlage der Bodenkarte (kf-Wert und Feldkapazität) nach Tabelle 3-1 Seite A-16 in Anhang 6 nach den Bodenklassen C und D (flächengewichtet) und der Landnutzung ermittelt.

Die abgeleiteten Parameter sind in Anhang 2 zusammengestellt.

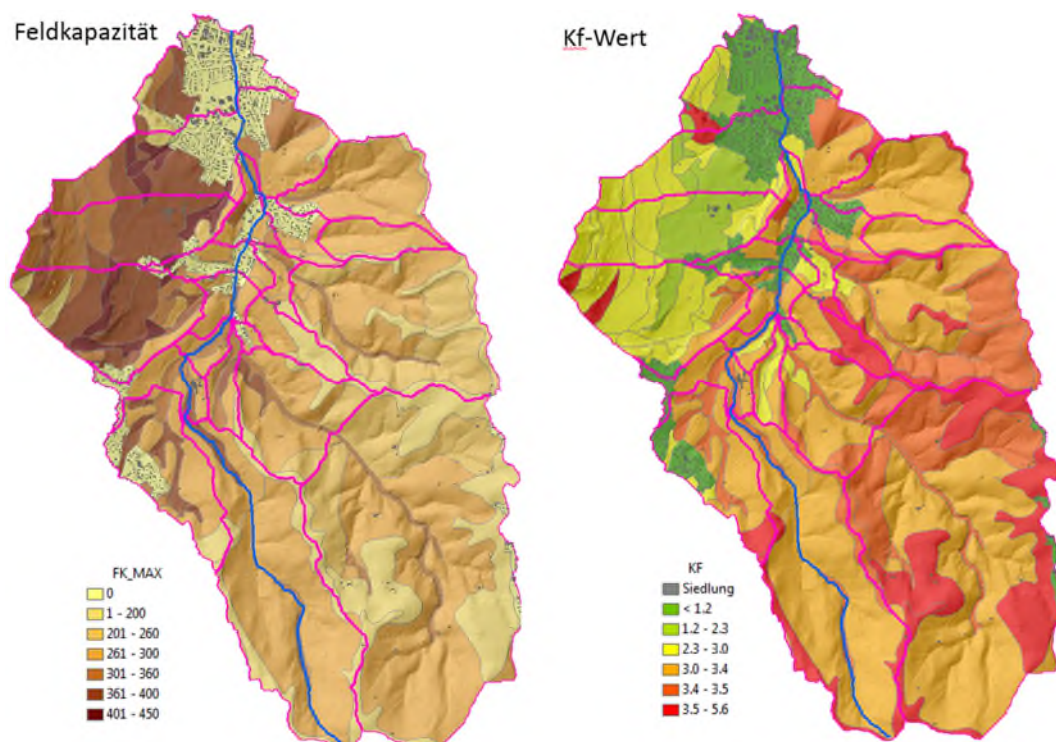


Abb. 6: Feldkapazität und kf-Wert Böden

#### 4.2.2 Abflusskonzentration

Die Abflusskonzentration, also die Geschwindigkeit, in der sich das Wasser (Effektivniederschlag) im Vorfluter sammelt, ist von mehreren Kenngrößen abhängig. Im Verfahren nach Lutz wurden die wichtigsten Einflussgrößen in einen funktionalen Zusammenhang gestellt. Dabei wird die Anstiegszeit  $t_A$  nach folgender Gleichung ermittelt:

$$t_A = P1 \cdot \left( \frac{L \cdot L_C}{I_g^{1.5}} \right)^{0.26} \cdot e^{-0.016U} \cdot e^{0.004W}$$

Gleichung 2

Mit den Parametern

$t_A$	:	Anstiegszeit [h]
P1	:	Gebietsfaktor [ ]
L	:	Länge des Hauptgewässers, verlängert bis zur Wasserscheide [km]
$L_C$	:	Länge des Hauptgewässers in km bis zum Schwerpunkt des Einzugsgebiets [km]
$I_g$	:	gewogenes Gefälle entlang des Hauptgewässers [ ]
U	:	Bebauungsanteil [%]
W	:	Waldanteil [%]

Diese Parameter lassen sich entweder per GIS aus dem digitalen Geländemodell oder aus topografischen Karten ermitteln. Der Bebauungsanteil und der Waldanteil wurden auf der Grundlage der CORINE-Datensätze abgeleitet und teilweise manuell anhand von Luftbildern und Katasterdaten angepasst. Der ebenfalls gebietsabhängige P1-Wert kann nicht aus Planwerken abgeleitet werden. Er wird Tabellen entnommen (vgl. Anhang 6) oder wird auf der Grundlage von gemessenen Niederschlag-Abfluss-Ereignissen ermittelt.

Nähere Erläuterungen zur Erhebung der Parameter sowie die Parameter für die einzelnen Teil-Einzugsgebiete sind in den Anhängen 1, 2 und 6 zusammengestellt.

#### 4.2.3 Wellenverformung

Die Wellenverformung beschreibt die Translations- bzw. Retentionswirkungen entlang des Gewässerverlaufs. Die Wellenverformung wurde im Modell mit einem Translationsansatz berücksichtigt, der dem Umstand Rechnung trägt, dass das Wasser eine bestimmte Zeit braucht, um durch das Gewässer abzufließen. Die Parameter der Wellenverformung sind in Anhang 1 zusammengestellt.

### 4.3 Stadtabfluss

Unter „Stadtabfluss“ wird in der vorliegenden Untersuchung der flächenmäßige Abflussanteil verstanden, der aus den überwiegend besiedelten Teilflächen stammt. Zwar ist es grundsätzlich möglich, den prozentualen Versiegelungsgrad „S“ im „Verfahren nach Lutz“ zu berücksichtigen, jedoch wird bei höherem Versiegelungsgrad die Konzentrationszeit nur noch sehr ungenügend abgebildet. Aus diesem Grund wird der Abfluss aus Siedlungsbereichen mit einem anderen Berechnungsmodul simuliert. Auch im Stadtabflussmodul hängt die resultierende Abflussganglinie von den beiden Prozessen der Abflussbildung und der Abflusskonzentration ab.



### 4.3.1 Abflussbildung Stadtabfluss

Beim Landabfluss ist der Abflussbeiwert unter anderem stark abhängig von der Vorfeuchte und der Wassersättigung des Bodens und somit unter anderem von der Jahreszeit und der Niederschlagsdauer und Niederschlagsmenge. Diese Prozesse treten mit zunehmender Flächenversiegelung immer weiter in den Hintergrund. Der Abflussbeiwert für die versiegelten und teilversiegelten Flächen der Siedlungsbereiche wird deshalb für einzelne Parzellen fest eingegeben (im Gegensatz zum Landabfluss, für den ein „End“-Abflussbeiwert zu ermitteln ist).

Im Zuge der Einführung der gesplitteten Abwassergebühr (GAG) wurde mit verhältnismäßig großem Aufwand eine detaillierte Flächendifferenzierung von Flächen mit unterschiedlichen Versiegelungsgraden durchgeführt. Diese hoch aufgelösten Daten wurden der Erhebung der Abflussbeiwerte der verschiedenen Teil-Einzugsgebiete zu Grunde gelegt. Die Zuweisung durch die GAG erfolgte in drei unterschiedlichen Versiegelungsklassen (vgl. Abb. 7).

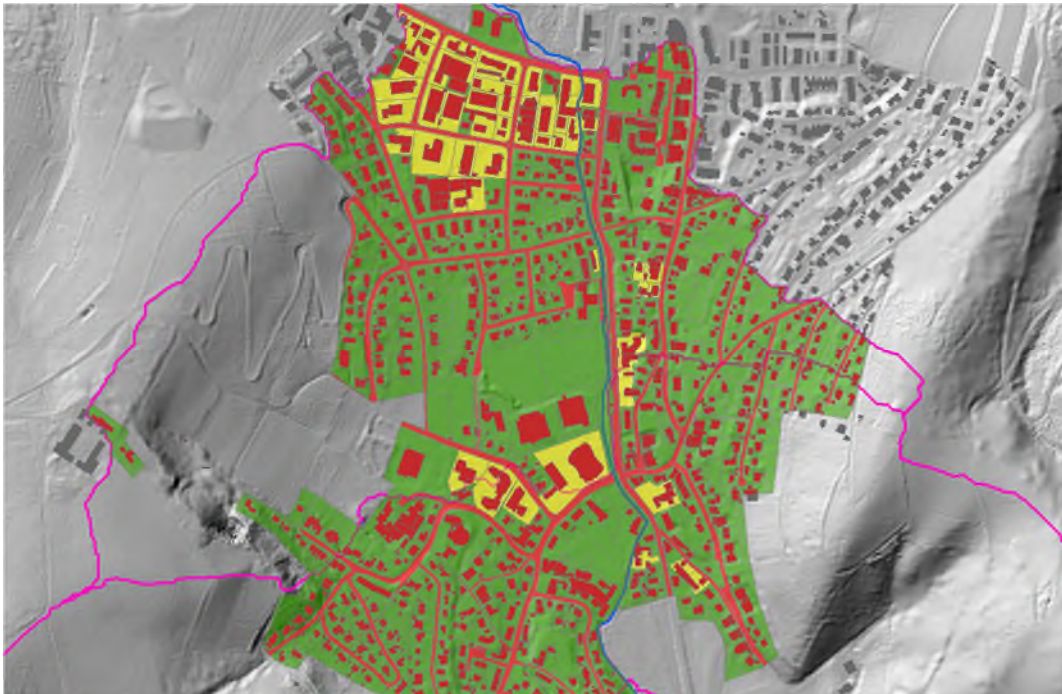


Abb. 7: Unterschiedliche Versiegelungsgrade nach GAG im Bereich der Ortslage Merzhausen

Gebäudedachflächen können beispielsweise direkt abgegriffen werden. Sie werden einheitlich mit dem Abflussbeiwert  $\psi = 0,9$  belegt. Zur Berücksichtigung des Benetzungs- und Muldenverlustes wurde ein Anfangsverlust von 1 mm zugewiesen. Eine gesonderte Berücksichtigung von Gründächern wurde nicht vorgenommen, da diese Information nicht durchgängig vorliegt und vor dem Hintergrund der allgemeinen Modell-Unschärfen nicht ins Gewicht fällt.

Neben den Dachflächen wurden auch den versiegelten Straßen und Plätzen ein Abflussbeiwert von  $\psi = 0,9$  zugewiesen.

Da die Parzelleneinteilung nicht auf dem Abflussbeiwert, sondern auf Eigentumsverhältnissen basiert, weist die Mehrzahl der Teilflächen wiederum unterschiedlich durchlässige Teilbereiche auf,

die nicht noch detaillierter ermittelt werden können. So erfolgte die Zuweisung von Abflussbeiwerten in Siedlungsbereichen in drei verschiedenen Klassen auf der Grundlage von Luftbildinformationen.

- Straßen, Verkehrswege, Plätze Dächer:  $\psi = 0,9$
- Parzellen mit maßgeblichem Anteil von versiegelten Flächen:  $\psi = 0,5$
- Übrige Flächen mit überwiegendem Anteil von Rasenflächen oder Gärten  $\psi = 0,2$

Dabei entspricht der Abfluss von  $\psi = 0,2$  ungefähr dem 100-jährlichen, 1-stündigen Abflussbeiwert aus unversiegelten Bereichen im Untersuchungsgebiet (Landabfluss).

Bevor eine Zuweisung der Abflussbeiwerte erfolgen konnte, mussten die Katasterdaten zunächst topologisch bereinigt werden, da teilweise geringfügige Lücken oder Überlappungen der einzelnen Parzellen vorhanden waren.

#### 4.3.2 Abflusskonzentration

Die Abflusskonzentration in Siedlungsbereichen erfolgt deutlich schneller als in natürlichen oder naturähnlichen Flächen. Dies liegt einerseits an den glatteren Oberflächen (z. B. Asphaltflächen), die zu einem schnelleren „Zusammenfließen“ des Niederschlagswassers führen und andererseits am Kanalnetz, das den Niederschlag dem Vorfluter schnell zuführt.

Die Ermittlung der Parameter für die Abflusskonzentration in den Siedlungsbereichen (Stadtabfluss) erfolgt wie beim Landabfluss über die Ermittlung der mittleren Fließweglänge im Teil-Einzugsgebiet. Es wurde von einer mittleren Fließgeschwindigkeit von 1,5 m/s ausgegangen. Anhand der Fließzeiten bis zum jeweiligen Vorfluter wurden die Parameter der linearen Speicherkaskade folgender Gleichung berechnet:

$$k = 0,5 \times t_s$$

mit  $t_s$  = mittlere Fließzeit zum Vorfluter [h]

und  $n = 2$

#### 4.3.3 Abfluss über das Kanalnetz

Das Kanalnetz kann in einem hydrologischen Modell nur annäherungsweise simuliert werden. Ein detaillierter Abfluss durch das Kanalnetz kann nur mit einer aufwendigen hydrodynamischen Kanalnetzrechnung durchgeführt werden, wie sie zum Beispiel im Zuge eines Generalentwässerungsplans vorgesehen ist. In einem hydrologischen Modell können keine hydrodynamischen Effekte berücksichtigt werden. Die Modellierung des eigentlichen Kanalnetzes kann nur sehr stark vereinfacht berücksichtigt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde analog zur Vorgehensweise zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten (HWGK) vorgegangen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Kanalnetz eine Leistungsfähigkeit aufweist, die dafür ausreicht, um das ungefähr 3-jährliche Ereignis abzuführen. Dies bedeutet, dass das Kanalnetz im langjährigen statistischen Mittel alle drei Jahre ein-

mal überläuft. Weiteres Niederschlagswasser kann vom Kanalnetz nicht aufgenommen und abgeführt werden. Je nach örtlichen Gegebenheiten sammelt sich das „überschüssige“ Wasser dann in Senken oder fließt stark verzögert über die Oberfläche ab. Der Abfluss aus den Siedlungsbereichen wird deshalb rechnerisch beim Schwellenwert des 3-jährlichen Ereignisses gekappt.

Da von Merzhausen ein hydrodynamisches Kanalnetz vorliegt, erfolgte anschließend ein Abgleich.

#### 4.4 Niederschläge

Bewertungen und Bemessungen wasserbaulicher Anlagen erfolgen in aller Regel auf der Grundlage von Auftretenswahrscheinlichkeiten = „Jährlichkeiten“. So spricht man zum Beispiel von 10-jährlichen oder 100-jährlichen Hochwasserereignissen. Eine wichtige Rolle spielt bei der Simulation natürlich der Niederschlagsinput. Es wird dabei vereinfachend davon ausgegangen, dass der jeweilige Regen auf mittlere Gebietsverhältnisse trifft, also beispielsweise nicht auf gefrorenen oder wassergesättigten Boden, aber auch nicht auf völlig trockenen Boden, sodass z. B. ein 100-jährlicher Niederschlag, also ein Niederschlag, der statistisch gesehen alle 100 Jahre einmal erreicht oder überschritten wird, auch das 100-jährliche Hochwasser hervorruft.

Diese Bemessungsniederschläge werden vom Deutschen Wetterdiensts erarbeitet und als sogenannte Kostra-Werte (Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung) bereitgestellt. Diese Kostra-Werte wurden in den Jahren 2015 bis 2017 durch den DWD überarbeitet und auf der Grundlage eines längeren Messzeitraums als bislang gegründet.

Eine erste Datenauslieferung stellte sich jedoch in manchen Bereichen, unter anderem auch im Westanstieg des Schwarzwalds, als unplausibel heraus. Erst die revidierte Fassung („2010R“) wurde von der Wasserwirtschaft akzeptiert und Ende 2017 als Grundlage für Flussgebietsuntersuchungen und die Dimensionierung wasserbaulicher Maßnahmen vorgegeben.

