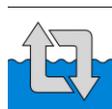

MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Zusammenfassender Erläuterungsbericht

- Wasserbau
- Vermessung
- Tragwerksplanung
- Geotechnik
- Natur- und Artenschutz

Projekt Nr.: 4011
Mai 2020



MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Antragsteller

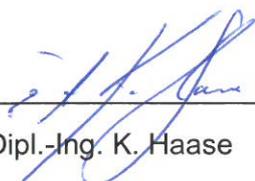
Magistrat der Stadt Haiger

Haiger, den

Verfasser

BGS Wasserwirtschaft GmbH

Darmstadt, den 20.05.2020


i.A. Dipl.-Ing. K. Haase


Dipl.-Ing. Th. Schönrich


i.A. Christian Fritsch

Gesamtinhaltsverzeichnis

Ordner 1

1 Wasserbauliche Planung - Textteil

Zusammenfassender Erläuterungsbericht

2 Wasserbauliche Planung - Planteil

W-1.1	Übersichtslageplan	1:50.000
W-1.2	Übersichtslageplan HRB und Ausgleichsmaßnahmen	1:1.500
W-2.1	Lageplan Beckeneinzugsgebiet mit Teileinzugsgebieten	1:6.500
W-2.2	Lageplan Bestand	1:500/200
W-3.1	Lageplan Planung (mit HQx-Wasserstandslinien)	1:500
W-3.2	Detallageplan Planung (HRB, inkl. Messstellen)	1:250
W-3.3	Baustelleneinrichtung Sperrstelle	1:250
W-4.1	Durchlassbauwerk Draufsicht und Längsschnitt	1:50
W-4.2	Durchlassbauwerk Schnitt 2-2, Schnitt 3-3	1:50
W-4.3	Dammquerschnitte	1:50
W-5.1	Durchlass H3 - Bestand, Draufsicht, Längsschnitt, Schnitt	1:50
W-5.2	Durchlass H3 - Planung, Draufsicht, Längsschnitt, Schnitt	1:50
W-6.1	Lageplan Eigentümerverzeichnis	1:500

3 Wasserbauliche Planung - Anhänge

W1	HW-Schutzkonzept Haiger Sechshelden
W2	Beispiel Überströmbarer Damm in Hessen
W3	Protokolle
W3.1	09.02.2018 Besprechungsprotokoll BGS
W3.2	20.08.2019 Besprechung RP Gießen (Scoping-Termin)
W3.3	20.08.2019 Ortsbegehung BGS / Simon & Widdig
W4	Eigentümerverzeichnis
W5	Kostenberechnung (HRB, Ausgleichmaßnahmen)
W6	Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie

MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Gesamtinhaltsverzeichnis

Ordner 2

4 Geotechnik

G1 Gutachterliche Stellungnahme zur Gründung

5 Tragwerksplanung

T1 Tragwerksplanung – Bemessung Durchlassbauwerk

6 Naturschutz- und Umweltverträglichkeit

N1 Landschaftspflegerischer Begleitplan

N1.1 LBP Erläuterungsbericht

N1.2 Bestands- und Konfliktplan

N1.3 Maßnahmenplan

N2 Artenschutzfachbeitrag

N3 UVP-Bericht

N4 Natura 2000

N4.1 Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung

N4.2 Natura 2000-Ausnahmeprüfung

N5 Groppenpopulation und Wanderhindernisse im Hengstbach

Inhaltsverzeichnis Erläuterungsbericht

1	VERANLASSUNG UND AUSGANGSSITUATION.....	1
2	UNTERSUCHUNGSINHALTE, ARBEITSGRUPPE, DOKUMENTATION.....	1
2.1	Untersuchungsinhalte	1
2.2	Arbeitsgruppe	3
2.3	Dokumentation	4
2.4	Verwendete Unterlagen und Datenerhebungen.....	5
3	WASSERWIRTSCHAFTLICHE DATENGRUNDLAGE	7
3.1	Gebietsbeschreibung.....	7
3.2	Topographie	8
3.3	Untergrund und Bodenverhältnisse.....	8
3.4	Bodennutzung	8
3.5	Ortsentwässerung	8
3.6	Niederschlagshöhenstatistik	9
3.7	Datengrundlage zur Überprüfung des Niederschlag-Abfluss-Modells Hengstbach	10
3.8	Bestehender Hochwasserschutzgrad in Sechshelden	10
4	MASSNAHMEN ZUR ERHÖHUNG DES HOCHWASSERSCHUTZGRADES	12
4.1	Generelle Hochwasserschutzmaßnahmen	12
4.2	Einzugsgebietsverändernde Maßnahmen	13
4.3	Hochwasserschutz durch Rückhalt.....	14
4.3.1	Beckenverbund und dezentrale Rückhaltungen.....	14
4.3.2	Einzelbecken am Hengstbach	18
4.3.3	Ausbildung der Hochwasserentlastung.....	19
5	NIEDERSCHLAG-ABFLUSS-BERECHNUNGEN.....	20
5.1	Umstellung der Bemessungsniederschläge auf KOSTRA-2010R	20
5.2	Speicherinhalts- und Flächeninhaltslinie	21
5.3	Beckenabgabe	22
5.4	Vorgehensweise bei der Niederschlag-Abfluss-Modellierung	24
5.4.1	Modellanwendung	24

MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Zusammenfassender Erläuterungsbericht

5.4.2	T _n -jährliche Abflusssituation im Becken	25
5.5	Zukünftiger Hochwasserschutzgrad in Sechshelden.....	26
6	SICHERHEITSBEMESSUNG NACH DIN 19700 (2004).....	28
6.1	Anforderungen der DIN 19700 (2004).....	28
6.2	Bemessungsniederschläge.....	29
6.2.1	Extrapolation der KOSTRA-Niederschläge	29
6.2.2	Vergleich der Extrapolation mit PEN.....	30
6.3	Modellanwendung	30
6.3.1	Vorbemerkung.....	30
6.3.2	Betrieb des HRB während des Hochwasserereignisses	31
6.3.3	Ergebnisse	31
7	KONSTRUKTIVE GESTALTUNG DES BAUWERKS	33
7.1	Rechtliche Grundlagen und Vorgaben zum Bau einer Sperrstelle	33
7.1.1	Berücksichtigung ökologischer Aspekte bei der Planung	33
7.1.2	Konzipierung des Dammbauwerks nach DIN 19700.....	33
7.2	Überströmbares Dammbauwerk	36
7.3	Hochwasserentlastung / Überfallschwelle.....	41
7.4	Durchlassbauwerk	41
7.4.1	Allgemein	41
7.4.2	Betriebs- und Notauslass.....	42
7.4.3	Rechen und Geschwemmselabweiser.....	43
7.4.4	Stahlbetonbauwerk.....	44
7.4.5	Absturzsicherung.....	45
7.4.6	Bauwerks. und Gewässersohle	45
7.5	Wegeanbindung	47
7.6	Pflegewege.....	48
7.7	Messeinrichtungen	48
7.8	Einbindung in das Landschaftsbild	49
7.9	Ergänzende bauliche Maßnahmen	52
7.9.1	Geschwemmselabweiser am Imbach	52
7.9.2	Brücke Sechsheldener Straße.....	52

MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Zusammenfassender Erläuterungsbericht

7.10	Zusammenfassung der geplanten Maßnahmen.....	54
8	UNTERHALTUNGSMASSNAHMEN	56
8.1	Freihaltung des Gewässers und der bei Hochwasser aktivierten Vorländer.....	56
8.2	Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten	56
8.3	Landschaftspflegerische Maßnahmen	57
8.3.1	Allgemein	57
8.3.2	Nach einem Einstau	57
8.3.3	Nach Anspringen der Hochwasserentlastung	58
8.4	Verkehrssicherungspflicht.....	58
9	WASSERBAULICHE AUSGLEICHSMASSNAHMEN	59
9.1	Vorbemerkung.....	59
9.2	Grundlage betrachtete Durchlässe	59
9.3	Austausch Wegedurchlass H3.....	60
9.4	Sohlanhebung Auslauf Durchlass H4	61
9.5	Anlage eines Kleinstgewässers	62
10	ZUSAMMENFASSUNG DER FACHPLANUNGSERGEBNISSE	64
10.1	Gutachterliche Stellungnahme zu Baugrund und Gründung	64
10.1.1	Vorhandener Untergrund.....	64
10.1.2	Grundwasserverhältnisse und Wasserhaltung.....	65
10.1.3	Aushub, Einbau und Gründung	65
10.1.4	Überprüfung der Standsicherheit	66
10.2	Tragwerksplanung	66
10.3	Natur- und Artenschutz.....	67
10.3.1	Landschaftspflegerischer Begleitplan (Anhang N1)	67
10.3.2	Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag	69
10.3.3	Umweltverträglichkeitsprüfung.....	70
10.3.4	Natura 2000	72
11	ÜBERPRÜFUNG VON NUTZUNGSKOLLISIONEN	74
11.1	Schutzgebiete.....	74
11.1.1	Trinkwasserschutzgebiet	74
11.1.2	FFH-Gebiet	75

MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Zusammenfassender Erläuterungsbericht

11.1.3	Wasserrahmenrichtlinie	75
11.2	Nutzung	75
11.3	Ver- und Entsorgungsleitungen	76
11.4	Denkmalschutz	76
11.5	Altlasten	76
11.6	Landesjagdverband	76
12	BAUABWICKLUNG	76
12.1	Vorbemerkung	76
12.2	Baustelleneinrichtung (BE) und -andienung	77
12.3	Wasserhaltung HRB	77
12.4	Bauzeiten und -abläufe	78
12.4.1	Bauzeiten	78
12.4.2	Bauablauf	79
12.5	Bauzeitlicher Hochwasser- und Gewässerschutz	82
13	KOSTEN	84
13.1	Kostenberechnung	84
13.2	Unterhaltungskosten	85
13.3	Kosten-Nutzen-Betrachtung	86
13.4	Honorarzone	87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einzugsgebiet Hengstbach	7
Abbildung 2: Blick auf die „komplexen Parzellenstrukturen bzw. Wald-Strauch-Übergangsbereiche“ im Einzugsgebiet des Hengstbachs	8
Abbildung 3: Gegenüberstellung KOSTRA-Kachelemente KOSTRA-2000 (rot) und KOSTRA-2010R (grün)	9
Abbildung 4: Einflüsse auf die Abflussbildung und –konzentration (/U13/)	13
Abbildung 5: DGM Darstellung gem. /U27/ und skizzierte Beckenstandorte (2-Becken Lösung)	15
Abbildung 6: DGM Darstellung gem. /U27/ mit skizziertem Beckenstandort (1-Becken Lösung)	15
Abbildung 7: Darstellung möglicher Stauplächen (geringe Volumina) für den Durchlass K49 und H4	17

MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Zusammenfassender Erläuterungsbericht

Abbildung 8: Potenzielle dezentrale Rückhaltungen am Kuh- und Hengstbach mit Darstellung der Zwischeneinzugsgebiete	18	
Abbildung 9: Beckenstandort K49.....	19	
Abbildung 10: Speicher- und Flächeninhaltslinie in Tsd. m ³ bzw. Tsd. m ²	21	
Abbildung 11: Relevante Höhenkoten des Durchlassbauwerks für die Berechnung der Beckenabgabe.....	22	
Abbildung 12: Betriebsauslasskennlinie.....	23	
Abbildung 13: Abgabe über die Hochwasserentlastung.....	23	
Abbildung 14: Auszug hydraulische Berechnungen Bornhecke 8.....	27	
Abbildung 15: Klassifizierung von HRB nach DIN 19700 (2004).....	28	
Abbildung 16: Extrapolation der KOSTRA-2010R-Niederschlagshöhen (Kachel 58/20).....	29	
Abbildung 17: Freibordbetrachtung für HRB nach DIN 19700 (2004)	33	
Abbildung 18: Dammaufstandsflächen teilweise (gelb)und vollständig überströmbarer Damm (rot) mit Angabe der Dammkubatur V [m ³].....	34	
Abbildung 19: Gegenüberstellung Dammquerschnitt vollständig (rot)/ teilweise (gelb) überströmbarer Damm	35	
Abbildung 20: Vgl. geplanter Kolk (links) und Tosbecken mit Wasserpolster und Schwelle (rechts)	46	
Abbildung 21: Ursprünglich geplanter Verlauf	Abbildung 22: Neu geplanter Verlauf Feldweg	47
Abbildung 23: Bestand Wasserseite, Blick von West nach Ost.....	50	
Abbildung 24: Planung Wasserseite, Blick von West nach Ost.....	50	
Abbildung 25: Bestand Blick nach Nordwesten.....	51	
Abbildung 26: Planung Luftseite mit Oberboden und Ansaat.....	51	
Abbildung 27: Variante Luftseite mit Steinsatz.....	51	
Abbildungen 28: Brücke Sechsheldener Straße	Abbildung 29: tief liegende Unterkante	53
Abbildungen 30 und 31: Beispiele für Material oder leichte Bauten, die – sofern sie sich im Überschwemmungsgebiet befinden – leicht weggeschwemmt werden können	56	
Abbildung 32: Absperrung der Wege ab einem Hochwasserereignis HQ ₅	58	
Abbildung 33: Wegedurchlässe gem. /U25/	59	
Abbildung 34: Einlauf DN 800	Abbildung 35: Auslauf DN 800, FR links Bewuchs	60
Abbildung 36: Vorhandener Weg	Abbildung 37: Kolk am Auslauf.....	60
Abbildung 38: Auslaufseite H4	Abbildung 39: Enger Querschnitt unterhalb.....	61
Abbildung 40: Skizzenhafte Darstellung Sohlanhebung unterhalb des Durchlasses H4.....	62	
Abbildung 41: Beispiel zur Gestaltung eines Kleinstgewässers	63	
Abbildung 42: Trinkwasserschutzgebiete gem. /U25/	74	

MAGISTRAT DER STADT HAIGER

Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden

Zusammenfassender Erläuterungsbericht

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Vergleich der bordvollen Abflussleistung des Hengstbaches mit T_n-jährlichen Abflüssen (KOSTRA-200)</i>	<i>11</i>
<i>Tabelle 2: Wegedurchlässe am Hengstbach (ober- und unterstromig des geplanten HRB)</i>	<i>16</i>
<i>Tabelle 3: Vergleich KOSTRA-2000 / KOSTRA-2010R</i>	<i>20</i>
<i>Tabelle 4: Einstauhöhen mit zugehörigem Speicher- bzw. Flächeninhalt</i>	<i>21</i>
<i>Tabelle 5: Berechnungsergebnisse für $T_n = 100$ a</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 6: T_n-jährliche Abflusssituation im HRB</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 7: maßgebende Einstaudauern</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 8: Abflusssituation in Sechshelden HQ_{100} Plan-Zustand (aktuelle Berechnung)</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 9: Bemessungsvorgaben nach DIN 19700 (2004)</i>	<i>29</i>
<i>Tabelle 10: Vergleich der 1.000 und 10.000-jährlichen Niederschlagshöhen (gerundet) mit /U17/</i>	<i>30</i>
<i>Tabelle 11: Berechnungsergebnisse für $T_n = 500$ a und 5.000 a</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 12: Datenblatt HRB Haiger Sechshelden</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 13: Datenblatt Maßnahme am Imbach</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 14: Gegenüberstellung Konflikte und Maßnahmen gem. Anhang N1.1</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 15: Vermeidungsmaßnahmen gem. Anhang N1.1</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 16: Rechnerischer Nachweis Kompensation gem. Anhang N1.1</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 17: Wirkfaktoren gem. Fachbeitrag Artenschutz Anhang N2</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 18: Darstellung mögliche Zeiträume für Bau- und Rodungsarbeiten (farbig dargestellt)</i>	<i>78</i>
<i>Tabelle 19: Zusammenstellung der Baukosten nach Titeln</i>	<i>84</i>
<i>Tabelle 20: Zusammenstellung der Kosten für die Ausgleichsmaßnahmen</i>	<i>85</i>
<i>Tabelle 21: Zu erwartende Kosten während des Beckenbetriebes; Resultat des Naturschutzes (Kompensation)</i>	<i>86</i>

1 VERANLASSUNG UND AUSGANGSSITUATION

Am 17. September 2006 führte ein extremes Niederschlag-Abfluss-Ereignis im oberen Lahn-Dill-Kreis zu massiven Überschwemmungen. Der Hengstbach - ein linksseitiger, kleiner Nebenlauf der Dill - überflutete den Haiger Stadtteil Sechshelden in einem bis dahin nicht vorstellbaren Ausmaß. Vor dem Hintergrund dieses Ereignisses beauftragte die Stadt Haiger den Unterzeichner, die Hochwassersituation am Hengstbach näher zu beleuchten und darauf aufbauend ein Hochwasserschutzkonzept für Sechshelden zu erarbeiten.