Tab. 3 Verwendete Niederschlagshöhen nach Kostra 2010R (gewichtet mit Nachbarkacheln)

	$T_n = 3a$	$T_n = 10a$	$T_n = 20a$	$T_n = 50a$	$T_n = 100a$
15 min	17.6	23.9	27.5	32.2	35.8
20 min	20.0	27.1	31.1	36.5	40.6
30 min	23.4	31.8	36.7	43.0	47.9
45 min	26.7	36.7	42.4	50.1	55.8
1h	29.0	40.3	46.8	55.4	61.9
90 min	31.5	43.0	49.7	58.5	65.1
2h	33.4	45.1	51.9	60.8	67.5
3h	36.4	48.4	55.3	64.4	71.3
4h	38.7	50.9	57.9	67.2	74.2
6h	42.3	54.8	61.9	71.4	78.7
9h	46.4	59.1	66.5	76.2	83.5
12h	49.5	62.5	70.0	79.8	87.3
18h	54.5	67.8	75.4	85.5	93.2
24 h	58.3	71.9	79.7	89.9	97.7
48 h	72.2	88.7	98.2	110.8	120.3
72h	81.6	99.9	110.4	124.2	134.7

Laut Kostra werden die Niederschlagshöhen Rasterweise angegeben (vgl. Abb. 8). Um den Einfluss der Umgebung mit zu berücksichtigen wurden die verwendeten Niederschläge, wie in Tab. 3 angegeben durch Flächengewichtung ermittelt. Dafür wurde die zentrale Kachel mit dem Faktor 0,5 versehen und die 4 angrenzenden Kacheln mit dem Faktor 0,125.

Die Gesamtgröße des untersuchten Einzugsgebiets beträgt knapp 15 km<sup>2</sup>. Bei dieser relativ geringen Größe wird im Allgemeinen von einer gleichmäßigen Überregnung ohne flächenabhängigen Abminderungsfaktor ausgegangen.

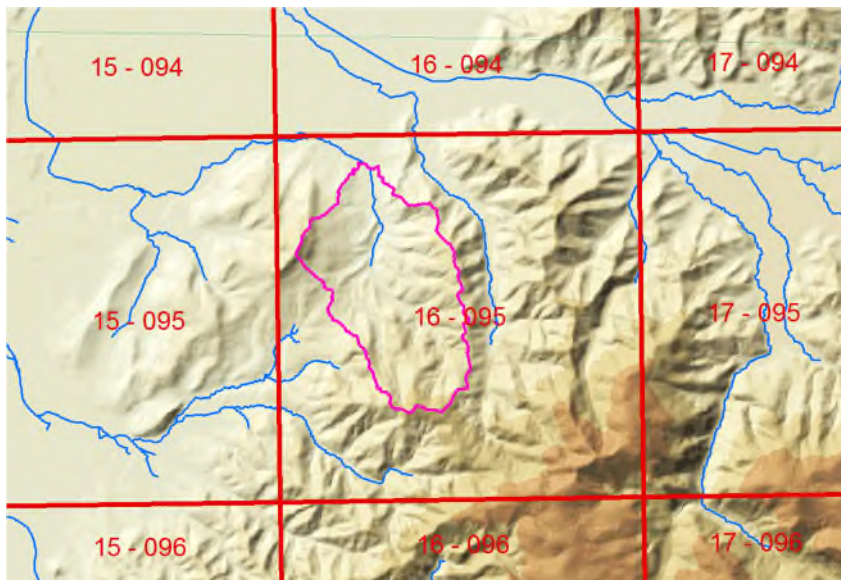


Abb. 8: Rasterung nach Kostra

#### 4.5 Kalibrierung

Ein Niederschlag-Abfluss-Modell umfasst neben mehreren klar erhebbaren Parametern auch solche, die nicht unmittelbar aus der Topografie des Gebiets ableitbar sind und auch nicht messtechnisch erhoben werden können. Diese „gebietspezifischen“ Parameter werden im Idealfall über eine große Anzahl von gemessenen Niederschlag-Abfluss-Ereignissen kalibriert. Idealerweise enthalten diese Messungen auch seltene Ereignisse wie z. B. ein 20-jährliches oder gar ein 50- bis 100-jährliches Ereignis. Voraussetzung für eine solche Datenlage ist das langjährige Betreiben eines Messnetzes, mit dem möglichst über mehrere Jahrzehnte hinweg sowohl die gefallenen Niederschläge im Einzugsgebiet als auch der dadurch entstehende Abfluss im Gewässer mit hoher zeitlicher Auflösung gemessen werden. Da bei einem Starkniederschlag die Intensität auch innerhalb des Einzugsgebiets stark variieren kann, sollten im günstigsten Fall die Daten von mehreren Niederschlagsmessstationen an unterschiedlichen Stellen im Einzugsgebiet vorhanden sein. Hilfreich wäre auch bereits eine langjährige Pegelmessreihe, aus der auch ohne verfügbare Niederschlagsmessungen mittels extremwertstatistischer Methoden der so genannte Scheitelwert (also die „Hochwasserspitze“) abgeschätzt werden könnte.

Derartige Abflussmessungen sind für den Reichenbach nicht verfügbar. Lediglich für Teil-Einzugsgebiete sind für einzelne, kleinere Hochwasser-Ereignisse unbekannter Jährlichkeit Messdaten aus Forschungsprojekten des Instituts für Hydrologie der Universität Freiburg vorhanden. Diese erlauben jedoch keine Rückschlüsse auf Abflussereignisse seltener Jährlichkeiten wie zum Beispiel dem 100-jährlichen Hochwasser. Die Kalibrierung muss aus diesem Grund auf andere Weise erfolgen.

#### 4.5.1 Kalibrierung auf Grundlage der Hochwasser-Regionalisierung

Für das Land Baden-Württemberg liegt eine flächendeckende Hochwasser-Regionalisierung vor, die auf einer Mehrfachregression von langjährigen Pegelmessreihen beruht. Das Verfahren wurde von der LUBW in Zusammenarbeit mit der Uni Karlsruhe (jetzt: kit) entwickelt (<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/regionalisierte-abflusskennwerte>). Grundlage für die Erstellung des Regionalisierungsverfahrens sind die Hochwasserabfluss-Kennwerte von circa 400 Pegeln mit langjährigen Messreihen. Dabei wurde ein funktionaler Zusammenhang zwischen Gebietsparametern und den Kennwerten unterschiedlicher Jährlichkeit ermittelt. Dieser Zusammenhang kann auf beliebige Gewässerstellen in Baden-Württemberg angewandt werden, so auch auf mehrere Gewässerstellen im Einzugsgebiet des Reichenbachs.

Im Regionalisierungsmodell wird zwar der Flächenanteil von versiegelten Flächen grundsätzlich berücksichtigt, jedoch nicht von größeren Flächen mit konzentrierter Einleitung von Regenwasser. Ebenso kann die Wirkung von bestehenden Hochwasserrückhaltebecken vom Regionalisierungsmodell nicht abgebildet werden. Aus diesem Grund muss das anzupassende Niederschlag-Abfluss-Modell zum Zweck der Kalibrierung zunächst um diese genannten Faktoren „bereinigt“ werden. Dazu wird der „Stadtabfluss“ im N/A-Modell für die Kalibrierung wie bei der Regionalisierung auch lediglich als Flächenanteil eines Teileinzugsgebiets berücksichtigt und die Wirkung der Hochwasserrückhaltebecken bleibt für die Kalibrierung unberücksichtigt. In Abb. 9 ist der hydrologische Längsschnitt des Reichenbachs für die Jährlichkeiten  $T_n = 3a$  bis  $T_n = 100a$  dargestellt, sowie die Regionalisierungswerte des 100-jährlichen Ereignisses. Es zeigt sich eine sehr gute Anpassung der Scheitelwerte an die Regionalisierungswerte.

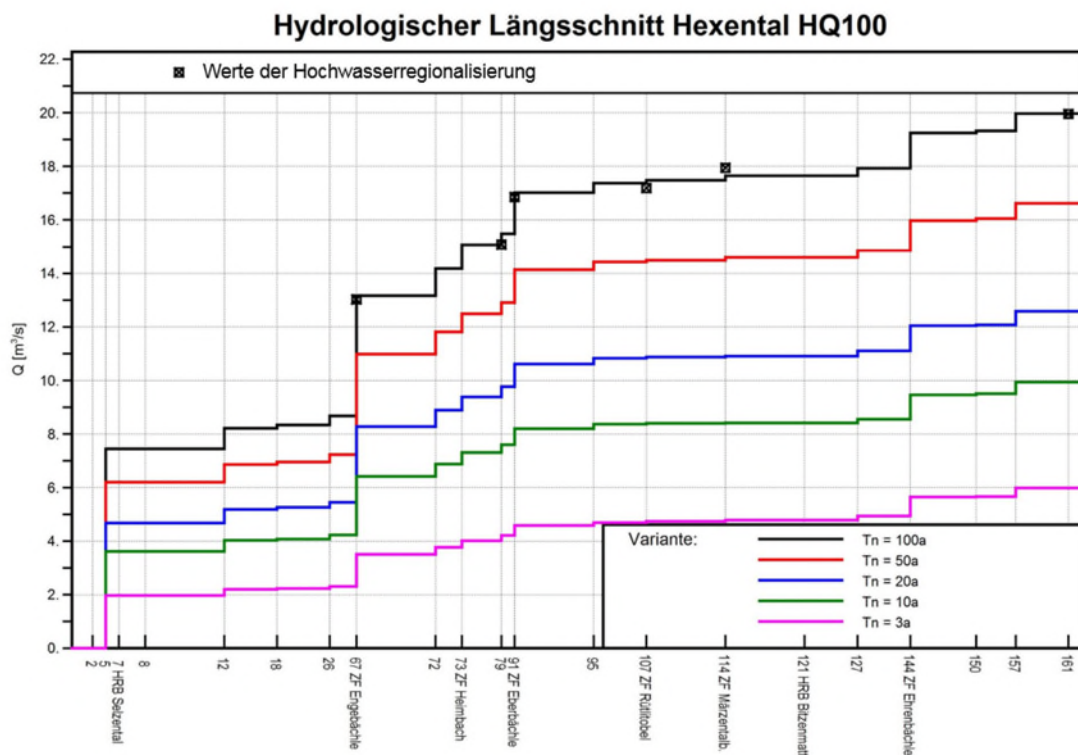


Abb. 9: Hydrologischer Längsschnitt des kalibrierten N/A-Modells Hexental

### 4.5.2 Beobachtete Ereignisse

Im Jahr 2004 und 2005 wurden seitens der Universität Freiburg, Lehrstuhl für Hydrologie, mehrere hydrologische Untersuchungen im Hexental durchgeführt. Unter anderem wurden auch verschiedene temporäre Pegel an Nebengewässern eingerichtet. Die gemessenen Daten wurden seitens der Universität für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung gestellt. Die Messreihen sind auszugsweise in Abb. 10 bis Abb. 13 dargestellt. Für das Einzugsgebiet des Engebächles liegen circa 4 Monate Messreihe vor, für den Selzenbach insgesamt ca. 14 Monate. Für eine extremwertstatistische Auswertung im Hinblick auf eine Modellkalibrierung sind diese Messreihen aber deutlich zu kurz.

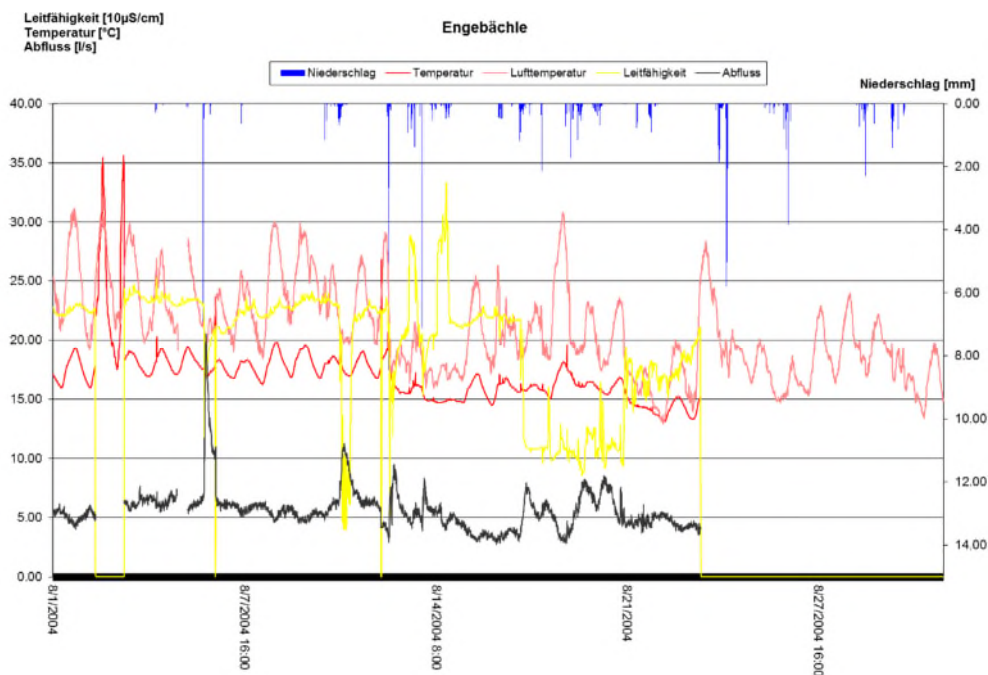


Abb. 10: Ausschnitt aus vorh. Messreihe Engebächle (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 1.08. 2004 – 27.08.2004)

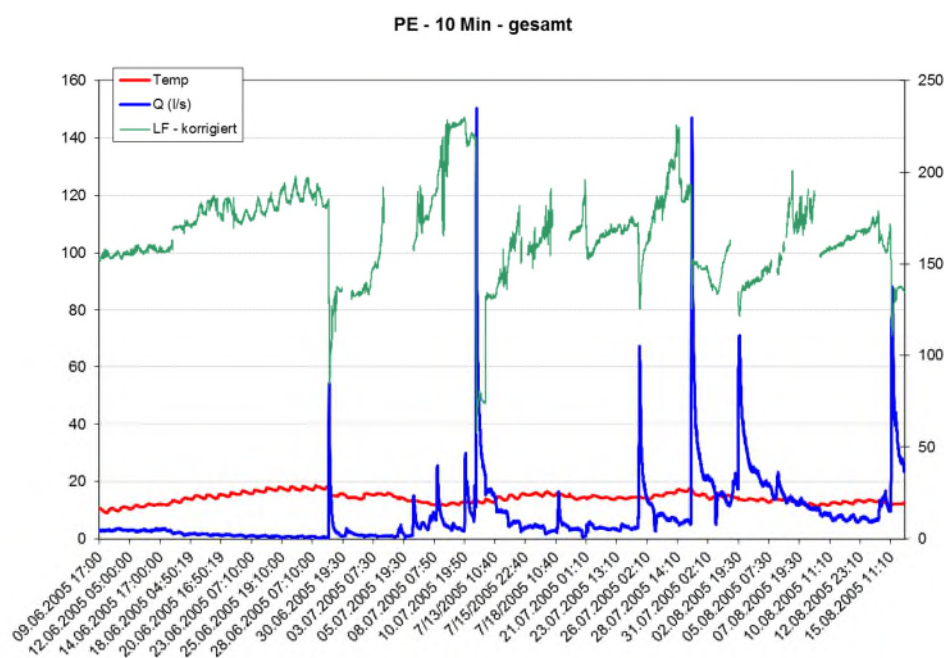


Abb. 11: Ausschnitt aus vorh. Messreihe Engebächle (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 06. 2005 – Aug. 2005)