Das „Hochwasserschutzkonzept Hengstbach in Sechshelden“ (nachfolgend /U1/), in welchem in Abstimmung mit der Stadt Haiger zunächst nur die Fachdisziplinen Hydrologie/Hydraulik und Wasserbau betrachtet wurden, kam im Mai 2011 zur Vorlage. Die Ergebnisse der damaligen Untersuchung liegen als Anhang W1 vollständig bei und werden zusammenfassend im Erläuterungsbericht wiedergegeben. Aufbauend auf den damaligen Ergebnissen und Analysen plant die Stadt Haiger den Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) am Hengstbach. Die Entwurfs- und Genehmigungsplanung für das HRB Haiger Sechshelden kommt hiermit zu Vorlage.

2 UNTERSUCHUNGSINHALTE, ARBEITSGRUPPE, DOKUMENTATION

2.1 Untersuchungsinhalte

Als Basis für das Genehmigungsverfahren zum Bau des HRB Haiger Sechshelden war zunächst die Aufstellung der wasserbaulichen Genehmigungsunterlagen erforderlich, die auf den

- durchgeführten Vermessungen im Rahmen der Hochwasserschutzkonzeption sowie im Rahmen der Aufstellung der Entwurfsplanung,
- den bodenmechanischen Erkundungen (Rammkernsondierungen, Schürfe) und den seitens des beteiligten Bodengutachters ausgesprochenen Empfehlungen zum Dammaufbau und zur Gründung des Durchlassbauwerkes,
- der Vorstatik und der Dimensionierung des Durchlassbauwerkes durch einen Tragwerksplaner, sowie
- den Untersuchungen der landschaftspflegerischen Begleitplanung sowie Natur- und Artenschutz

aufbauen.

Neben den beteiligten Planern waren folgende Institutionen in die Einarbeitung der Gesamtplanung eingebunden:

- Magistrat der Stadt Haiger
- RP Gießen Dezernat 41.2 - Oberirdische Gewässer, Hochwasserschutz
- RP Gießen Dezernat 53.1 - Naturschutz und Forsten I

Im Einzelnen waren folgende Leistungen zu erbringen:

Wasserbauliche Planung

- Bestandserhebung von Leitungen im Planungsraum und Bewertung von Nutzungskollisionen
- Überprüfung/ Aktualisierung der bereits in /U1/ erfolgten hydraulisch-hydrologischen Berechnung einschließlich Beurteilung der Wirksamkeit der geplanten Maßnahme
- Entwurf des Sperrbauwerks mit Darstellung in maßstäblichen Schnitten und im Grundriss in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner und dem Baugrundgutachter
- Entwicklung und Darstellung des Durchlassbauwerks mit Betriebsauslass in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner und dem Baugrundgutachter sowie Darstellung der Hochwasserentlastungsanlage, hydraulische Bemessung beider Anlagenteile, Berücksichtigung des Erhalts der ökologischen Durchgängigkeit des Gewässers, zeichnerische Darstellung
- Ermittlung der wasserwirtschaftlichen Kenngrößen zum Beckenbetrieb (z.B. zur Abgrenzung häufiger und seltener Einstaubereiche und Einstaudauern), die auch den naturschutzfachlichen Betrachtungen zu Grunde zu legen waren.
- Ergänzende Vermessungen am Hengstbach

Baugrunderkundung und bodenmechanische Untersuchungen

- Auswertung geologischer Karten (u.a. zur Findung von Entnahmestellen für das Dammbaumaterial)
- Geotechnische Erkundungen (Schürfe, Rammkernsondierungen im Bereich der geplanten Sperrstelle)
- Bodentechnische Laboranalysen
- Stellungnahme zur Gründung, zum Dammaufbau, zu Bodenverhältnissen im Einstaubereich, zur Hydrogeologie und der Sicherung der Baugrube des Durchlassbauwerks
- Beurteilung der Standsicherheit

Tragwerksplanung

- Dimensionierung der Bauwerksabmessungen des Durchlassbauwerks
- Statische Berechnungen (Vorstatik)
- Festlegung der Gründung (Verlauf und Dimension der Bodenplatte) in Abstimmung mit dem Geotechniker

Naturschutzfachliche Planung

- Ökologische Bestandsaufnahme im Bereich des Rückhalteraumes mit angrenzenden Flächen
- Bewertung der verschiedenen Landschaftsfaktoren
- Risikoanalyse mit Abschätzung des erforderlichen Ausgleichsbedarfs

- Eingriffs-/Ausgleichsbilanzierung
- Fachgutachten Landschaftspflegerischer Begleitplan
- Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag
- UVP-Bericht und Natura 2000

Die ökologischen Untersuchungen mussten im Umfang so gestaltet werden, dass eindeutige Aussagen zur Eingriffserheblichkeit und zu möglichen Ausgleichsmaßnahmen getroffen werden konnten.

Klärung von Nutzungskollisionen

- Erhebung schützenswerter Flächen, Berücksichtigung des Denkmalschutzes, Klärung von Betroffenheiten von Ver- und Entsorgungsträgern.
- Erstellung eines Eigentümerverzeichnisses zur Klärung der Grundstückssituation im Bau- und Einstaubereich, sowie im Bereich der vorgesehenen Ausgleichsmaßnahmen.

Monetäre Bewertung

- Massenermittlung und Kostenberechnung
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

2.2 Arbeitsgruppe

Die gesamte Planung wurde unter Federführung des Unterzeichners von folgender Arbeitsgruppe durchgeführt:

- Projektkoordination, Wasserbau, ergänzende Vermessung, Hydraulik, Hydrologie, Konstruktion, Kostenermittlung, Eigentümerverzeichnis

BGS Wasserwirtschaft GmbH
Pfungstädter Straße 20, 64297 Darmstadt

- Geotechnik, Untergrunderkundung, Bau- und Gründungsempfehlung

ISK Ing.-Gesellschaft mbH
Ferdinand-Porsche Ring 1, 63110 Rodgau

- Tragwerksplanung

DREHER + DEIGENTASCH Ingenieure
Bahnhofstraße 5, 64404 Bickenbach

- Natur- und Artenschutz

Modus Consult Speyer GmbH
Landauer Straße 46, 67346 Speyer

-> unter Hinzuziehung des Büros für Landschaftsökologie

Simon & Widdig GbR
Hannah-Ahrendt-Straße 4, 35037 Marburg

2.3 Dokumentation

Die Untersuchungsergebnisse der gesamten Planung sind wie folgt dokumentiert:

Textteil

Zusammenfassender Erläuterungsbericht wasserbauliche Planung und Zusammenfassung der Fachplanungsergebnisse.

Planteil

Beinhaltet die Pläne der wasserbauliche Planung (Pläne mit „W“ gekennzeichnet), welche unter Berücksichtigung der Ergebnisse der weiteren Fachplaner entstanden sind.

W-1	Übersichtslagepläne	
W-1.1	Übersichtslageplan	M 1:50.000
W-1.2	Übersichtslageplan HRB und Ausgleichsmaßnahmen	M 1:1.500
W-2	Lagepläne - Bestand (HRB Standort)	
W-2.1	Lageplan Beckeneinzugsgebiet	M 1:6.500
W-2.2	Lageplan Bestand	M 1:500/200
W-3	Lagepläne - Planung (HRB Standort)	
W-3.1	Lageplan Planung inkl. Darstellung HQx-Wasserstandslinien	M 1:500
W-3.2	Detallageplan Planung inkl. Darstellung Messstellen	M 1:250
W-3.3	Baustelleneinrichtungsplan Sperrstelle	M 1:250
W-4	Bauwerkspläne (HRB Standort)	
W-4.1	Durchlassbauwerk Draufsicht und Längsschnitt	M 1:50
W-4.2	Durchlassbauwerk Schnitt 2-2, Schnitt 3-3	M 1:50
W-4.3	Dammquerschnitte	M 1:50
W-5	Ausgleichsmaßnahmen	
W-5.1	Durchlass H3, Draufsicht, Längsschnitt, Schnitt	M 1:50
W-5.2	Durchlass H3, Draufsicht, Längsschnitt, Schnitt	M 1:50
W-6	Lageplan Eigentümerverzeichnis	
W-6.1	Eigentümerverzeichnis	M 1:500

Anhang

Die Gutachten sowie Anlagen der einzelnen Fachplaner finden sich in den Anhängen:

Anhang W - Wasserbau

Anhang G - Geotechnik

Anhang T - Tragwerksplanung

Anhang N - Fachgutachten Naturschutz und Umweltverträglichkeit

Daten-DVD

Gesamtergebnis aller Fachplaner (Text- und Planteil inklusive aller Anhänge)

2.4 Verwendete Unterlagen und Datenerhebungen

Die im Zuge der Untersuchung gesichteten und ausgewerteten Unterlagen sind nachstehend zusammengestellt. Auf sie wird in den folgenden Kapiteln durch „/./“ verwiesen.

- /U1/ „Hochwasserschutzkonzept Hengstbach in Sechshelden“, BGS Wasserwirtschaft GmbH, Mai 2011
- /U2/ DIN 19700, Teil 10-12 „Stauanlagen“, 2004
- /U3/ DVWK-Merkblatt 246 „Freibordbemessung für Stauanlagen“, 1997
- /U4/ Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, „Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken“, 2007
- /U5/ „Verfahrensvorschlag zur Ermittlung von HQ1.000 und HQ10.000 (bzw. BHQ-Werte) für die Bemessung von Stauanlagen unter Bezug auf die DIN 19700 und die Vorgehensweise bei Einsatz von Niederschlags-Abfluss-Modellen (gem. Ergebnis der Dienstbesprechung Hochwasserschutz, Hydrologie am 30.6.2004 in Wiesbaden und angepasst am Ergebnis der Dienstbesprechung am 19.4.2017 in Darmstadt)“, RP Gießen, Dez. 41.2 - Oberirdische Gewässer, Hochwasserschutz, überlassen per E-Mail am 22. März 2018
- /U6/ „Überströmbare Dämme und Dammscharten“ Leitfaden, Landesanstalt für Umwelt LfU (heute: LUBW) Karlsruhe, 2004
- /U7/ Ergänzung zum Leitfaden „Überströmbare Dämme und Dammscharten“, „Bemessung von Steinschüttdecken auf Dammscharten“, LUBW
- /U8/ DWA-A 904 „Richtlinien für den ländlichen Wegebau“, Oktober 2005
- /U9/ „Studie über ökohydraulische Durchlassbauwerke“ der LfU Baden-Württemberg, Karlsruhe
- /U10/ „Realmaßstäbliche Überströmungsversuche zur Ermittlung der Deckwerksstabilität eines grasbewachsenen Deichs“, Master-Thesis Sirko Lehmann, TU Darmstadt, 2015
- /U11/ „Erosion an geotextilbewährten Deichen bei langeinstauenden Hochwassern und Deichüberströmungen“, Tobias Kubetzek, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft TU Darmstadt, Dezember 2015
- /U12/ Digitales Geländemodell (ATKIS DGM 1, 1x1 m Raster aus Laserscanbefliegung), Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation, 2017/2018
- /U13/ „Grundlagen des Wasserbaus“, W.Schröder/ G.Euler/ K.Schneider, Werner Ingenieur Texte, 1982
- /U14/ Besprechungsprotokoll Hochwasserrückhaltebecken Haiger Sechshelden, Abstimmung mit der Stadt Haiger, Regierungspräsidium Gießen, Modus Consult GmbH, BGS Wasserwirtschaft GmbH, 09.05.2018

- /U15/ Auszug aus dem Kanalkataster der Stadt Haiger, Ortsteil Sechshelden, ohne Datum
- /U16/ Vermessung von Gewässerprofilen des Hengstbachs und flächenhafte Aufnahme von Vorlandpunkten westlich der K49, Vermessungsbüro TERRACONDATA, 2010
- /U17/ Vermessung von ergänzenden Einzelpunkten am Hengstbach, BGS Wasserwirtschaft GmbH, 06.02.2017
- /U18/ Magistrat der Stadt Haiger, Eigentümerverzeichnis, Stand 2018/2019
- /U19/ Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags (PEN), Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Universität Hannover, 2003
- /U20/ Jürgen Lang, „Auswirkung der neuen DIN 19 700 auf die Bemessung von Hochwasserrückhalteräumen“, Wasserwirtschaft, 2001
- /U21/ Hans-Bernhard Kleeberg, Andreas H. Schumann, Ableitung von Bemessungsabflüssen kleiner Überschreitungswahrscheinlichkeiten, Wasserwirtschaft, 2001
- /U22/ Gewässerkundliches Jahrbuch 2010, Pegel Haiger
- /U23/ Hochwasserrisikomanagementplan Lahn, Internet
- /U24/ „Merkblatt - Antragsunterlagen Planfeststellung / Plangenehmigung für den Bau und Betrieb eines Hochwasserrückhaltebeckens oder einer Talsperre nach §§ 68, 70 und 71 WHG Wasserhaushaltsgesetz (WHG)“, Regierungspräsidium Gießen, Stand 19.03.2018
- /U25/ „Groppenpopulation und Wanderungshindernisse im Hengstbach“, Bürogemeinschaft für Fisch- & Gewässerökologische Studien, Marburg, September 2012
- /U26/ <http://gruschu.hessen.de/mapapps/resources/apps/gruschu/index.html?lang=de>, HLNUG, Trinkwasserschutzgebiete
- /U27/ Grundlage /U12/ Darstellung von Höhenlinien in 25 cm Abständen und Schummerung
- /U28/ Vermessung von ergänzenden Einzelpunkten und Profile am Hengstbach am Durchlass H3, BGS Wasserwirtschaft GmbH, 18.09.2019
- /U29/ DWA-M 509: 2014-05, „Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung“, Beuth Verlag, 2014
- /U30/ „Kostenschätzung Landschaftspflegerische Maßnahmen“ MS-Exceltabelle, MODUS Consult GmbH, E-Mail vom 06.02.2020

3 WASSERWIRTSCHAFTLICHE DATENGRUNDLAGE

Die in /U1/ erfolgten wasserwirtschaftlichen Untersuchungen zur Dimensionierung des HRB Haiger Sechshelden wurden mit einem modular aufgebauten Modellpaket mit den Komponenten *Niederschlag-Abfluss-Modell* (NAM) und *Wasserspiegellagenmodell* durchgeführt.

Während das Wasserspiegellagenmodell für den Hengstbach anhand von im Herbst 2010 vermessener Gerinne- und Bauwerksprofile sowie Rauheitswerte für die Gerinnewandung aufgebaut wurde, erfolgte die Erstellung des NAM auf der Grundlage der im Einzugsgebiet des Hengstbachs vorherrschenden relevanten gebiets- und ereignisspezifischen Merkmale.

Letztere werden im Folgenden kurz vorgestellt.

3.1 Gebietsbeschreibung

Der Hengstbach entspringt in den Höhenlagen der Struth - einem bewaldeten Höhenzug an der Nahtstelle von Rothaargebirge, Westerwald und Gladenbacher Bergland - zwischen dem Himmberg im Westen und dem Desberg im Osten. Vor dort aus fließt der Hengstbach in südöstliche Richtung, um nach rd. 3,0 km den Zufluss eines von West nach Ost verlaufenden Seitengrabens (Kuhbach) aufzunehmen. Nach weiteren 500 m Fließweg erreicht der Hengstbach den zur Stadt Haiger gehörenden Ortsteil Sechshelden. Dort mündet mit dem aus Norden kommenden Imbach ein weiterer Seitengraben ein. Nachdem er Sechshelden durchquert hat, tritt der Hengstbach in die Verdolung der am südlichen Ortsrand verlaufenden Bundesstraße B277 ein und mündet nach weiteren 100 m Fließweg in die Dill. In Höhe der Mündung weist das Einzugsgebiet des Hengstbachs eine Fläche von 8,5 km² auf.