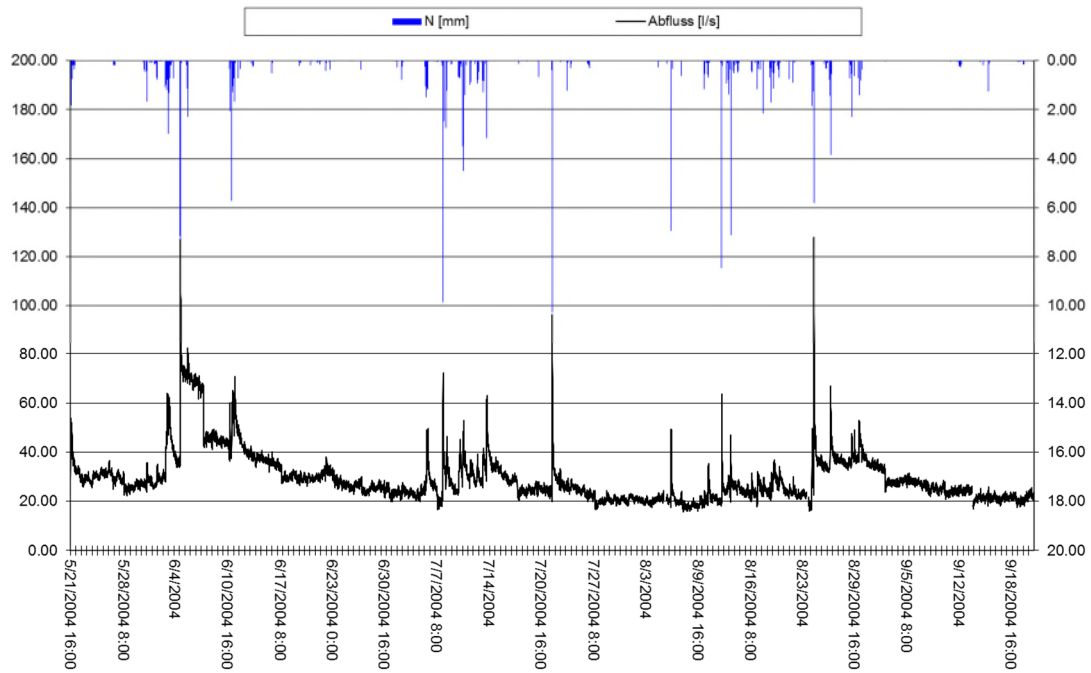


Abb. 12: Ausschnitt aus vorh. Messreihe Selzenbach. (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 1.05.2004 – 18.09.2004)

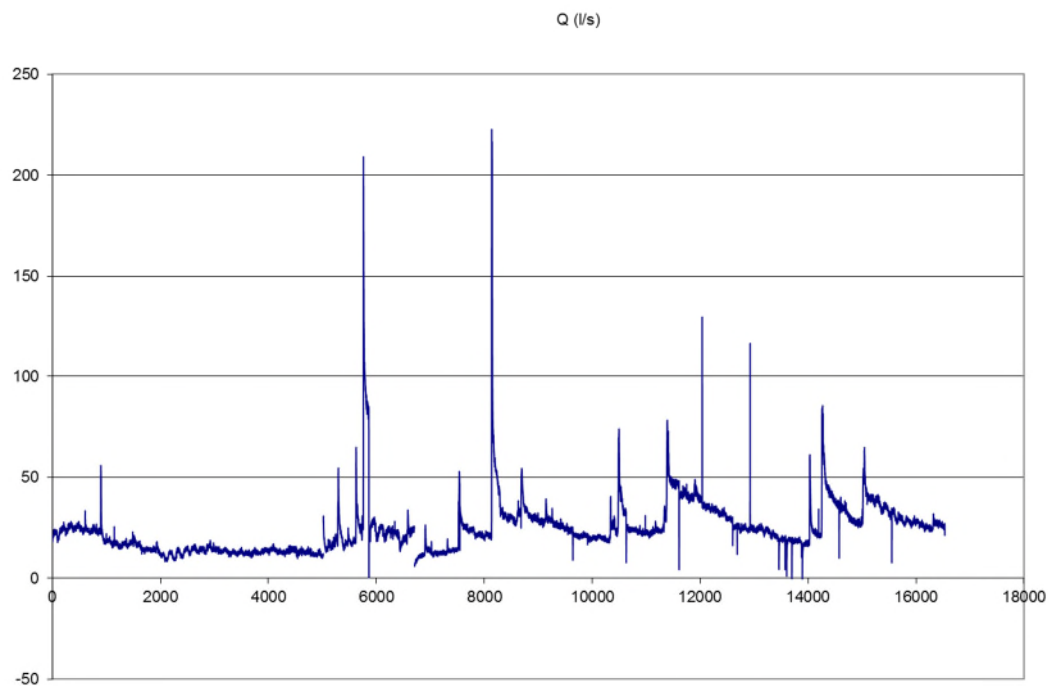


Abb. 13: Ausschnitt aus vorh. Messreihe Selzenbach. (Institut für Hydrologie Uni Freiburg 24.05.2005 – 27.09.2005)

### 4.5.3 Vorhandene Pegelaufzeichnungen Vogtebrücke

Mit dem Bau des Hochwasserrückhaltebeckens Bitzenmatte (2009) wurde an der oberstromigen Seite der Vogtebrücke ein registrierender Wasserstandspegel eingebaut, dessen Daten im zentralen Rechner des Betriebsgebäudes des HRB Bitzenmatte auflaufen. Der Pegel war ursprünglich dafür gedacht, das in Lauerstellung befindliche HRB Bitzenmatte ab einem gewissen Wasserstand in den Hochwasser-Betriebsmodus zu versetzen. Zwischenzeitlich wird das Becken jedoch so betrieben, dass die Schieber permanent, also ohne Schwellenwertüberschreitung, in Startposition verbleiben. Somit kann ein Versagen der Startprozedur ausgeschlossen werden.

Grundsätzlich sind aus der Messung Wasserstandswerte im 15-Minuten-Abstand bis auf die Jahre 2016 und 2017 vorhanden. Beispielhaft ist in Abb. 14 die Zeitreihe des Jahres 2015 dargestellt. Die Länge der Zeitreihe könnte theoretisch dazu herangezogen werden, zumindest das 10-jährliche Abflussereignis zu ermitteln. Leider ist jedoch der Messbereich direkt oberstrom der Brücke ab einem gewissen Wasserstand im Einstau, so dass sich Druckabfluss einstellt. Daraus lässt sich keine funktionale Schlüsselkurve ableiten, die es ermöglichen würden, den verschiedenen Wasserständen belastbare Werte für Abflüsse (in  $\text{m}^3/\text{s}$ ) zuzuordnen.

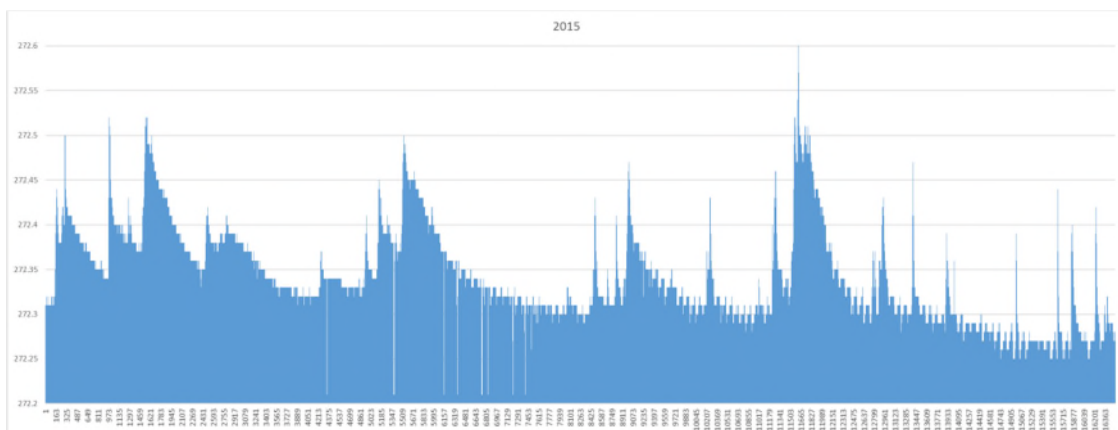


Abb. 14: Ausschnitt aus der Messreihe der Wasserstände (Jahr 2015) an der Vogtebrücke

### 4.5.4 Vorhandene Aufzeichnungen vom Rückhaltebecken Selzental

Das Abfluss-Messsystem des HRB Selzental wurde im Rahmen der Beckensanierung in den Grundablass des Beckens eingebaut. Leider funktioniert das Messsystem noch immer nicht zuverlässig, sodass bislang nur fragmentarische Aufzeichnungen verfügbar sind, die ihrerseits nicht auf Plausibilität geprüft worden sind. Für die Ableitung von Abflüssen verschiedener Jährlichkeiten sind diese Messdaten somit nicht geeignet.

## 4.6 Hinweis zu den neuen Modellergebnissen

Nach den bisherigen Ergebnissen aus dem alten N/A-Modell (Ludwig) würde nur 1 zusätzliches Hochwasserrückhaltebecken dazu ausreichen, um den 100-jährlichen Hochwasserschutz für die Ortslagen Au und Merzhausen zu erzielen. Die Simulationen mit dem neuen N/A-Modell ergeben



hingegen, dass nunmehr 3 zusätzliche Becken benötigt werden, um den 100-jährlichen Hochwasserschutz für die Ortslage Merzhausen zu gewährleisten. Folgende Punkte liegen diesem Effekt zu Grunde:

- Modelltechnische Erfassung des „Stadtabflusses“:  
Das Einzugsgebiet des Reichenbachs weist vor allem im „unteren Bereich“ einen großen Siedlungsflächenanteil auf (Ortslage Merzhausen). In Siedlungsbereichen mit den entsprechenden Versiegelungsgraden kommt mehr Wasser zum Abfluss als in Bereichen, die zum Beispiel land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden. Außerdem fließt das Oberflächenwasser aufgrund der glatten Oberflächen (Beton, Asphalt, ...) viel schneller zum Gewässer, als in Wiesen- oder Waldflächen. Im neuen Modell wurden diese „Stadtabflussflächen“ gesondert ausgewiesen und der Abfluss getrennt von dem den „natürlichen Flächen“ modelliert. Im früheren Modell wurden die bebauten Bereiche nur pauschal berücksichtigt. Durch die separate (und somit realitätsnähere) Modellierung ergeben sich aus den Siedlungsflächen höhere und kurze Abflussspitzen, die beim früheren Modell durch die Gebietsmittlungen herausfallen.
- Teileinzugsgebiet Eberbach: Wie bereits während der bisherigen hydrologischen Untersuchung festgestellt, wies im früheren Modell das Einzugsgebiet des Eberbachs im Vergleich mit anderen Teil-Einzugsgebieten einen sehr geringen Abfluss auf. Da das Originalmodell nicht verfügbar war, konnte durch die BIT-Ingenieure keine Kontrolle der Eingangsparameter durchgeführt werden. Auf schriftliche Anfrage beim Modellersteller wurde seinerzeit mitgeteilt, dass die Berechnung stimme. Durch die Erstellung des neuen Modells ergab sich aber klar, dass der Einfluss des Eberbachs auf das Gesamtgeschehen bislang stark unterschätzt worden war.

## 5 Bestehende Hochwasser-Rückhaltebecken

Zur Zeit der Bearbeitung des vorliegenden Berichts bestehen im Untersuchungsgebiet die drei Hochwasser-Rückhaltebecken Selzental, Ehrenmatte und Bitzenmatte. Während es sich bei den beiden Becken Selzental und Ehrenmatte um ältere Becken handelt, die im Lauf der letzten Jahre saniert wurden, handelt es sich beim Becken Bitzenmatte um einen Neubau aus dem Jahr 2008. Die Lage der bestehenden Becken ist in Abb. 15 dargestellt.

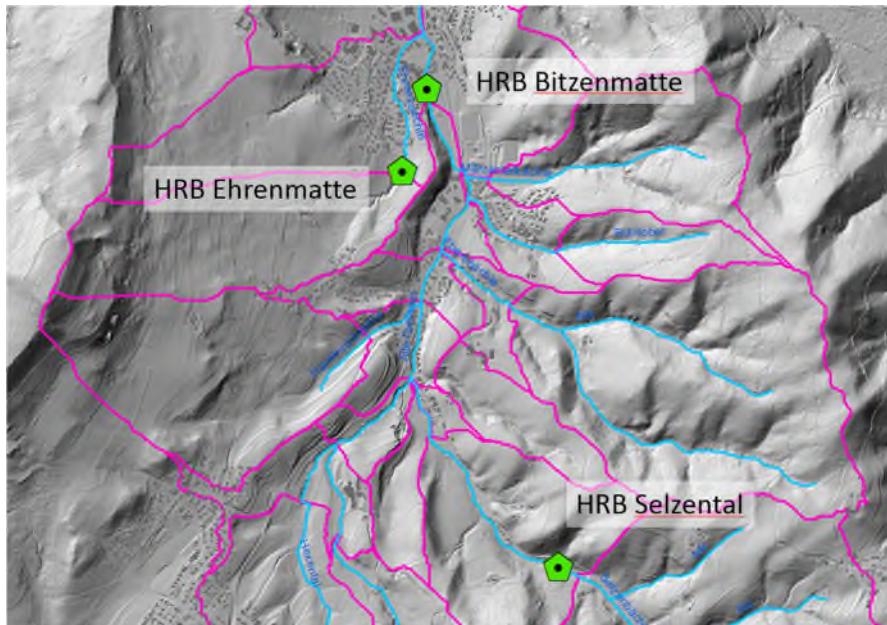


Abb. 15: Lage der bestehenden Hochwasserrückhaltebecken im Untersuchungsgebiet

### 5.1 HRB Selzental

Das HRB Selzental ist ungesteuert. Dies bedeutet, dass unabhängig vom Ereignis die Auslassöffnung unverändert bleibt. Der Schieber ist so eingestellt, dass das Becken bei der maßgeblichen Dauer des 100-jährlichen Ereignisses bis zum Stauziel gefüllt ist.