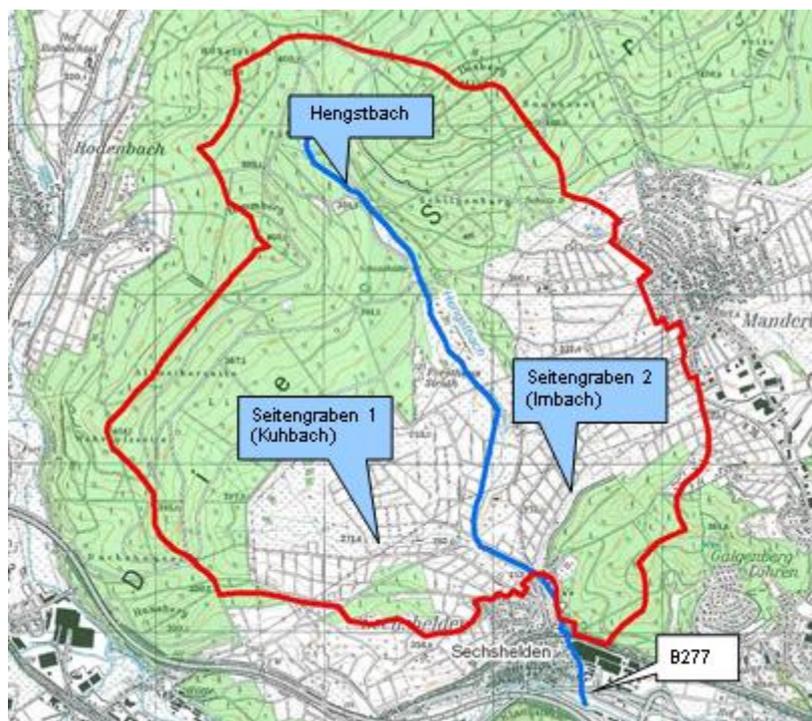


Abbildung 1: Einzugsgebiet Hengstbach

3.2 Topographie

Der höchste Punkt des Untersuchungsgebiets liegt auf einer Höhe von etwa 540 mÜNN (Desberg), der Tiefpunkt an der Dillmündung auf 240 mÜNN. Damit überwindet der Hengstbach einen Höhenunterschied von 300 m; bezogen auf die Lauflänge des Gewässers von insgesamt 4,2 km entspricht dies einem sehr hohen mittleren Längsgefälle von über 7 %.

3.3 Untergrund und Bodenverhältnisse

Im Gebiet herrschen überwiegend Böden aus lösslehmartigen Solifluktsdecken vor (Solifluktion: großflächige hangabwärtsgeneigte Fließbewegung von Schutt- und Erdmassen). Als Bodenarten stehen größtenteils lehmiger Sand bis sandiger Schluff, häufig skeletthaltig an. Im Norden und Süden finden sich sandig-schluffige und tonige Lehme.

3.4 Bodennutzung

Die „obere“ Hälfte des Gebiets ist mit Wald bestanden. Die „untere“ besteht weitestgehend aus komplexen Parzellenstrukturen bzw. Wald-Strauch-Übergangsbereichen. Aus Abbildung 2 geht hervor, dass es sich hierbei um kleinräumig wechselnde Areale handelt, die entweder als Grünland (teilweise auch Viehweide) oder Acker genutzt werden.



Abbildung 2: Blick auf die „komplexen Parzellenstrukturen bzw. Wald-Strauch-Übergangsbereiche“ im Einzugsgebiet des Hengstbachs

3.5 Ortsentwässerung

Mit Blick auf Abbildung 1 und Plan Nr. W-2.1 ist überdies ersichtlich, dass sich im Einzugsgebiet des Hengstbachs keine zusammenhängenden Ortslagen befinden. Das unmittelbar am östlichen Rand gelegene Manderbach (Stadt Dillenburg) entwässert in das Tal der Dietzhölze, die Kanalisation von Sechshelden findet ihre Vorflut direkt in der Dill. Mit anderen Worten: der Hengstbach wird nicht als Vorfluter für die Einleitungen aus der Kanalisation größerer Ortslagen genutzt.

3.6 Niederschlagshöhenstatistik

Um mit einem NAM Hochwasserabflüsse mit vorgegebener Auftretenswahrscheinlichkeit zu ermitteln (z.B. 100-jährlicher Abfluss), sind entsprechende (statistisch aufbereitete) Niederschlagsbelastungen (T_n -jährliche Bemessungsniederschläge) vorzugeben. Diese wurden in /U1/ der Untersuchung KOSTRA¹-2000 entnommen, in welcher rasterweise für das gesamte Bundesgebiet von Regendauer und Regenhäufigkeit abhängige Niederschlagshöhen quantifiziert wurden (dabei umfasst ein Raster eine Fläche von 71,5 km²).

Aus Abbildung 3 kann abgelesen werden, dass sich das Einzugsgebiet des Hengstbachs gemäß KOSTRA-2000 über die beiden Rasterelemente 20/58 (Haiger) und 21/58 (Dillenburg) erstreckt (die jeweiligen Kacheln sind mit roten, gerade verlaufenden Linien abgegrenzt).

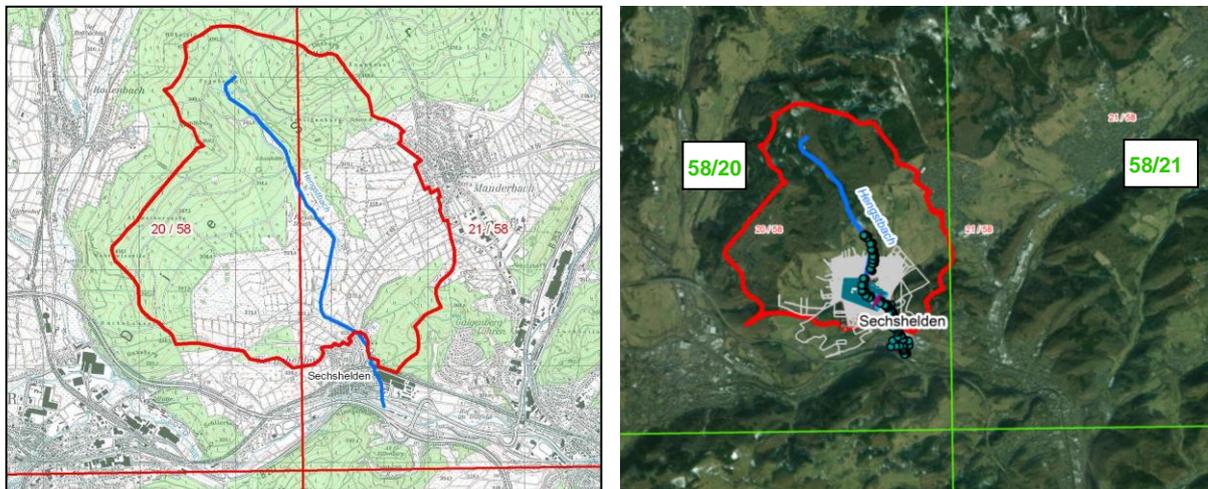


Abbildung 3: Gegenüberstellung KOSTRA-Kachelemente KOSTRA-2000 (rot) und KOSTRA-2010R (grün)

An dieser Stelle darauf hinzuweisen ist, dass die in /U1/ verwendeten KOSTRA-2000-Werte zwischenzeitlich durch KOSTRA-2010 und Letztere Ende 2017 durch KOSTRA-2010R abgelöst wurden. Im Zuge dieser „KOSTRA-Umstellung“ wurde überdies der regionale Bezug verändert (d.h. die Rasterflächen bzw. ihre Abgrenzungen wurden - in Bezug auf das Einzugsgebiet - geringfügig verkleinert/verschoben, Rasterflächen 58/20 und 58/21 mit 20/58 und 21/58 Vgl. in Abbildung 3).

Auf die neuen Bemessungsniederschläge gemäß KOSTRA-2010R wird weiter unten nochmals eingegangen.

¹ Im Bericht werden die offiziellen Bezeichnungen KOSTRA-DWD-2000 und KOSTRA-DWD-2010R der Übersicht halber in verkürzter Form mit KOSTRA-2000 bzw. KOSTRA-2010R aufgeführt.

3.7 Datengrundlage zur Überprüfung des Niederschlag-Abfluss-Modells Hengstbach

Im Vorfeld von Niederschlag-Abfluss-Berechnungen mit einem NAM ist zu überprüfen, ob mit dem Modell die in dem betrachteten Gebiet zu erwartenden Hochwasserabflüsse realitätsnah beschrieben werden. Wird in dem Gebiet ein Pegel betrieben, kann diese Überprüfung auf der Grundlage von Abflussmessungen erfolgen. Kann – wie am Hengstbach – auf keinen Pegel bzw. keine Pegelmessungen zurückgegriffen werden, besteht die Möglichkeit, die Niederschlagsdaten eines historischen Ereignisses (diese können beispielsweise den Messstationen des Deutschen Wetterdienstes, die innerhalb oder in der Nähe des betrachteten Gebiets liegen, entnommen werden) als Systembelastung zu verwenden und die hieraus berechneten Abflüsse/Wasserstände mit den seinerzeit z.B. an innerörtlichen Brücken *beobachteten Wasserständen* zu vergleichen. Dabei ist jedoch grundsätzlich zu beachten:

- Die Anpassung des Modells erfolgt auf der Basis einer Niederschlagsbelastung, die als Punktinformation vorliegt und auf das Gesamtgebiet übertragen wird.
- Diese Systembelastung ist umso mehr vager, je ungenügender die über das historische Ereignis vorliegenden Punktinformationen sind.
- Ferner können sich die Systemzustände während des Ereignisses grundlegend geändert haben (z.B. durch mit Treibgut verlegte Brückenquerschnitte).

Ungeachtet dieser Unsicherheiten wurde in /U1/ das Septemberereignis 2006 vertieft betrachtet, insbesondere um seine Einmaligkeit zu unterstreichen.

Darüber hinaus erfolgte in /U1/ der Vergleich der Modellergebnisse mit den Abflussspenden von kleineren Bächen in der Region des Oderwalds bzw. der Bergstraße sowie von Gewässern des Lahn-Dill-Gebiets. Auch wenn das Ergebnis aufgrund der teilweise großen Distanz der Einzugsgebiete nicht überbewertet darf, konnten anhand dieses Vergleichs die in /U1/ für den Hengstbach berechneten HQ_{100} -Werte als „zumindest nicht unplausibel“ eingestuft werden.

3.8 Bestehender Hochwasserschutzgrad in Sechshelden

Um den in Sechshelden bestehenden Hochwasserschutzgrad zu quantifizieren, wurden in /U1/ (für Detailangaben siehe hierzu Anhang W1) an relevanten Gewässerstellen des Hengstbachs die bordvollen Abflussleistungen (Q_{voll}) mit den berechneten T_n -jährlichen Abflüssen (Grundlage KOSTRA-2000) gegenübergestellt. Die Ergebnisse aus /U1/ werden nachfolgend kurz wiedergegeben.

Tabelle 1: Vergleich der bordvollen Abflussleistung des Hengstbaches mit Tn-jährlichen Abflüssen (KOSTRA-200)

Gewässerstelle	Q _{voll} [m ³ /s]	HQ ₁₀ [m ³ /s]	HQ ₂₀ [m ³ /s]	HQ ₅₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]
Brücke K49, Zum Hengstbach (km 0+892)	22,0	3,7	4,6	5,4	7,1
Oberhalb Rohrdurchlass Bornhecke (km 0+643)	3,1	5,0	6,3	7,5	9,8
uh. Bornhecke 8 (km 0+512)	5,3	5,0	6,3	7,5	9,8
Durchlass Bahndamm (km 0+435)	> 60	5,0	6,3	7,0	8,9
Oberh. Brücke Sechshelder Straße (km 0+305)	6,9	5,0	6,3	7,0	8,9
Steg Hofstraße (km 0+142)	6,5	5,0	6,3	7,0	8,9
Durchlass Bundesstraße B277 (km 0+098)	> 50	5,0	6,3	6,9	8,3

Die sich entlang des Hengstbachs einstellende Hochwassersituation (Ist-Zustand, d.h. ohne Hochwasserschutzmaßnahmen) wird nachstehend, zum besseren Verständnis in Fließrichtung gesehen, erläutert:

Brücke K49 (km 0+892)

Am nördlichen Rand von Sechshelden unterquert der Hengstbach die K49. Rechnerisch weist diese Brücke eine Leistungsfähigkeit deutlich größer als HQ₁₀₀ auf.

Oberhalb Rohrdurchlass Bornhecke (km 0+643)

In Höhe km 0+643 ist bereits bei Ereignissen kleiner HQ₁₀ mit Überflutungen zu rechnen. Davon betroffen ist aber nur eine als Wiese genutzte Fläche. Für die rechts abgerückt vom Hengstbach gelegene Bebauung sind keine Hochwasserschäden zu besorgen.

Bornhecke 8 (km 0+512)

Überflutungen, von denen auch der tiefer liegende Bereich des Wohnhauses Bornhecke 8 betroffen ist, treten ab Ereignissen größer HQ₁₀ auf.

Durchlass Bahndamm (km 0+435)

Die Überströmung des hoch über Gelände gelegenen Bahndamms ist selbst bei extremsten Ereignissen nicht zu erwarten.

Oberhalb Brücke Sechshelder Straße (km 0+305), Steg Hofstraße (km 0+142)

Für die beidseits des Hengstbachs gelegene Bebauung ist mit schadbringenden Überflutungen bei Ereignissen größer HQ₂₀ zu rechnen.

Durchlass B277 (km 0+098)

Wie beim Bahndamm ist auch die Überströmung der B277 nicht zu erwarten.

Zusammenfassend stellt sich der Schutzgrad in Sechshelden wie folgt dar: davon ausgehend, dass die in Höhe km 0+643 ausgewiesenen Ausuferungen (bereits bei Ereignissen kleiner HQ₁₀) keine relevanten Schäden verursachen, ist oberhalb des Bahndurchlasses (Bornhecke) bei Ereignissen größer HQ₁₀, unterhalb davon bei Ereignissen größer HQ₂₀ mit kritischen Wasserständen bzw. schadbringenden Überflutungen zu rechnen.

Hinsichtlich dieser Bewertung des Schutzgrads sei an dieser Stelle auf die verbleibenden Unsicherheiten hingewiesen.

- Die Ermittlung der bordvollen Abflüsse in /U1/ erfolgte auf Grundlage von Vermessungsprofilen sowie der Profilverlängerung dieser unter Zuhilfenahme des für Sechshelden aus der Gewässervermessung, dem Kanalkataster (Schachtdeckelhöhen) und aus den Höhenlinien von topographischen Karten erzeugten digitalen Geländemodells.
- Dabei wird davon ausgegangen, dass die Durchflussquerschnitte grundsätzlich frei sind (keine Verlegung durch mitgeführtes Geschwemmsel).
- Die zu Q_{voll} gehörenden Ausuferungshöhen h_{voll} entsprechen den jeweiligen linken bzw. rechten Böschungsoberkanten. Wasserstände höher als h_{voll} führen aber nicht zwangsläufig zu schadbringenden Überflutungen. Die Definition des „Schadensbeginns“ hat insbesondere bei Einzelanwesen einen nur abschätzenden Charakter.

4 MASSNAHMEN ZUR ERHÖHUNG DES HOCHWASSERSCHUTZGRADES

4.1 Generelle Hochwasserschutzmaßnahmen

Generelle Möglichkeiten zum (technischen) Schutz vor Hochwasser sind:

- Anlagen zum Hochwasserrückhalt (z.B. HRB),
- Gewässerausbau (Verbesserung der Abflussverhältnisse des/der Gewässer),
- lineare Maßnahmen (Deiche, Mauern),
- mobile Maßnahmen,
- weitere schadensmindernde Maßnahmen (z.B. Objektschutz).