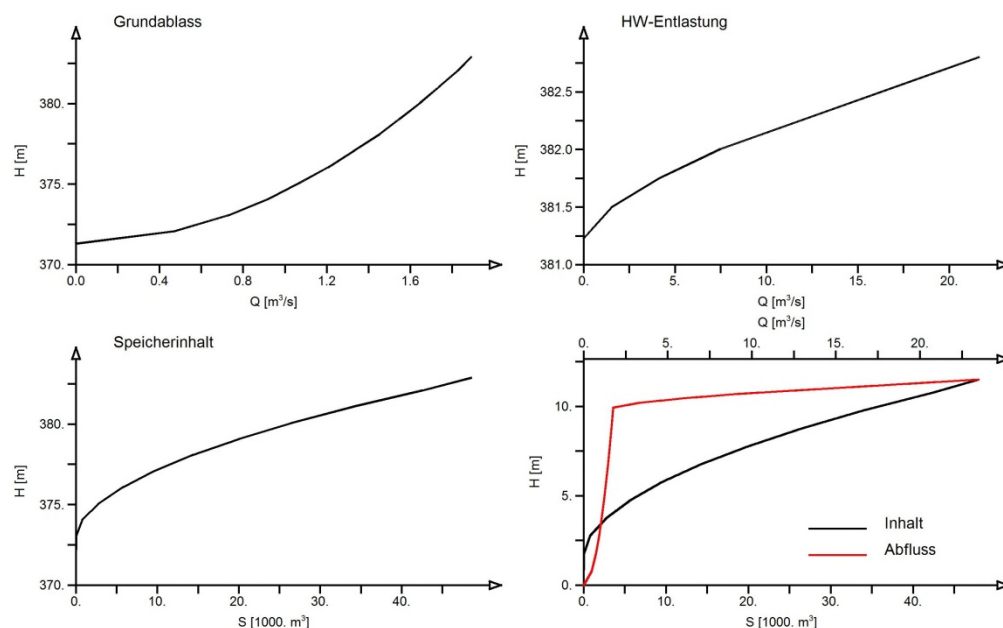


Abb. 16: Speicherkennlinien HRB Selzental

Tab. 4: Kennwerte HRB Selzentäl

HRB Selzentäl	
Baujahr	1977
Sanierung	2013 / 2014
Betriebsform	Ungesteuert im Hauptschluss
Höhe HWEA = ZH <sub>3</sub>	382,05 m+NN
Freibord bei BHQ <sub>2</sub>	0,75 m
<b>Gewöhnlicher Rückhalteraum</b>	<b>36.000 m<sup>3</sup>(Ludwig 43.500 m<sup>3</sup>)</b>
Außergewöhnlicher Rückhalteraum (BHQ <sub>2</sub> )	2.430
Sohle Grundablass	371,30 m+NN
Höhe Hochwasser-Entlastung = Stauziel	381,23 m+NN
Art Hochwasser-Entlastung	Überlaufschwelle in kombiniertem Auslassbauwerk
Kronenhöhe	382,80 m+NN
Abgabe bei Vollstau	Circa 1,1 m <sup>3</sup> /s (nach altem N/A-Modell)
Scheitelzufluss HQ <sub>100</sub> / maßgebliche Dauer	7,45 m <sup>3</sup> /s / 2 Stunden

Das HRB Selzentäl ist derzeit noch eingestellt auf den Abfluss (HQ<sub>100</sub>), der sich aus dem nicht mehr aktuellen Abfluss aus dem alten N/A-Modell ergibt. In den Modellrechnungen des N/A-Modells wird vereinfachend von einer Steuerung auf einen konstanten Regelabfluss und einem Rückhaltevolumen von  $V = 35.000 \text{ m}^3$  ausgegangen. Dabei ergibt sich mit den neuen Modellrechnungen ein erforderlicher Regelabfluss von  $Q_R = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bei diesem Regelabfluss wird das Becken beim maßgeblichen 100-jährlichen Ereignis gerade gefüllt (Stauziel), die Hochwasserentlastung springt aber noch nicht an.

## 5.2 HRB Ehrenmatte

Das Becken Ehrenmatte ist wie das HRB Selzentäl ungesteuert. Durch das Becken Ehrenmatte wird lediglich ein kleines Einzugsgebiet von circa  $0,8 \text{ km}^2$  kontrolliert. Es wurde 2010 grundlegend saniert und durch den Einbau einer Stauklappe optimiert.

Das HRB Ehrenmatte ist derzeit noch eingestellt auf den Abfluss (HQ<sub>100</sub>), der sich aus dem nicht mehr aktuellen Abfluss aus dem alten N/A-Modell ergibt. In den Modellrechnungen des N/A-Modells wird vereinfachend von einer Steuerung auf einen konstanten Regelabfluss und einem Rückhaltevolumen von  $V = 12.000 \text{ m}^3$  ausgegangen. Dabei ergibt sich mit den neuen Modellrechnungen ein erforderlicher Regelabfluss von  $Q_R = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bei diesem Regelabfluss wird das Becken beim maßgeblichen 100-jährlichen Ereignis gerade gefüllt (Stauziel), die Hochwasserentlastung springt aber noch nicht an.

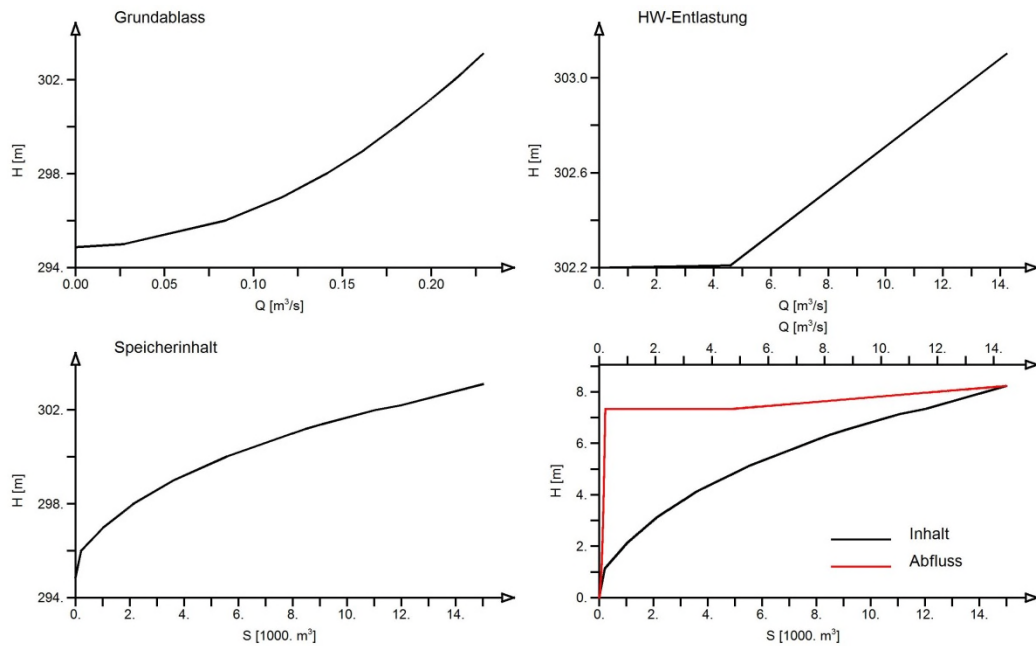


Abb. 17: Speicherkennlinien HRB Ehrenmatte

Tab. 5: Kennwerte HRB Ehrenmatte im Bestand

HRB Ehrenmatte	
Baujahr	1977
Sanierung	2010
Betriebsform	Ungesteuert im Hauptschluss
<b>Gewöhnlicher Rückhalteraum</b>	<b>11.500 m<sup>3</sup> (Ludwig 8200 m<sup>3</sup>)</b>
Außergewöhnlicher Rückhalteraum (BHQ <sub>2</sub> )	Ca. 170 m <sup>3</sup>
Sohle Grundablass	294,87
Höhe Hochwasser-Entlastung = Stauziel	302,20 m+NN
Kronenhöhe	303,10 m+NN
Art Hochwasser-Entlastung	Stauklappe
Scheitelzufluss HQ <sub>100</sub> / maßgebliche Dauer	1,6 m <sup>3</sup> /s / 3 Stunden
Abgabe bei Vollstau	Circa 0,22 m <sup>3</sup> /s

### 5.3 HRB Bitzenmatte

Das HRB Bitzenmatte wurde 2008 fertiggestellt. Es wurde im Nebenschluss zum Reichenbach direkt oberstrom der Ortslage Merzhausen erstellt. Im Gegensatz zu den beiden anderen bestehenden Becken wird das HRB Bitzenmatte bereits im Bestand auf eine konstante Regelabgabe  $Q_R$  gesteuert. Je nach Einstauhöhe verbleiben im Hauptgewässer bei der derzeitigen Einstellung zwischen 2,8 und 3,5  $m^3/s$ .

Tab. 6: Kennwerte HRB Bitzenmatte

HRB Bitzenmatte	
Baujahr	2008
Sanierung	-
Betriebsform	Nebenschluss
Kronenhöhe	281,40 m+NN
Höhe HWEA = ZH <sub>3</sub>	280,00 m+NN
Sohle Grundablass	275,70 m+NN
Gewöhnlicher Rückhalteraum	9.500 m <sup>3</sup>
Außergewöhnlicher Rückhalteraum (BHQ <sub>2</sub> )	6.700 m <sup>3</sup>
Art Hochwasser-Entlastung	Überfall Stauklappe
Abgabe $Q_R$ bei Vollstau	Je nach Regelung der oberstromigen HRB
Scheitelzufluss $HQ_{100}$ / maßgebliche Dauer	Je nach Regelung der oberstromigen HRB

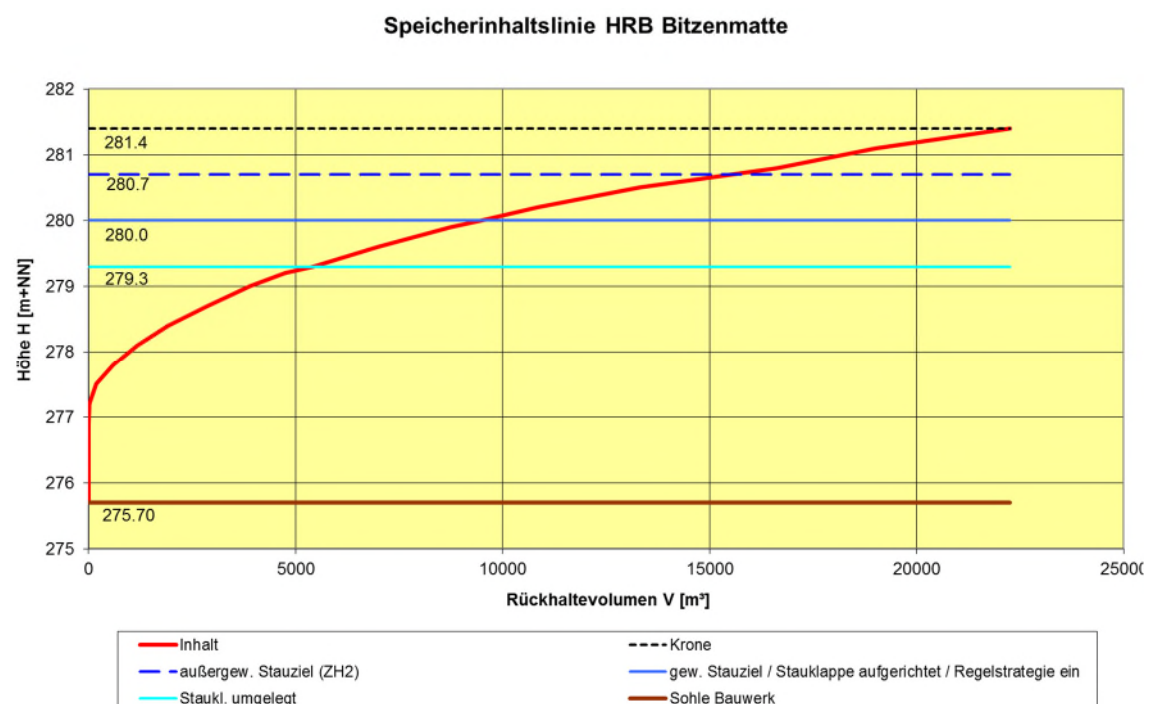


Abb. 18: Speicherinhaltslinie HRB Bitzenmatte

Im Berechnungsmodell ist das HRB Bitzenmatte folgendermaßen implementiert:

- Die Ausleitung vom Gewässer in den Rückhalteraum Bitzenmatte erfolgt modelltechnisch durch eine Abflussverzweigung am Modellknoten 116. Hier wurde festgelegt, dass alles ankommende Wasser oberhalb des Schwellenwerts von  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  in den Rückhalteraum eingeleitet wird (Knoten 117).
- Das eigentliche Rückhaltebecken ist modelltechnisch am Knoten 118 umgesetzt
- Im Modellknoten 121 fließen die beiden Stränge wieder zusammen und werden dort rechnerisch miteinander überlagert.

## 6 Modellrechnungen

### 6.1 Randbedingungen

Der beschriebene Modellaufbau erfolgte im Rahmen einer Flussgebietsuntersuchung mit dem Ziel der Herstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes für die Ortslagen im Hexental. Daneben war zu prüfen, ob ein Hochwasserschutz in der Form hergestellt werden kann, dass der 50-jährliche Abflussscheitel an der Gemarkungsgrenze zu Freiburg auf einen Maximalwert von  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  gedrosselt werden kann.

Die vorliegende Untersuchung wurde ergebnisoffen durchgeführt, es wurde aber von folgenden Randbedingungen ausgegangen, die sich im Zuge vorausgehender Untersuchungen ergeben hatten:

- Der Fokus der Untersuchung liegt auf dem 100-jährlichen Hochwasserschutz.
- Es werden die bestehenden Hochwasserrückhaltebecken Selzental, Ehrenmatte und Bitzenmatte berücksichtigt, die beiden Becken Selzental und Ehrenmatte vereinfacht als Becken mit konstantem Regelabfluss ( $Q_R$ ). Eine entsprechende Feineinstellung der Schieber erfolgt erst nach der Festlegung des Gesamtkonzepts.
- Der Gewässerausbau des Dorfbachs im Bereich der Ortslage Merzhausen ist bereits teilweise umgesetzt. Die Planung für den zweiten und letzten Abschnitt befindet sich derzeit in der Planfeststellung. In diesem (unteren Bauabschnitt) ist ein Ausbau auf eine Leistungsfähigkeit von durchgängig mindestens  $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$  vorgesehen.
- Die bestehenden HRB werden belassen. Bereits frühere Untersuchungen hatten ergeben, dass Vergrößerungen kaum wirksam und kaum möglich sind. Das Becken Selzental sowie das Becken Ehrenmatte wurden durch Sanierungen wieder in den Zustand der Betriebssicherheit versetzt. Es soll aber geprüft werden, ob weitere Rückhaltungen zwischen Au und Merzhausen (Bereich Bitzenmatte) möglich und sinnvoll wären.
- Am Standort Selzenbach/Enge können maximal circa  $37.000 \text{ m}^3$  Rückhaltevolumen bereitgestellt werden. Aufgrund eines Mindestabstands von der Bebauung und den herrschenden Höhenverhältnissen und unter Berücksichtigung möglicher Abgrabungen zur Volumenvergrößerung ist mit circa  $37.000 \text{ m}^3$  das mögliche Maximum erreicht.
- Der Standort Eberbächle war in früheren Untersuchungen wegen zu geringer Wirksamkeit außen vor geblieben. Das neu erstellte N/A-Modell zeigt jedoch eine spürbare Wirkung eines HRB an diesem Standort. Ungeachtet möglicher Einschränkungen durch geologische oder naturschutzrelevante Randbedingungen wurde dieser Standort hydrologisch mit untersucht.
- Das im Nebenschluss betriebene Becken Bitzenmatte wurde mit der entsprechenden Ausleitung aus dem Gewässer modelltechnisch berücksichtigt.

## 6.2 Variantenuntersuchung

Mit dem neuen N/A-Modell (Abschnitt 0) besteht nun die Möglichkeit, die Wirkung verschiedener Hochwasserrückhaltebecken bzw. Kombinationen von HRB zu simulieren. Dabei wurden alle zufließenden Gewässer in die Betrachtung mit einbezogen. Die einzelnen Standorte sind in Abb. 19 dargestellt. Die Positionierung der potentiellen Standorte im Gewässer erfolgte in der Form, dass die Becken jeweils möglichst nah oberhalb der Bebauung vorgesehen wurden, um mit den Becken möglichst große Teilflächen kontrollieren zu können und somit größtmögliche Wirksamkeit zu erzielen. Die präzise Lage am Gewässer kann erst im Zuge weiterer Planungen aufgrund der zusätzlich zu berücksichtigenden Randbedingungen festgelegt werden. Eine geringfügige Veränderung der Standorte gegenüber dem hydrologischen Modellansatz hat hier nur eine marginale Auswirkung. Beim Standort Stöckenhöfe wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass das östlich angrenzende Gewässer zum Standort übergeleitet wird. Dies kann grundsätzlich in einem offenen Gerinne oder über einen Kanal erfolgen (vgl. Abb. 20).

Neben den in Abb. 19 rot dargestellten Standorten wurde ergänzend auch noch einmal untersucht, ob die Bereitstellung weiteren Rückhaltevolumens im Bereich Bitzenmatte eine spürbare Wirkung hätte. Modelltechnisch wurde dieses Volumen am Berechnungsknoten 118 (HRB Bitzenmatte im Bestand) berücksichtigt. In Tab. 7 sind die bestehenden und die potenziellen Beckenstandorte aufgeführt.