Grundsätzlich ist zwischen einem Durchleitungs- und einem Rückhaltekonzept zu unterscheiden, wobei aus wasserwirtschaftlicher Sicht die Rückhaltung zu bevorzugen ist, da bei einem reinen Durchleitungskonzept die Hochwasserproblematik ausschließlich auf die Unterlieger verlagert wird. Häufig kommt eine Kombination aus Durchleitungs- und Rückhaltekonzept zum Tragen.

Größere Gewässerausbaumaßnahmen (u.a. Schaffung von kleinräumigem Retentionsraum) sowie lineare Maßnahmen in der Ortslage von Sechshelden müssten aufgrund der z.T. direkt an die Bachparzelle angrenzenden Bebauung sowie parallel zum Gewässer verlaufender Kanäle auf engstem Raum erfolgen. Solche Maßnahmen sind organisatorisch (Grundstücksverhandlungen/Flurbereinigung) und bautechnisch (beengte Verhältnisse, Andienung der Baustelle über Privatgrundstücke, ggf. sogar Abriss vorhandener Einbauten) nur schwer realisierbar. Zudem wird der Zufluss zur Dill verschärft, weshalb diese Maßnahmen für Sechshelden nicht weiter betrachtet werden können.

Mobile Maßnahmen kommen ebenfalls nicht in Betracht; da sie erst vor einem Hochwasserereignis aufgebaut werden, sind sie an längere Vorwarnzeiten bzw. längere Fließzeiten im Gebiet geknüpft, die im Hengstbach aber nicht gegeben sind.

Somit stehen im Folgenden der Hochwasserrückhalt und weitere schadensmindernde Maßnahmen im Vordergrund.

4.2 Einzugsgebietsverändernde Maßnahmen

Neben den generellen Möglichkeiten Hochwasserschutzmaßnahmen zu betreiben, lohnt sich ggf. der Blick auf das Einzugsgebiet und des sich dort bildenden Abflusses.

Der Transformationsprozess vom Niederschlag zum Abfluss hängt von den Gebietsmerkmalen des überregneten Einzugsgebiets ab. Dazu gehören insbesondere:

- die Flächenstruktur (u.a. Gefälle) und
- die Nutzung der Landoberfläche (z.B. Acker, Wald, Wiese, Siedlungsflächen), sowie
- das Versickerungsvermögen der oberen Bodenschichten (Sandböden besitzen z.B. eine höhere Versickerungsleistung als Lehm- oder Tonböden).

Demnach stellt auch der Versiegelungsgrad eine weitere wichtige gebietspezifische Größe dar. Zudem sind die Merkmale des Niederschlagsereignisses selbst ausschlaggebend dafür, wie abflusträchtig ein Einzugsgebiet tatsächlich ist. Bei höheren Niederschlagsintensitäten oder -dauern kommt es zu einer Steigerung des Abflusses, da der Boden zunehmend weniger Wasser aufnehmen kann. Dies gilt ebenso für die Vorbodenfeuchte (Vorgeschichte), die im Gebiet zu Beginn eines Ereignisses vorliegt (bei Fragen zu Bemessung wird dabei stets von „mittleren“ Verhältnissen – d.h. nicht zu trocken und nicht zu nass – ausgegangen).

Des Weiteren sind der Rückhalt von Niederschlagswasser auf der Oberfläche von Pflanzen (Interzeption) sowie der im Gebiet vorliegende Muldenrückhalt zu berücksichtigen (siehe Abbildung unten). Diese „Anfangsverluste“ spielen insbesondere bei Niederschlagsereignissen mit geringen Niederschlagshöhen eine Rolle.

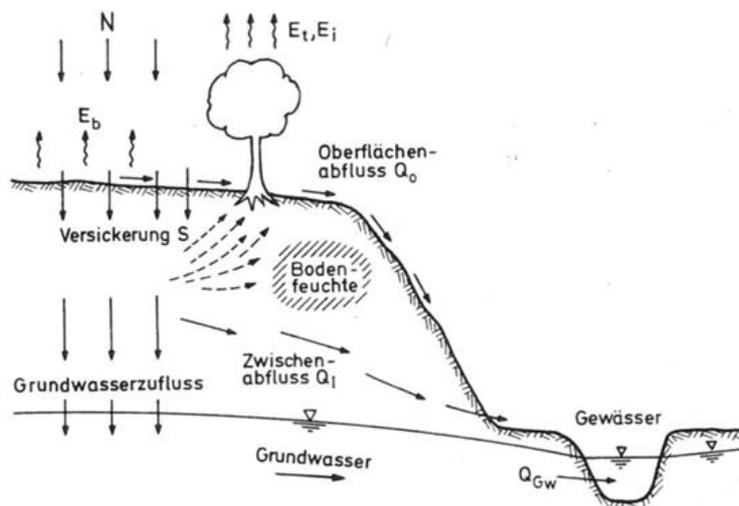


Abbildung 4: Einflüsse auf die Abflussbildung und -konzentration (U13/)

Eine Minderung der Abflusskonzentration im Einzugsgebiet ist demnach theoretisch über:

- eine Ausweitung versickerungsfähiger Flächen (Entsiegelung),
- sowie Erhöhung der Interzeption, z.B. durch Umwidmung der Flächennutzung (Acker zu Wiese, Acker zu Wald, Wiese zu Wald; hier bevorzugt Laubwald)

denkbar.

Da das Einzugsgebiet des Hengst- und Kuhbaches bereits natürlich (Wiese, Acker, Wald) geprägt ist und keine versiegelten Flächen aufweist, würde sich die Abflusskonzentration ggf. nur durch flächendeckende Umwidmung der Wiesen und Ackerflächen in dichte Waldflächen beeinflussen lassen. Da die Wirksamkeit dieser Maßnahme erst nach über 10 Jahren (Anwuchs und Entwicklungszeit) gegeben ist, die Umsetzung auch aus organisatorischer Sicht (Verhandlungen mit Grundstückeigentümern) und in Hinblick auf die gravierende Strukturveränderung (FFH-Gebiet) eher bedenklich ist, wird diese Maßnahme nicht weiter verfolgt.

4.3 Hochwasserschutz durch Rückhalt

Die Effektivität eines Rückhalts wird wesentlich durch seine Nähe zu der zu schützenden Ortslage bestimmt. Mit anderen Worten: Um mit Hilfe eines Rückhalts einen bestimmten Hochwasserschutzgrad zu erzielen, ist das hierfür erforderliche Speichervolumen umso geringer, je kleiner das zwischen der Rückhaltung und der zu schützenden Ortslage gelegene („unbeherrschte“) Teileinzugsgebiet ist.

Somit ist es naheliegend, dass Rückhaltungen unmittelbar oberhalb der zu schützenden Ortslage zu errichten sind. Doch sind bei der Standortwahl auch

- die topografischen Verhältnisse,
- die Bezahlbarkeit (kommunaler Haushalt),
- die Realisierbarkeit (Genehmigungsfähigkeit),
- der Eingriff in das Landschaftsbild und
- die Akzeptanz der Betroffenen

zu berücksichtigen.

4.3.1 Beckenverbund und dezentrale Rückhaltungen

Hinsichtlich der Erhöhung des Schutzgrades in Sechshelden durch einen Beckenverbund wird mit Blick auf Abbildung 1 und Abbildung 5 deutlich, dass hierfür eine Rückhaltung am Hengstbach zwischen der Mündung des Kuhbaches und der K49 sowie eine weitere Rückhaltung am Imbach unmittelbar am Ortsrand von Sechshelden prinzipiell möglich wären.

Jedoch ist zu bedenken, dass ein aus zwei Einheiten bestehender Beckenverbund

- in der Herstellung teurer ist und mehr Folgekosten (Unterhaltung, Instandsetzung, Sicherheitsüberprüfungen nach DIN 19700) produziert und auch
 - zu einer höheren Belastung des Naturhaushalts führt
- als beispielsweise eine Lösung mit nur einem, dafür aber eher größeren Becken (siehe Abbildung 6).