Tab. 7: Bestehende und untersuchte Beckenstandorte mit Einzugsgebietsgröße

HRB-Standort	Modell-Knoten FGM	Gewässer	Einzugsgebietsgröße in km <sup>2</sup>
Selzental	7	Selzenbach	3,6
Stöckenhöfe	42	Engebach	2,4*
Selzenbach / Enge	67	Selzenbach/Engebach	7,2
Heimbach	64	Heimbach	0,91
Eberbach	85	Eberbach	1,42
Rütlibobel	99	Rütlibobel	0,23
Märzentalbach	113	Märzentalbach	0,6
Ehrenmatte	134	Ehrenbächle	0,74
Bitzenmatte	118	Reichenbach/Dorfbach	11,4

Gelb: bestehende Becken \*mit Überleitung



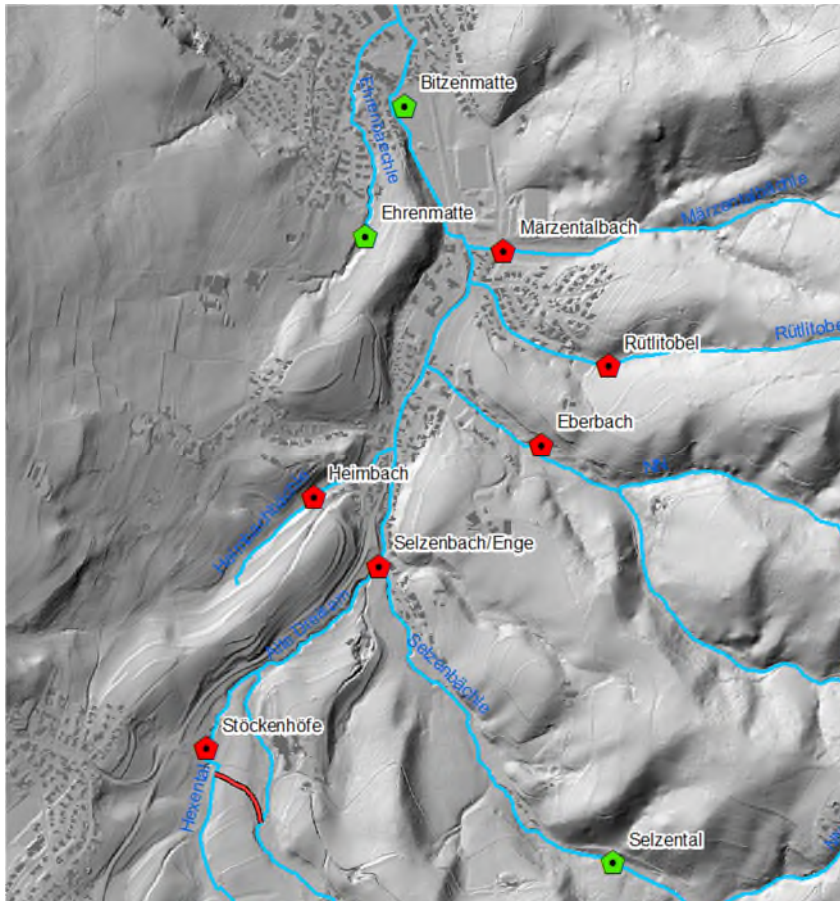


Abb. 19: Bestehende (grün) und potenzielle (rot) Beckenstandorte (Standort Stöckenhöfe mit Überleitung aus Nebengewässer)

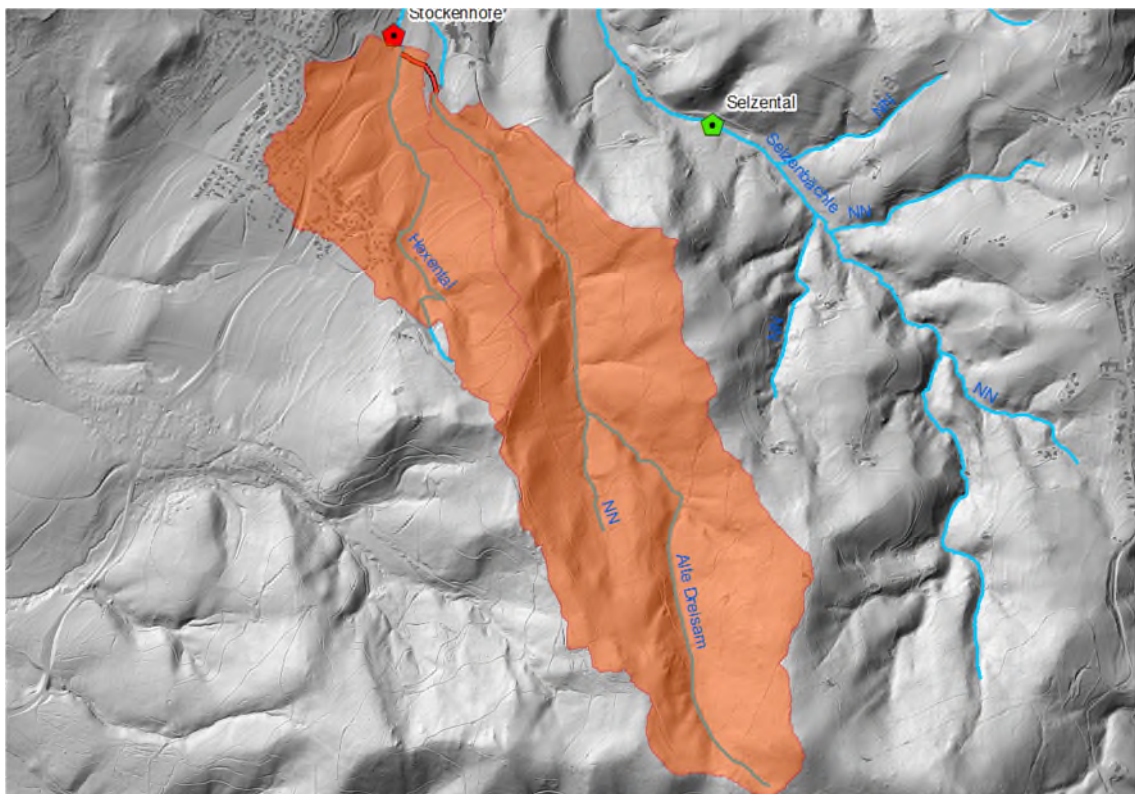


Abb. 20: Teil-Einzugsgebiet, das mit dem Becken Stöckenhöfe kontrolliert werden kann (mit Überleitung)

Bereits die Vorgängeruntersuchung mit dem alten „Ludwig-Modell“ hatte gezeigt, dass für die Herstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes für die Ortslage Merzhausen sowohl Rückhalte- maßnahmen als auch ein Gewässerausbau des Reichenbachs erforderlich sind. Im Sinne einer „Zug um Zug-Umsetzung“ des Hochwasserschutzkonzepts wurde bereits ein erster Gewässerabschnitt ausgebaut, der zweite und letzte Abschnitt befindet sich derzeit im Planfeststellungsverfahren. Insgesamt sind folgende hydraulische Leistungsfähigkeiten vorgesehen oder bereits umgesetzt (vgl. Tab. 8). Diese Leistungsfähigkeiten entsprechen dem Maximum dessen, was ökologisch und technisch sinnvoll ist. Ein Ausbau auf eine noch höhere Leistungsfähigkeit wäre entweder aus ökologischer Sicht zu verwerfen oder wäre wirtschaftlich oder aus Gründen des Ortsbilds nicht vertretbar. Die Zielvorgabe für die Gewässerrückhaltung war also, mit dem 100-jährlichen Abfluss die beschriebenen Leistungsfähigkeiten nicht zu überschreiten.

Tab. 8: Leistungsfähigkeit einzelner Gewässerabschnitte des Reichenbachs

Bauabschnitt	Gewässerabschnitt	Leistungsfähigkeit [m <sup>3</sup> /s]
Abschnitt I (bereits umgesetzt)	Bereich oberhalb Vogtebrücke	7,5 m <sup>3</sup> /s
	Bereich unterhalb Vogtebrücke (Zufluss Ehrenbächle)	8,5 m <sup>3</sup> /s
Abschnitt II (im Planfeststellungsverfahren)	Bereich Schlossweg bis Gemarkungsgrenze	9,5 m <sup>3</sup> /s

Für die im folgenden aufgeführten Ergebnistabellen werden die in Tab. 9 zusammengestellten Abkürzungen verwendet.

Tab. 9: Zusammenstellung Modellknoten und Örtlichkeiten

Modellknoten	Beschreibung	Akürzung
7	Standort bestehendes HRB Selzental	Selz
42	Potenzieller HRB-Standort Stöckenhöfe	Stöck
64	Potenzieller HRB-Standort Heimbach	Heim
67	Potenzieller HRB-Standort Selzenbach/Enge	Eng
85	Potenzieller HRB-Standort Eberbächle	Eber
99	Potenzieller HRB-Standort Rütlitobel	Rütli
122	Potenzieller HRB-Standort Märzentalbach	März
118	Bestehendes HRB Bitzenmatte	Bitz
134	Bestehendes HRB Ehrenmatte	Ehr
127	Oberhalb Vogtebrücke	oh. Vogt
144	Unterhalb Vogtebrücke (und Zufluss Ehrenbächle)	unt. Vogt
150	Sauermatten (Reichenbach uh. Bauabschnitt I)	Sauermatt

### 6.2.1 Ein-Becken-Lösungen

Auf der Basis des „Vorgängermodells“ des Büros Ludwig war berechnet worden, dass mit nur einem zusätzlichen Hochwasserrückhaltebecken (zusätzlich zu den Becken Selzental, Ehrenmatte und Bitzenmatte) die Herstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes für die Ortslage möglich gewesen wäre.

Aus diesem Grund wurde zunächst geprüft, ob nach wie vor ein einziges weiteres Becken ausreichen würde, um die Zielvorgabe zu erreichen. Es zeigte sich jedoch, dass der bisher favorisierte Standort Selzenbach/Enge selbst bei einem angenommenen Volumen von 45.000 m<sup>3</sup> lediglich eine Abminderung des Scheitelwerts (bezogen auf den Bereich Sauerplatten) auf circa 12,4 m<sup>3</sup>/s bewirken würde, wo maximal 9,5 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden können. Mit allen anderen Standorten kann die erforderliche Scheitelwertabminderung ebenfalls nicht annähernd erzielt werden.

### 6.2.2 Zwei-Becken-Lösungen

Im nächsten Schritt wurden verschiedene 2-Becken-Varianten geprüft. Auch mit 2-Becken-Lösungen kann der Hochwasserschutz für Merzhausen nicht gewährleistet werden. In Tab. 10 sind die Simulationsergebnisse der beiden Zwei-Becken-Lösungen dargestellt, die den stärksten Retentionseffekt erbringen: im linken Tabellenteil sind die einzelnen Standorte mit Volumen V und konstantem Regelabfluss Q<sub>R</sub> dargestellt. Die gelb markierten sind die Bestandsbecken. Im rechten Tabellenteil sind die daraus resultierenden Scheitelabflüsse (HQ<sub>100</sub>) an den drei Stellen „oberhalb Vogtebrücke“, „unterhalb Vogtebrücke“ und „Sauerplatten“ angegeben. Zum Vergleich sind in der letzten Zeile noch einmal die Abflussleistungen an den drei Berechnungsknoten aufgeführt.

Die Höhe des Regelabflusses Q<sub>R</sub> (Abgabe aus dem Becken) hängt direkt mit dem Beckenvolumen zusammen. Je kleiner der gewählte Regelabfluss ist, desto mehr Volumen wird benötigt, um ein Überlaufen des Beckens zu verhindern. Ist an einem Standort das verfügbare Volumen begrenzt, so kann auch der Regelabfluss nicht beliebig verringert werden. Andererseits nutzt eine Volumenvergrößerung nur dann, wenn dadurch der Regelabfluss verringert werden kann. Ist nämlich der Regelabfluss schon sehr niedrig und das Volumen wird noch weiter vergrößert, ergibt sich dadurch keine Verbesserung bezüglich dem Hochwasserschutz der betreffenden Jährlichkeit (z. B. für das 100-jährliche Ereignis). Der Regelabfluss muss immer in Abhängigkeit der Wirkung eventuell vorhandener Becken im Oberwasser ermittelt werden: Ist oberhalb eines Standorts bereits ein HRB vorhanden, muss die Einstellung des unteren Beckens auf die Abgabe des oberen Beckens angepasst werden.

Am Standort Selzenbach/Enge wurden im Vorfeld der vorliegenden Untersuchung verschiedene Varianten untersucht. Ein Hauptaspekt war dabei der Abstand des Dammbauwerks von der bestehenden Bebauung. Bei maximaler Volumenausnutzung würde der Dammfuß bis direkt an das Gewässer heranreichen. In diesem Fall wäre ein maximales Volumen von 45.000 m<sup>3</sup> möglich. In einer anderen Variante wurde circa 40 m mit dem Böschungsfuß von der bestehenden Bebauung abgerückt, wodurch sich nur noch ein maximales Volumen von circa 35.000 m<sup>3</sup> ergab. Diese Variante wurde bislang favorisiert. Für das Ausloten der maximalen Wirkung von 2-Becken-Varianten wurde von einem Volumen von 45.000 m<sup>3</sup> ausgegangen.

Rückhaltevolumen V in Tausend m <sup>3</sup> / Regelabfluss Q <sub>R</sub> in m <sup>3</sup> /s									Scheitelabfluss in m <sup>3</sup> /s bei HQ <sub>100</sub>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	42	64	67	85	99	112	118	134	127	144	150
Selz	Stöck	Heim	Eng	Eber	Rütli	März	Bitz	Ehr	Oh. Vogt.	Unt. Vogt.	Sauer-matt.
36 1,7			45 2,6	33,2 0,1			9,5 2,7	11,5 0,2	7,1	10,5	10,6
36 1,7		22,4 0,1	45 2,6				9,5 3,1	11,5 0,2	7,5	10,9	11,1
36 1,7			45 2,6		0,55 0,1		9,5 4,6	11,5 0,2	9,4	11,8	12,2
36 1,7			45 2,6			9,9 0,1	9,5 4,1	11,5 0,2	8,5	11,1	11,7
36 1,7	40 0,4		45 1,8				9,5 4,1	11,5 0,2	8,5	11,9	11,9
36 1,7	40 0,4	22,4 0,1					9,5 3,7	11,5 0,2	8,2	11,2	11,3
36 1,7	40 0,4			33,2 0,1			9,5 3,3	11,5 0,2	7,7	10,6	10,9
36 1,7	40 0,4				0,55 0,1		9,5 5,2	11,5 0,2	9,6	12,2	12,8
36 1,7	40 0,4					9,9 0,1	9,5 4,8	11,5 0,2	9,2	11,8	12,4
Vorhandene Abfluss-Leistungsfähigkeit in m <sup>3</sup> /s:									7,5	8,5	9,5

 Tab. 10: Berechnungsergebnisse Zwei-Becken-Varianten für HQ<sub>100</sub>

Wie aus Tab. 10 hervorgeht, reicht also der Standort Selzenbach/Enge mit einem Volumen von 45.000 m<sup>3</sup> weder in Kombination mit dem Standort Heimbach noch mit dem Standort Ebersbach aus, um die erforderliche Abflussreduktion für Merzhausen zu erzielen. Die 45.000 m<sup>3</sup> am Standort Selzenbach/Enge entsprechen dabei dem maximalen Volumen, das am Standort zur Verfügung gestellt werden könnte, wenn der Standort ohne größeren Abstand zur Bebauung hergestellt würde und zusätzlich ein flächiger Geländeabtrag im Einstaubereich des Rückhalteraums erfolgen würde. Die Drosselung der beiden Standorte Heimbach und Ebersbach auf 0,1 m<sup>3</sup>/s stellen ebenfalls ungefähr das Maximum der möglichen Drosselung an den beiden Standorten dar, da ja aus ökologischer Sicht noch eine Restwassermenge im Gewässer abgeführt werden soll.

Auch die Kombination der Beckenstandorte Stöckenhöfe mit 40.000 m<sup>3</sup> und Selzenbach/Enge mit 45.000 m<sup>3</sup> reichen in der Summe nicht aus. Bei dieser Kombination wird zwar ein Gesamtvolumen von 85.000 m<sup>3</sup> eingesetzt, aber durch die fast direkte Hintereinanderschaltung der Becken geht durch den Effekt der Doppelspeicherung Retentionsvolumen verloren.

In Tab. 10 wurden jeweils 2 der 3 wirksamsten Einzelstandorte Stöckenhöfe, Heimbach, Selzenbach/Enge und Eberbächle miteinander kombiniert und der Einfluss auf die Scheitelabflüsse an den

3 Gewässerabschnitten oh. Vogtebrücke, unterhalb Vogtebrücke und Sauerplatten dargestellt (Spalten 10 bis 12). In der letzten Zeile sind für diese Standorte die geplanten bzw. bereits baulich umgesetzten Leistungsfähigkeiten aufgetragen. Die in den Spalten 10 bis 12 eingetragenen Scheitelabflüsse sind grün markiert, wenn die Leistungsfähigkeit im betreffenden Gewässerabschnitt ausreicht, bzw. rot, wenn der berechnete Scheitelabfluss überschritten wird und das Gewässer droht, auszufernen.

Wie sich zeigt, liegen für alle untersuchten 2-Becken-Varianten die Scheitelabflüsse unterhalb der Vogtebrücke und im Bereich Sauerplatten deutlich über der Leistungsfähigkeit des Gewässers. Es ist also nicht möglich, für die Ortslage Merzhausen mit 2 zusätzlichen Hochwasserrückhaltebecken den 100-jährlichen Hochwasserschutz herzustellen.

### 6.2.3 Drei-Becken-Lösungen

Da keine Zwei-Becken-Variante zielführend ist (selbst mit einem Volumen von 45.000 m<sup>3</sup> am Standort Selzenbach/Enge), wurden anschließend Drei-Becken-Varianten untersucht. (vgl. Tab. 11). Hierfür wurden alle Beckenkombinationen der vier effektivsten Standorte (Stöckenhöfe, Selzenbach/Enge, Heimbach und Eberbächle) berechnet. Weitere Kombinationen mit den Standorten Rütlibel und Märzenbach erzielten nicht annähernd die erforderliche Wirkung, um den 100-jährlichen Hochwasserschutz für die Ortslage Merzhausen sicherzustellen. Die Berechnungsergebnisse sind in Tab. 11 dargestellt.

Tab. 11: Berechnungsergebnisse Drei-Becken-Varianten für HQ<sub>100</sub>

Rückhaltevolumen V in Tausend m <sup>3</sup> / Regelabfluss Q <sub>R</sub> in m <sup>3</sup> /s									Scheitelabfluss in m <sup>3</sup> /s bei HQ <sub>100</sub>		
7	42	64	67	85	99	112	118	134	127	144	150
Selz	Stöck	Heim	Eng	Eber	Rütli	März	Bitz	Ehr	Oh. Vogt.	Unt. Vogt.	Sauer-matt.
36 1,7	40 0,4	22,4 0,1	35 2,0				9,5 2,5	11,5 0,2	6,9	10,3	10,6
36 1,7	40 0,4	22,4 0,1		33,2 0,1			9,5 1,6	11,5 0,2	6,0	9,4	9,6
36 1,7	40 0,4		35 2,0	33,2 0,1			9,5 2,1	11,5 0,2	6,5	11,8	11,8
36 1,7		22,4 0,1	35 3,1	33,2 0,1			9,5 1,5	11,5 0,2	5,9	9,3	9,6
Vorhandene Abfluss-Leistungsfähigkeit in m <sup>3</sup> /s:									7,5	8,5	9,5

Aus der Farbgebung der berechneten Scheitelabflüsse ist ersichtlich, dass die beiden Kombinationen, die sowohl den Standort Stöckenhöfe als auch den Standort Selzenbach/Enge beinhalten, lediglich am Knoten 127 oberhalb der Vogtebrücke im Bereich der Leistungsfähigkeit des Bachs bleiben. Sowohl unterhalb der Vogtebrücke (Knoten 144) als auch im Bereich Sauerplatten (Knoten 150) wird die Leistungsfähigkeit deutlich überschritten.

Die beiden anderen Kombinationen (jeweils Heimbach und Eberbächle in Kombination mit Stöckenhöfe oder Selzenbach/Enge) führen auch im Bereich Sauerplatten zu einer Abminderung des Scheitelwerts bis zur Leistungsfähigkeit des Gewässers. Der Bereich unterhalb der Vogtebrücke (Knoten 144) bleibt jedoch auch bei dieser Kombination überlastet. Dies zeigt sich auch im hydrologischen Längsschnitt in Abb. 21.

In Tab. 12 sind analog zu Tab. 11 die Werte für die beiden effektivsten Varianten bei HQ<sub>50</sub> dargestellt. Hierbei werden alle Leistungsfähigkeiten eingehalten. Der Abfluss durch das Gewässer unterschreitet dabei in beiden Varianten den Wert von 9 m<sup>3</sup>/s.

Tab. 12: Berechnungsergebnisse Drei-Becken-Varianten für HQ<sub>50</sub>

Rückhaltevolumen V in Tausend m <sup>3</sup> / Regelabfluss Q <sub>R</sub> in m <sup>3</sup> /s									Scheitelabfluss in m <sup>3</sup> /s bei HQ <sub>50</sub>		
7	42	64	67	85	99	112	118	134	127	144	150
Selz	Stöck	Heim	Eng	Eber	Rütli	März	Bitz	Ehr	Oh. Vogt.	Unt. Vogt.	Sauer-matt.
36 1,7	40 0,4	22,4 0,1		33,2 0,1			9,5 1,6	11,5 0,2	5,9	8,3	8,7
36 1,7		22,4 0,1	35 3,1	33,2 0,1			9,5 1,5	11,5 0,2	5,8	8,3	8,6
Vorhandene Abfluss-Leistungsfähigkeit in m <sup>3</sup> /s:									7,5	8,5	9,5

In Abb. 22 ist die Ganglinienschar der berechneten Abflussganglinien des 100-jährlichen Ereignisses mit der Beckenwirkung von den HRBs Stöckenhöfe, Heimbach und Eberbächle dargestellt. Es zeigt sich, dass lediglich die Ganglinie des 1-stündigen Ereignisses die Leistungsfähigkeit des betreffenden Gewässerabschnitts überschreitet. In diesem Gewässerabschnitt wurde die Leistungsfähigkeit bereits erhöht (Bauabschnitt I). Die Bemessung des Ausbaus erfolgte jedoch auf der Grundlage des hydrologischen Modells des Büros Ludwig.

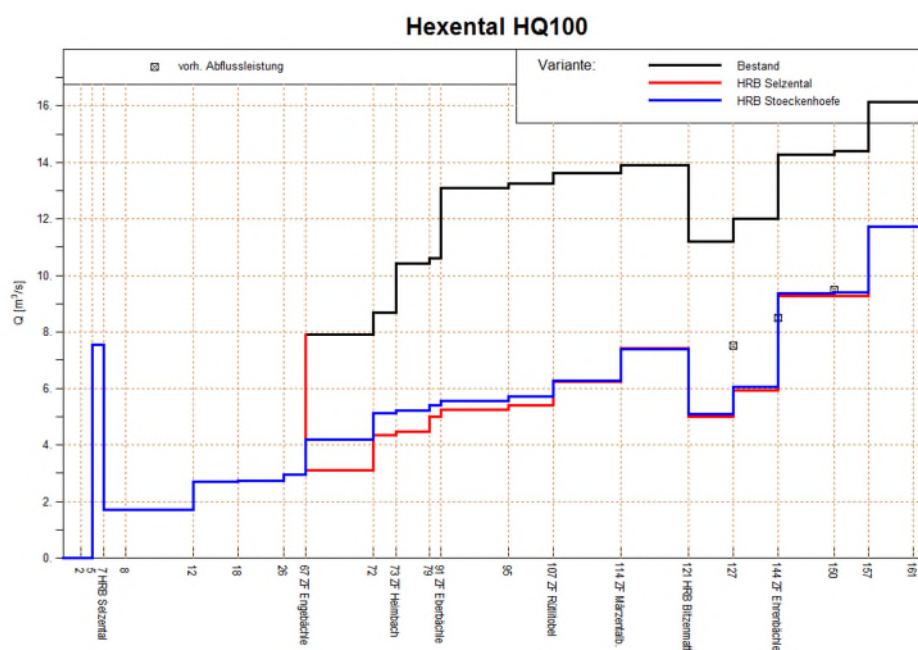


Abb. 21: Hydrologischer Längsschnitt Reichenbach (HRB Selzentäl bis Gemarkungsgrenze Freiburg)

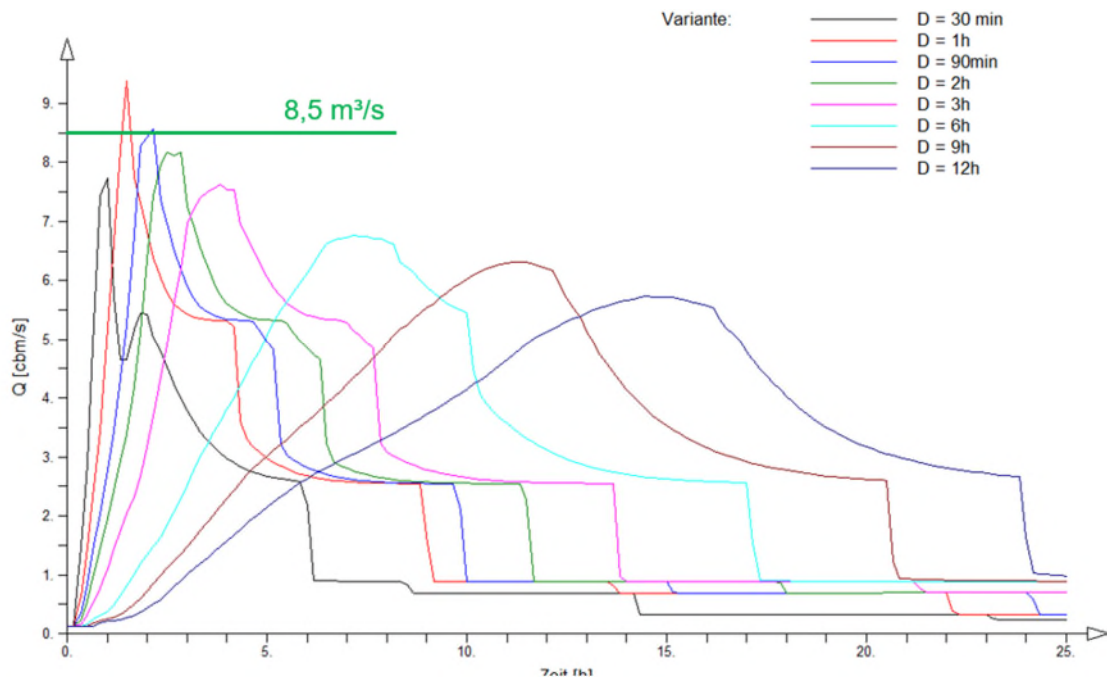


Abb. 22: Berechnete Abflussganglinien  $HQ_{100}$  für die Beckenkombination „Stöck/Heim/Eber“ am Knoten 144 (uh. Vogtebrücke)

#### 6.2.4 Varianten mit mehr als drei Becken

Grundsätzlich wäre es auch denkbar, mehr als drei Standorte vorzusehen, um insgesamt nur kleinere Becken bauen zu müssen. Derlei Varianten wurden aber bislang nicht simuliert, da sich durch die mögliche Vielzahl an denkbaren Varianten ein erheblicher Aufwand ergibt. Dabei gilt es auch zu bedenken, dass jeder zusätzliche Standort erhöhte Kosten und einen Eingriff in die Natur bedeutet. So muss zum Beispiel an jedem Standort einzeln eine Baustelleneinrichtung, ggf. mit Herstellung einer Baustraße erfolgen. Zusätzlich wird zumindest bauzeitlich für jeden Standort eine Stromleitung geschaffen werden. Nicht zuletzt benötigt jedes HRB ein Auslassbauwerk aus Stahlbeton.

Neben den Herstellungskosten fallen außerdem laufende Betriebskosten an sowie die Auflage zur Durchführung regelmäßiger Begehungen und Sicherheitsüberprüfungen.

Sollte im Zuge der Entscheidungsfindung dennoch eine 4-Becken-Lösung in den Fokus rücken, können mit dem bestehenden Modell entsprechende ergänzende Simulationen erfolgen, wobei möglichst eine Vorauswahl erfolgen sollte. Grundsätzlich jedoch erhöhten sich bei einer größeren Anzahl von Becken sowohl das erforderliche Gesamtvolumen sowie die Kosten deutlich.

#### 6.2.5 Kombinationen mit zusätzlichem Volumen im Bereich Bitzenmatte

Hochwasserrückhaltungen wirken in aller Regel effektiver, je dichter sie beim zu schützenden Objekt liegen, da sich dadurch die Flächengröße des kontrollierbaren Einzugsgebiets vergrößert.

Im Zuge der vorliegenden Untersuchung wurde deshalb nochmals geprüft, ob im Nahbereich des bestehenden HRB Bitzenmatte möglicherweise noch zusätzliches Rückhaltevolumen bereitgestellt werden könnte. In Abb. 23 sind die Bereiche „Standort Ost“ und „Standort Sued“ dargestellt. Diese Untersuchung erfolgte in einer separaten Untersuchung, auf die an dieser Stelle verwiesen wird (BIT-Ingenieure: Untersuchung 02VGH19001 / 2019).

Um eine moderate Dammhöhe zu gewährleisten, wurde von maximalen Höhen von 2,5 m bzw. 3,0 m ausgegangen. Um dabei die zur Verfügung stehende Fläche möglichst zu nutzen, wurde hintereinandergeschaltete Kaskadenbecken vorausgesetzt. Beim Becken „Ost oben“ wurde außerdem eine Gelände-Eintiefung vorgesehen.

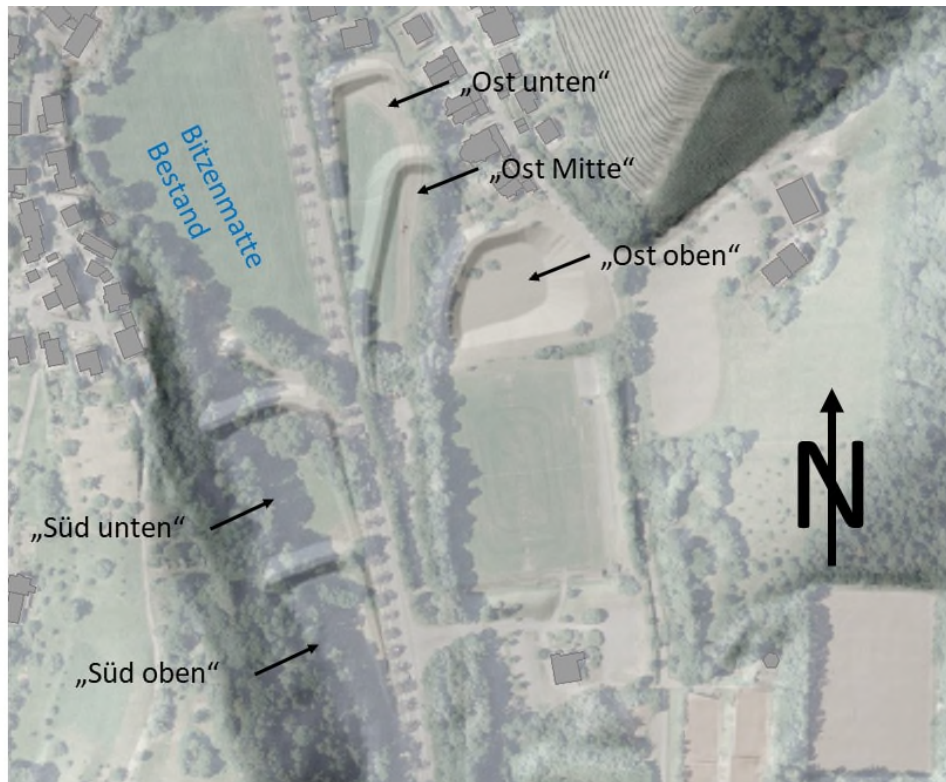


Abb. 23: Zusätzliche Untersuchungsbereiche im Nahbereich des bestehenden Beckens Birzenmatte

Tab. 13: Potenzielle Volumina von potenziellen Rückhaltmaßnahmen im Nahbereich Birzenmatte

Standort/ Kaskadenstufe	Dammhöhe circa 3,0 m		
	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Krone [m+NN]	Einstaufl. [m <sup>2</sup> ]
Ost unten	2.340	280,50	1.730
Ost mitte	4.982	283,00	3.612
Ost oben	5.277	285,00	2.765
Süd oben	6.865	283,50	4.384
Süd unten	3.951	285,50	3.090
Summe Ost	12.599		
Summe Süd	10.816		
<b>Summe gesamt</b>	<b>23.415</b>		



Wie sich zeigte, wären für die Realisierung der „Unterstandorte Ost“ unverhältnismäßig umfangreiche Erdbewegungen erforderlich. Außerdem müsste entlang der Hexentalstraße noch ein mehrere Meter breiter Korridor für eine potenzielle Straßenbahntrasse freigehalten werden, was das Verhältnis von zu bewegender Masse zu erzieltm Speichervolumen noch weiter verschlechtern würde. Außerdem wäre noch zu klären, ob die Eintiefung im Bereich „Ost oben“ aufgrund der Grundwasserverhältnisse in dieser Form überhaupt umsetzbar wäre.

Aus diesem Grund wurde die Untersuchung zur hydrologischen Wirkung des potenziellen zusätzlichen Volumens im Bereich Bitzenmatte auf den Bereich der „Süd-Standorte“ begrenzt und die „Ost-Standorte“ wurden verworfen.

Die Berechnung wurde für folgende Szenarien durchgeführt:

1. Wirkung des Gesamtvolumens im Bestand
2. Wirkung des Gesamtvolumens auf eine Vorzugsvariante
3. Wirkung des Standorts Süd im Bestand
4. Wirkung des Standorts Süd auf eine Vorzugsvariante

Der „Bestand“ enthält alle bestehenden Hochwasserrückhaltebecken (Selzental, Ehrenmatte und Bitzenmatte). Als „Vorzugsvariante“ wurde beispielhaft folgende zusätzliche Beckenkombination angesetzt:

- HRB Selzenbach/Enge mit 35.000 m<sup>3</sup>
- HRB Heimbach mit 22.400 m<sup>3</sup>
- HRB Eberbächle mit 33.200 m<sup>3</sup>

Die hydrologische Wirkung des zusätzlichen Volumens im Nahbereich des bestehenden HRB-Standorts Bitzenmatte ist in Tab. 14 wiedergegeben. Mit zusätzlichem Volumen von circa 10.800 m<sup>3</sup> in diesem Bereich könnte die Belastung für die Ortslage Merzhausen noch einmal spürbar verringert werden.

Des Weiteren lassen sich auf der Grundlage der hydrologischen Berechnung folgende Aussagen machen:

- Mit zusätzlichem Volumen im Bereich Bitzenmatte (oben dargestellte Varianten) kann weder der Beckenstandort Heimbach noch der Standort Eberbächle ersetzt werden (auch nicht mit dem Gesamtvolumen der Ost- und der Südstandorte zusammen).

Tab. 14: Hydrologische Wirkung von zusätzlichem Volumen im Bereich Bitzenmatte Süd

Rückhaltevolumen V in Tausend m <sup>3</sup> / Regelabfluss Q <sub>R</sub> in m <sup>3</sup> /s										Scheitelabfluss in m <sup>3</sup> /s bei HQ <sub>100</sub>			
	7	42	64	67	85	99	112	118	134		127	144	150
	Selz	Stöck	Heim	Eng	Eber	Rütli	März	Bitz	Ehr		Oh. Vogt.	Unt. Vogt.	Sauer-matt.
3	36 1,7							20,3	11,5 0,2		10,4	13,0	13,6
4	36 1,7		22,4 0,1	35 3,1	33,2 0,1			20,3 0,4	11,5 0,2		4,9	8,2	8,7
Vorhandene Abfluss-Leistungsfähigkeit in m <sup>3</sup> /s:											7,5	8,5	9,5

	Variante
3	Bestehende HRB + Bitzenmatte zusätzlich 10.800 m <sup>3</sup> (Süd)
4	Wie 3, aber zusätzlich die Becken Heimbach, Selzenbach/Enge und Eberbächle

### 6.3 Erforderliche Dammhöhen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden auch die ungefähren Dammhöhen ermittelt, die an den verschiedenen Standorten erforderlich wären, um das jeweils erforderliche Retentionsvolumen bereitstellen zu können. Die erforderliche Einstauhöhe hängt dabei sehr stark von der Topografie ab. So werden in steileren Tälern grundsätzlich größere Einstauhöhen benötigt als in flach ausgebildeten Tälern. Im Untersuchungsgebiet sind die Täler teilweise sehr steil, voraus sich verhältnismäßig hohe Absperrbauwerke ergeben. Die in Tab. 15 aufgeführten erforderlichen Einstauhöhen wurden aus dem Digitalen Geländemodell abgeleitet, das eine geringere Genauigkeit aufweist als eine terrestrische Vermessung. Außerdem wurde beim Absperrbauwerk vereinfachend von einer senkrechten Mauer ausgegangen, also ohne Berücksichtigung der wasserseitigen Dammböschung. Insofern sind die in Tab. 15 angegebenen Einstauhöhen etwas unterschätzt.

Des Weiteren muss zur Einstauhöhe noch ein sogenannter Freibord berücksichtigt werden, woraus sich anschließend die Dammhöhe ergibt. Die Höhe des geforderten Freibords ist abhängig von der Bauart und der Kategorie des Beckens, die sich wiederum aus dem Stauvolumen und der Dammhöhe ergibt. Die Beckenkategorie ist in der letzten Spalte von Tab. 15 angegeben. Beim Freibord ist von einer Mindesthöhe von 0,5 m auszugehen, wobei die genaue Höhe des Freibords erst im Rahmen der Planung genau ermitteln lässt. Die angegebene Dammhöhe bezieht sich auf die Stelle des Damms mit der größten Höhe (bezogen auf das Gelände neben dem Gewässer, also nicht bezogen auf die Gewässersohle).

Tab. 15: Erforderliche Einstauhöhen potenzieller Hochwasserrückhaltebecken (bezogen auf Geländehöhe neben dem Gewässerbett)

Standort	Erforderliches Volumen [m <sup>3</sup> ]	Erforderliche Einstauhöhe circa [m]	Kategorie nach DIN 19700
Stöckenhöfe	40.000	5,90	kleines Becken
Selzenbach/Enge	35.000	10,0	mittleres Becken
Heimbach	22.400	9,0	mittleres Becken
	10.000	6,90	mittleres Becken
Eberbächle	33.200	12,0	mittleres Becken
	10.000	7,60	mittleres Becken
Bitzenmatte Süd	10.800	2,5	sehr kleines Becken

### 6.3.1 Klimafaktor

Entsprechend den Vorgaben des Landes Baden-Württemberg soll vor dem Hintergrund des zu erwartenden Klimawandels bei der Aufstellung von Hochwasserschutzkonzepten der sogenannte Klimafaktor mit untersucht werden. Häufig ist zum Beispiel durch eine geringfügige Aufdimensionierung von Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Ufermauern, Hochwasserrückhaltebecken) eine effektive Erhöhung der Schutzwirkung möglich. Das tatsächliche Maß der zu erwartenden Extremabflüsse kann bislang nicht quantifiziert werden. Das Land Baden-Württemberg empfiehlt jedoch die Berücksichtigung eines Faktors, wie er gebietsdifferenziert auf der Internet-Seite der Hochwasser-Regionalisierung angegeben wird. Für das Einzugsgebiet des Hexentals wird der „Klimafaktor (für HQ<sub>100</sub>) mit 1,15 angegeben.

Dies bedeutet in der Umsetzung, dass die Niederschlagshöhen iterativ so weit erhöht werden, bis der Abflussscheitelwert des 100-jährlichen Ereignisses um den genannten Faktor erhöht ist. Diese Iteration wurde für jede untersuchte Dauerstufe des 100-jährlichen Ereignisses durchgeführt. Dazu wurden alle HRB, also auch die bestehenden, deaktiviert und der Scheitelabfluss am Gebietsauslass (Modellknoten 161) notiert. Anschließend wurde der jeweilige Niederschlag so weit erhöht, bis der Abflussscheitel um den Klimafaktor erhöht ist.

In Tab. 16 sind für die verschiedenen Dauerstufen die Scheitelwerte von HQ<sub>100</sub> und HQ<sub>100Klima</sub>, sowie die dazugehörigen Niederschlagshöhen zusammengestellt.

Tab. 16: Niederschlagshöhen und Abflussscheitelwerte  $HQ_{100}$  und  $HQ_{100Klima}$ 

	$HQ_{100}$ [m <sup>3</sup> /s]	$HQ_{100Klima}$ [m <sup>3</sup> /s]	NS-Höhe Kostra [mm]	NS-Höhe gewählt [mm]	Erhöhung NS in [%]
15min	8,4	9,7	35,8	38,7	8,1
20min	9,7	11,1	40,6	44,1	8,6
30min	12,9	14,9	47,9	52,0	8,6
45min	15,9	18,3	55,8	60,4	8,2
1h	18,1	20,8	61,9	67,5	9,0
90min	18,3	21,0	65,1	70,7	8,6
<b>2h</b>	19,4	<b>22,3</b>	67,5	<b>73,5</b>	<b>8,9</b>
3h	18,8	21,6	71,3	77,3	8,4
4h	17,4	20,0	74,2	80,8	8,9
6h	15,1	17,4	78,7	85,4	8,5
9h	12,4	14,3	83,5	90,6	8,5
12h	10,6	12,2	87,3	94,9	8,7
18h	8,3	9,5	93,2	101,5	8,9
24h	6,9	7,9	97,7	106,5	9,0
48h	5,0	5,8	120,3	131,1	9,0
72h	4,1	4,7	134,7	146,8	9,0

#### 6.4 Kosten

Eine verlässliche Kostenschätzung für die Herstellung der Hochwasserschutzmaßnahmen wird erst im Zuge der Planung möglich sein. Dennoch werden an dieser Stelle grobe Kosten genannt. In Tab. 17 sind Herstellungskosten aufgeführt, die für einzelne Beckenvarianten grob geschätzt wurden. Jedoch sind pro Standort jeweils mehrere Untervarianten möglich (z. B. im Hinblick auf die genaue Dammlage), sodass die aufgeführten Kosten nur als beispielhaft zu betrachten sind.

Tab. 17: Grobe Kostenschätzungen für einzelne (Unter-) Varianten

Standort	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Herstellungskosten grob geschätzt (Stand 2019) [€]
Selzenbach/Enge	40.000	3.575.000
Stöckenhöfe	40.000	1.930.000
Heimbach	22.500	1.033.000
Eberbächle	32.000	2.951.000

Die tatsächlichen Kosten hängen sehr stark von den Besonderheiten des jeweiligen Standorts und dessen Randbedingungen ab. Zu diesen Randbedingungen zählen unter anderem folgende Faktoren:

- Untergrundbeschaffenheit / geotechnische Gegebenheiten
- Beckensteuerung ja / nein
- Bestehende Zuwegungen
- Talform / Dammhöhe
- Eigentumsverhältnisse
- Naturschutzaspekte, Ausgleichsmaßnahmen
- Vorhandene Infrastruktur

In Tab. 18 sind die vereinfacht ermittelten Herstellungskosten für die Rückhaltemaßnahmen an den verschiedenen Standorten angegeben. Die Schätzung erfolgte auf der Grundlage von mittleren Baukosten pro m<sup>3</sup> Rückhaltevolumen (45,- € pro m<sup>3</sup>).

Tab. 18: Vereinfacht ermittelte Herstellungskosten auf der Grundlage eines mittleren Einheitspreises pro m<sup>3</sup> Einstauvolumen

Standort	Erforderliches Volumen [m <sup>3</sup> ]	Herstellungskosten [€]
Stöckenhöfe	40.000	1.800.000
Selzenbach/Enge	35.000	1.575.000
Heimbach	22.400	1.008.000
Eberbächle	33.200	1.494.000
Bitzenmatte Süd	10.800	486.000

Eine belastbarere Kostenschätzung ist erst nach der Definition der genauen Randbedingungen möglich. So kann es beispielsweise kostenrelevant werden, ob am Standort Stöckenhöfe die Dammachse auf der bestehenden Straße oder weiter unterstrom vorgesehen werden soll. Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass ein Becken am Standort Stöckenhöfe kostengünstiger hergestellt werden kann als am Standort Selzenbach/Enge. So wäre am Standort Selzenbach/Enge eine aufwendigere Zuwegung herzustellen als am Standort Stöckenhöfe. Außerdem würden am Standort Selzenbach/Enge grundsätzlich höhere Kosten für Rodungen und die erforderlichen Geländeabgrabungen entstehen.

## 6.5 Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise / Vorzugsvarianten

Das Hauptziel des Hochwasserschutzkonzepts ist die Herstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes in den Ortschaften Au und Merzhausen.

Wie die Simulation mit dem hydrologischen Modell ergeben hat, kann der 100-jährliche Hochwasserschutz für Merzhausen nur dadurch hergestellt werden, dass einerseits der Dorfbachausbau

auch im Abschnitt II erhöht wird und zusätzlich mindestens drei weitere Hochwasserrückhaltebecken (zu den bereits bestehenden Ehrenmatte, Selzental und Bitzenmatte) gebaut werden. Sollen nicht mehr als drei zusätzliche Becken gebaut werden, ergeben sich nur zwei verschiedene Kombinationen von Hochwasserrückhaltebecken:

1. Stöckenhöfe, Heimbach, Eberbächle
2. Selzenbach/Enge, Heimbach, Eberbächle

Selbst mit diesen beiden „3er-Varianten“ wird das Ziel nur knapp erreicht. So geht aus Abb. 21 und Abb. 22 hervor, dass im Bereich unterhalb der Vogtebrücke der Bach trotz Ausbau geringfügig überlastet ist. Durch die detaillierte hydraulische Überprüfung konnte ermittelt werden, dass sich dadurch der Wasserspiegel im besagten Bereich nur um wenige Zentimeter erhöht. Diese können durch eine geringfügige Aufhöhung der bestehenden Hochwasserschutzmaßnahmen ausgeglichen werden.

Das Hochwasserschutzziel (HQ<sub>100</sub>-Sicherheit den Ortslagen) kann also auf keinen Fall mit nur zwei HRB erreicht werden. Selbst mit drei zusätzlichen Becken wird das Ziel nur knapp erreicht.

## 7 Geotechnische Beurteilung

Die vorliegenden geotechnischen Voruntersuchungen liegen in Form dreier Einzeluntersuchungen vor. Sie wurden von zwei Fachbüros durchgeführt. Im Folgenden handelt es sich um die Gutachten:

- [1] Geotechnische Standortbeurteilung „Hochwasserbecken im Hexental – Standorte Stöckenhöfe und Enge II (Weiß Ingenieure GmbH) 21.07.2010
- [2] Hochwasserschutz Hexental, Hochwasserrückhaltebecken Standort Heimbach (Weiß Beratende Ingenieure GmbH), 21.03.2013
- [3] Hochwasserrückhaltebecken Eberbächle Gemarkung Au, Standortvorerkundung – Geotechnischer Bericht-(Ingenieurgruppe Geotechnik), 30. 10. 2019

Die Prüfung der Tauglichkeit wurde in allen Fällen auf der Grundlage von verschiedenen Untergundaufnahmen (Tiefenprofile, Schürfe, Rammkernsondierungen sowie Rammkernbohrungen) vorgenommen. Auch die Bodenwasserverhältnisse wurden jeweils mit in Betracht gezogen. Grundsätzlich wurde keiner der untersuchten potenziellen Standorte als untauglich eingestuft. Teilweise wurde auch die Möglichkeit untersucht, Aushubmaterial direkt zur Schüttung des Dammkörpers zu verwenden.

Am Heimbach und am Eberbächle sind aufgrund der steilen Talformen große Einstauhöhen und somit auch große Dammhöhen erforderlich. Nach [3] kann dies bedeuten, dass dort ggf. „zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Standsicherheit, z. B quer verlaufende Dränschlitzte am Böschungsfuß“ erforderlich sein werden. Dies kann aber erst dann geprüft werden, wenn der jeweilige Standort genau festgelegt ist. Neben der geotechnischen Standsicherheit haben die relativ großen Einstauhöhen auch einen Einfluss auf die Ausführung des Auslassbauwerks. Durch große Einstauhöhen ergeben sich hohe Wasserdrücke, die baulich (vor allem am Auslassbauwerk) entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Grundsätzlich entsprechen die durchgeführten geotechnischen Untersuchungen der Stufe einer Vorerkundung, die auf punktuellen Sondierungen beruht. Im Zuge einer konkreten Planung sind verdichtende Untersuchungen vorzusehen.

Ansonsten sei an diese Stelle auf die genannten geotechnischen Berichte verwiesen, die sich im digitalen Anhang der vorliegenden Studie befinden.

## 8 Umweltuntersuchungen

Die Prüfung der verschiedenen potenziellen HRB-Standorte auf ihre Umwelteignung sowie eine vergleichende ökologische Bewertung wurde vom Büro faktorgrün in Freiburg durchgeführt. Auf den separaten ausführlichen Erläuterungsbericht des Büros vom 19.02.2020 wird hiermit verwiesen.

Die ökologische Bewertung des Bestands sowie die Folgen durch den Bau von Hochwasserrückhaltebecken an den jeweiligen potenziellen Standorten erfolgte auf der Grundlage unterschiedlicher Tiere, Pflanzen und ihrer biologischen Vielfalt. Außerdem wurden auch detaillierte Untersuchungen der Schutzgüter Boden, Wasser, Klima und Mensch, sowie die Wirkung hinsichtlich Landschaftsbild und Erholungsraum durchgeführt.

In Tab. 19 ist die erhobene Wertigkeit für die Arten und Biotope der Fauna an den jeweiligen Standorten dargestellt. Neben den Aspekten der Wertigkeiten für die Fauna erfolgen im Schlussbericht von faktorgrün außerdem Vergleiche der Beeinträchtigungen durch Flächeninanspruchnahme, der anlagenbedingten Barrierewirkung, der Beeinträchtigung durch Einstau sowie die Gesamtbeeinträchtigung der verschiedenen Artengruppen/Biototypen statt.

Tab. 20 schließlich enthält eine Gesamtbewertung der verschiedenen Standorte hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen.

Tab. 19: Tabellarische Darstellung der Wertigkeit für Arten und Biotope

	Eberbächle	Heimbach	Enge / Selzenbach (neu)	Stöckenhöfe A	Stöckenhöfe C
<b>Biotoptypen</b>	Feldweide, Bachlauf, Waldsimsen-Sumpf, Auwald, Feldhecke	Wirtschaftsgrünland	Bachbegleitender Galeriewald, Bachlauf, Hohlweg, Feldhecken, Grünland	Bachbegleitender Galeriewald, Bachläufe, leuchte Gebüsche und leuchtiges Grünland	Bachbegleitender Galeriewald, naturnahe Bachläufe, Feldhecken
<b>Steinkrebs</b>	dicht besiedelt	nur sehr wenige Tiere im Unterlauf	dicht besiedelt	dicht besiedelt	größter Bestand im Gebiet im Mühlbach
<b>Makrozoobenthos</b>	Arten (Eintagsfliegenart RL-D "gefährdet", 2 besonders geschützte Libellenarten), Gewässerstruktur	Bachlauf im potentiellen Eingriffsbereich verrohrt	Arten, Gewässerstruktur, -strömung und -sohle	Arten, Gewässerstruktur und -sohle	Hexentalbach: mäßiger ökol. Zustand Mühlbach (Sägetobelbach): guter ökol. Zustand
<b>Fische</b>	Bachforelle vorhanden, Anteil Jungfische nicht optimal	Kein Bestand (Sohlabatürze, im Oberlauf komplett verrohrt)	Bachforelle vorhanden, Anteil Jungfische nicht optimal	Kein Bestand (Verrohrung)	Bachforelle, v.a. im Mühlbach mit sehr gute Reproduktion
<b>Amphibien</b>	Potentielle Nahrungshabitat	Potentielle Nahrungshabitat (wenige Arten)	Potentielle Nahrungshabitat	Potentielle Nahrungsgebiet	Potentielle Nahrungsgebiet
<b>Vögel</b>	Star als Brutvogel, Randsiedler: Haussperling, Mäusebussard	Keine Brutvogel, kaum Nahrungsgäste	Randsiedler: Haussperling und Star	Star als Brutvogel, Randsiedler: Neutöter, Goldammer, Grauspecht	Star als Brutvogel, Rotmilan als Nahrungsgast
<b>Fledermäuse</b>	Nahrungshabitat, relativ viele Baumhöhlen (pot. Quartiere)	Kaum geeignete Strukturen für Fledermäuse	Nahrungshabitat, Leitstruktur und Baumhöhlen (pot. Quartiere)	Nahrungshabitat, Leitstruktur und Baumhöhlen (pot. Quartiere)	Nahrungshabitat, Leitstruktur und Baumhöhlen (pot. Quartiere)
<b>Störelemente</b>	Straße am Waldrand, Beweidung bis zum Bachufer	Bachverrohrung	L 122, Schützenhausweg, angrenzende Siedlung	L 122, Zufahrtsstraße Stöckenhöfe inklusive Verrohrung	L 122, Zufahrtsstraße Stöckenhöle
<b>Sonstige ökologische Aspekte</b>	strukturreich	keine Strukturelemente	Durchgängige Funktionsbeziehungen zwischen Selzenbächle und Engebächle und deren Talräume	Strukturreich Vergleichsweise breiter Talgrund	wertvolle Auwälder wichtige Funktion im Biotopverbund angrenzend Streuobstwiesen

Legende	Ökologische Wertigkeit:	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering	keine
---------	-------------------------	-----------	------	--------	--------	-------------	-------

Tab. 20: Bewertung möglicher Beckenkombinationen



Beckenkombination	Standort 1	Standort 2	Standort 3	Beeinträchtigung
Eberbächle + Heimbach+ Enge/Selzenbach (neu)	Eberbächle	Heimbach	Enge/Selzenbach (neu)	hoch
Eberbächle + Heimbach + Stöckenhöfe A	Eberbächle	Heimbach	Stöckenhöfe A	mittel
Eberbächle + Heimbach + Stöckenhöfe C	Eberbächle	Heimbach	Stöckenhöfe C	hoch

Die Umweltuntersuchung kommt zu folgendem Schluss:

Die Beurteilung der zu erwartenden Beeinträchtigungen durch die betrachteten Beckenkombinationen führt zu dem Ergebnis, dass keine der Lösungsmöglichkeiten aufgrund von kumulativen nachteiligen Umweltauswirkungen vollständig ausgeschlossen werden muss. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass zwischen den verschiedenen Beckenkombinationen deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Umwelteignung bestehen. Die Umsetzung der Lösung mit den geringsten nachteiligen Umweltauswirkungen ist aus gutachterlicher Sicht dringen zu empfehlen, zumal im Zuge einer Umweltverträglichkeitsprüfung auch eine Prüfung der möglichen Planungsalternativen durchzuführen wäre.

Auf Grundlage der untersuchten Varianten ist die Kombination aus den HRB Eberbächle, Heimbach und Stöckenhöfe A die vorzugswürdige Variante, die Variante Stöckenhöfe A weist nach gutachterlicher Einschätzung eine höhere Umwelteignung als die Variante Stöckenhöfe C auf. Am Standort Stöckenhöfe könnten die nachteiligen Umweltauswirkungen aber voraussichtlich noch weiter reduziert werden, indem die Vorzugsvariante Stöckenhöfe A um bis zu 100m Richtung Norden verschoben wird, wodurch sich der Eingriff in geschützte Biotope reduzieren würde, die wichtige Funktionen für geschützte Arten erfüllen und landschaftsprägende Strukturelemente darstellen. Dies würde allerdings erfordern, die Zufahrtsstraße zu den Stöckenhöfen ebenfalls mit dem Damm des HRB nach Norden zu verschieben, weil sonst ein zweites Bauwerk mit Barrierewirkung entstehen würde und damit die Auswirkungen der Standortverschiebung insgesamt nicht mehr als positiv zu bewerten wäre.

## 9 Zusammenfassung

Bereits 2010 wurde ein Hochwasserschutzkonzept für das Hexental erarbeitet, mit dem Ziel, die Ortslagen Au und Merzhausen vor dem 100-jährlichen Abflussereignis zu schützen und gleichzeitig den Scheitelwert an der Gemarkungsgrenze (Merzhausen und Freiburg) beim 50-jährlichen Ereignis auf maximal  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  zu drosseln. Nach den damaligen Berechnungen auf der Grundlage eines Niederschlag-Abfluss-Modells des ehemaligen Büros Ludwig in Karlsruhe konnten beide Ziele durch die Herstellung eines Hochwasserrückhaltebeckens im Bereich Selzental/Enge bei gleichzeitigem Gewässerausbau des Dorfbachs in Merzhausen erreicht werden. Die Modellierung erfolgte auf der Grundlage früherer Kostra-Daten des DWD.

Nachdem 2017 vom DWD neue Bemessungsniederschläge bereitgestellt wurden, wurde für das Hexental beschlossen, ein neues Niederschlag-Abfluss-Modell aufzubauen. Neben der Verwendung der neuen Bemessungsniederschläge wurde das neue N/A-Modell auch räumlich höher aufgelöst. So wurde unter anderem der „Stadtabfluss“ aus den besiedelten Bereichen getrennt vom „Landabfluss“ modelliert.

Als Ergebnis daraus folgte, dass der angestrebte Hochwasserschutzgrad für die Ortslage Merzhausen nicht mit einem einzigen weiteren Becken hergestellt werden kann. Um durch Gewässerausbau und Hochwasserrückhaltung den entsprechenden Schutzgrad zu erzielen, sind auf der Grundlage der neuen Berechnung mindestens drei zusätzliche Hochwasserrückhaltebecken (neben den drei bestehenden) erforderlich, um Merzhausen vor dem 100-jährlichen Ereignis zu schützen.

Um das Hochwasserschutzziel zu erreichen, gibt es 2 Varianten von Beckenkombinationen, die zielführend sind. Bei beiden Varianten ist es erforderlich, den Abfluss der beiden Einzugsgebiete Heimbach und Eberbach mit einem HRB stark zu drosseln. Als dritter Standort kann entweder der Standort Selzenbach/Enge oder aber der Standort Stöckenhöfe (mit Überleitung aus Nachbar-Einzugsgebiet) gewählt werden. Aus hydrologisch-hydraulischer Sicht im Hinblick auf die Schutzwirkung für  $HQ_{100}$  in der Ortslage Merzhausen sind die beiden Standorte als gleichwertig zu sehen.

Die Umweltuntersuchungen (faktorgruen) kommen zum Schluss, dass der Standort Stöckenhöfe gegenüber dem Standort Selzenbach/Enge zu bevorzugen ist.

Entsprechend der in Tab. 18 aufgeführten Kosten liegen die Herstellungskosten eines Beckens am Standort Stöckenhöfe etwas über denen des Beckens Selzenbach/Enge. Jedoch wurde diese grobe Kostenschätzung vereinfachend auf der Grundlage des erforderlichen Speichervolumens abgeleitet. Der leichte Kostenvorteil, der sich aufgrund der in Tab. 18 für den Standort Selzenbach/Enge gegenüber dem Standort Stöckenhöfe ergibt, ist deshalb mit Unsicherheiten behaftet.

Weitere Einflussgrößen zur Standortentscheidung wie z. B. Eigentumsverhältnisse, derzeitige Nutzung der Standorte und dergleichen waren nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung. Derartige Faktoren sollten jedoch in die weitere Standortabwägung mit einfließen.

Aufgestellt: Dipl.-Hyd. P. Neff  
Freiburg, 25.05.2020



BIT Ingenieure AG  
Talstraße 1  
79102 Freiburg

Tel.: +49 761 29657-0  
Fax: +49 761 29657-11

freiburg@bit-ingenieure.de  
www.bit-ingenieure.de

## 10 Literatur

- Adolph, G. 2005. Abflussdynamik und natürliche Tracer zur Beschreibung der Gebietsreaktion; Diplomarbeit am Institut für Hydrologie, Freiburg i. Br.
- Deutsches Institut für Normung: (DIN) DIN 19700 2005: Wasserbau 1, Stauanlagen
- BIT Ingenieure 2019. Abschätzung von Retentionsvolumen im Bereich des bestehenden HRB Bitzenmatte (Projekt Nr. 02VGH19001)
- Baumgartner A., Liebscher H.-J. (1996). Allgemeine Hydrologie; (Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- ERNST+CO Beratende Ingenieure 2011: (Projekt-Nr. 396hex09, Hochwasserschutzkonzept Hexental
- Faktorgrün, 2020. Hochwasserrückhaltung Hexental; Umwelteignung und vergleichende ökologische Bewertung der Alternativstandorte für Hochwasserrückhaltebecken.
- FGM Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung: Anwenderhandbuch zur N/A-Modellierung Softwarepaket Hochwasseranalyse
- Hugenschmidt, D. 2006. Kontinuierliche Tracer zur hydrologischen Prozessforschung in bewaldeten Einzugsgebieten; Diplomarbeit am Institut für Hydrologie, Freiburg i. Br.
- Ingenieurgruppe Geotechnik 2019: Hochwasserrückhaltebecken Eberbächle Gemarkung Au Standortvorerkundung; Geotechnischer Bericht.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1999. Dr.-Ing. Ihringer unter Mitarbeit von Dipl.-Phys. R. Becker, Dipl.-Ing. R. Brunner, Dipl.-Ing. S. Harlos, Dipl.-Ing. H. Kiefer, Dipl. Ing. R. Merz, Dipl.-Hyd. H.-P. Neff. Hochwasserabfluss-Wahrscheinlichkeiten in Baden-Württemberg. Karlsruhe
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LFU), 2005: Festlegung des Bemessungshochwassers für Anlagen des technischen Hochwasserschutzes.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) 2007: Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken
- Lutz, W.1984: Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen in Mitteilungen des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft Uni Karlsruhe, Band 24.
- Scheffer; Schachtschabel, 1992: Lehrbuch der Bodenkunde 1992; 13. Auflage Enke Verlag Stuttgart.
- Weiß Ingenieure 2010: Geotechnische Standortbeurteilung; Gutachten der Weiß Ingenieure GmbH Beratende Ingenieure VBI