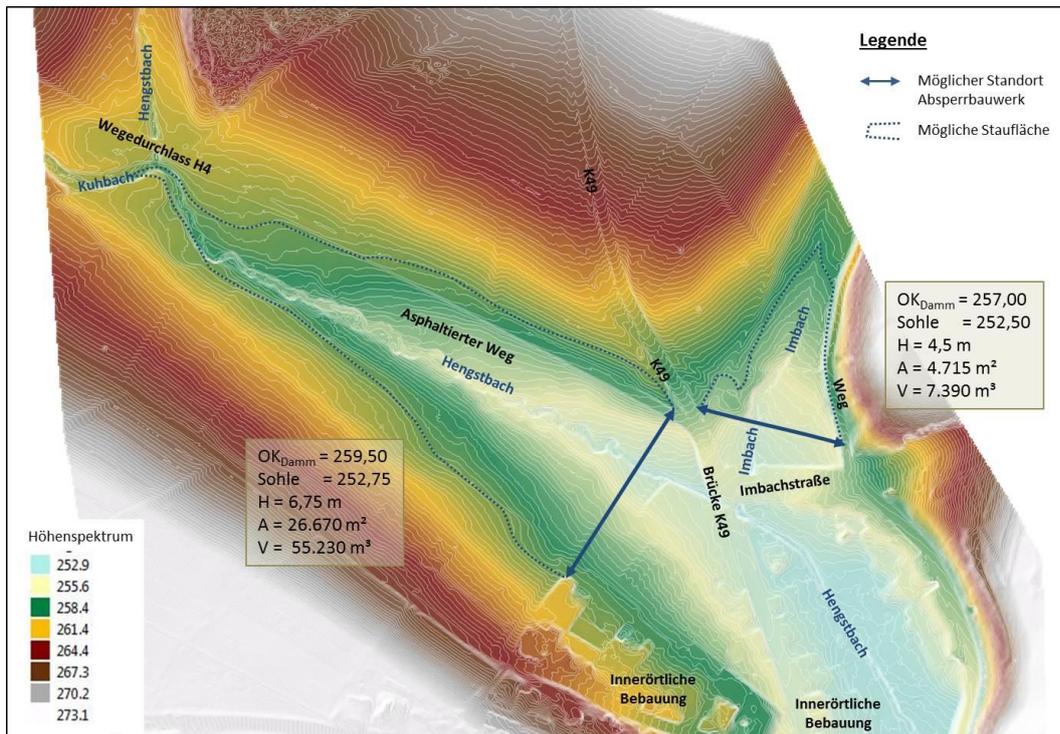


Abbildung 5: DGM Darstellung gem. /U27/ und skizzierte Beckenstandorte (2-Becken Lösung)

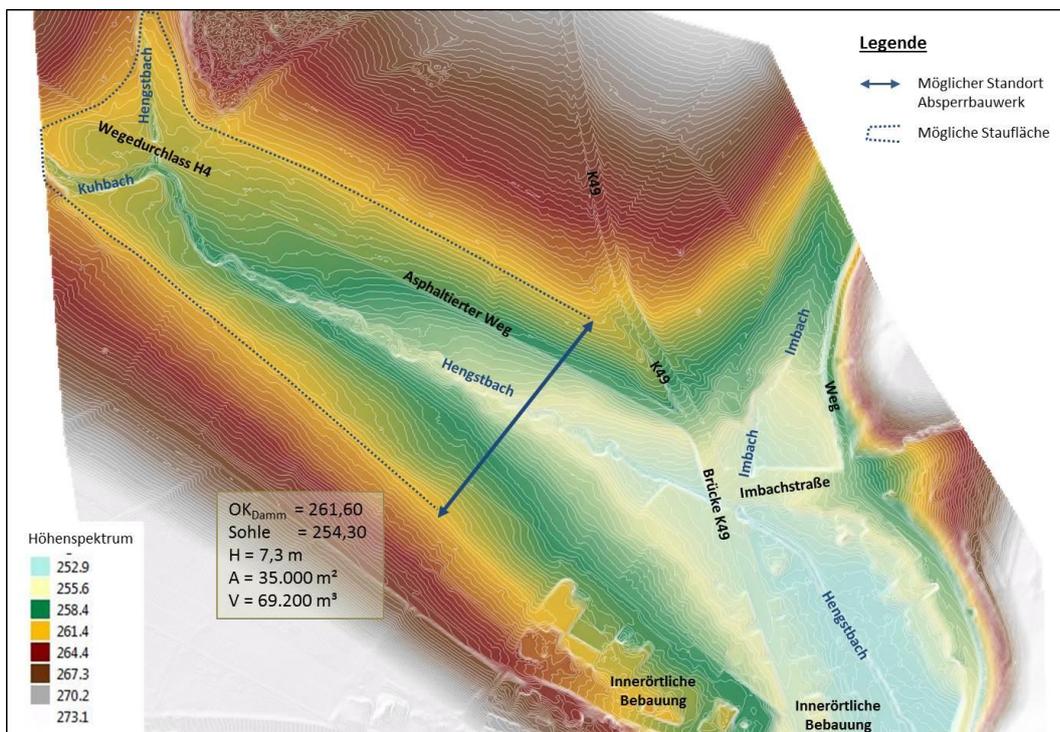


Abbildung 6: DGM Darstellung gem. /U27/ mit skizzierten Beckenstandort (1-Becken Lösung)²

² Anhand der Höhenlinien und der Schummerung sind die Straßen- und Wegeverläufe sowie die Gewässerläufe (Einschnitte im Gelände) erkennbar. Das Gelände steigt entsprechend dem Farbverlauf hellblau, hellgrün, grün, gelb, rot nach weiß hin an.

In der nachfolgenden Tabelle sind exemplarisch einige Durchlässe aufgelistet, die sich am Hengstbach vom Forsthaus Struth bis zur K49 in Fließrichtung befinden.

Tabelle 2: Wegedurchlässe am Hengstbach (ober- und unterstromig des geplanten HRB)

<p>Durchlass H2 DN 600 ca. 20 cm Überdeckung</p>	 <p>Einstauhöhe überwiegend innerhalb des Gerinnes/ Gewässers</p>	 <p>wenig Volumen aktivierbar</p>
<p>Durchlass H3 DN 800 ca. 30 cm Überdeckung</p>	 <p>Einstauhöhe überwiegend innerhalb des Gerinnes/ Gewässers</p>	 <p>wenig Volumen aktivierbar</p>
<p>Durchlass H4 B/H= 1,4/1,1 m</p>	 <p>Einstauhöhe überwiegend innerhalb des Gerinnes/ Gewässers</p>	 <p>geringfügiges Volumen aktivierbar, allerdings nicht ausreichend genug (Vgl. Abbildung 7)</p>
<p>Durchlass K49</p>	 <p>Durchlass unterhalb der K49, bei Überströmung direkter Abfluss über die Straße in die Ortslage</p>	 <p>Volumen aktivierbar, allerdings nicht ausreichend genug (Vgl. Abbildung 7)</p>

Die Möglichkeiten dezentraler Rückhaltungen am Hengstbach und Kuhbach z.B. durch Aktivierung von Retentionsräumen oberhalb von vorhandenen Durchlässen (Überfahrten) ist aufgrund der (einzelnen und auch im gesamten) geringen Volumina und den großen Zwischeneinzugsgebieten nicht zielführend (siehe Abbildung 87 und Abbildung 78).

Zudem ist der Hochwasserschutz bei Kleinrückhalten nur für kleine Ereignisse/ Jährlichkeiten mit nur kurzen Dauerstaufen (z.B. bis 1h-Regen) gegeben. Dies entspricht nicht dem für die Ortslage Sechshelden angestrebten Hochwasserschutzziel HQ_{100} .

Abbildung 7 soll am Beispiel der Wegedurchlasse H4 und K49 veranschaulichen, dass das aktivierbare Speichervolumen - davon ausgehend, dass die vorhandenen Weg nicht erhöht, sondern lediglich die Durchlässe als Drosselorgane verkleinert werden - nur marginal ist.

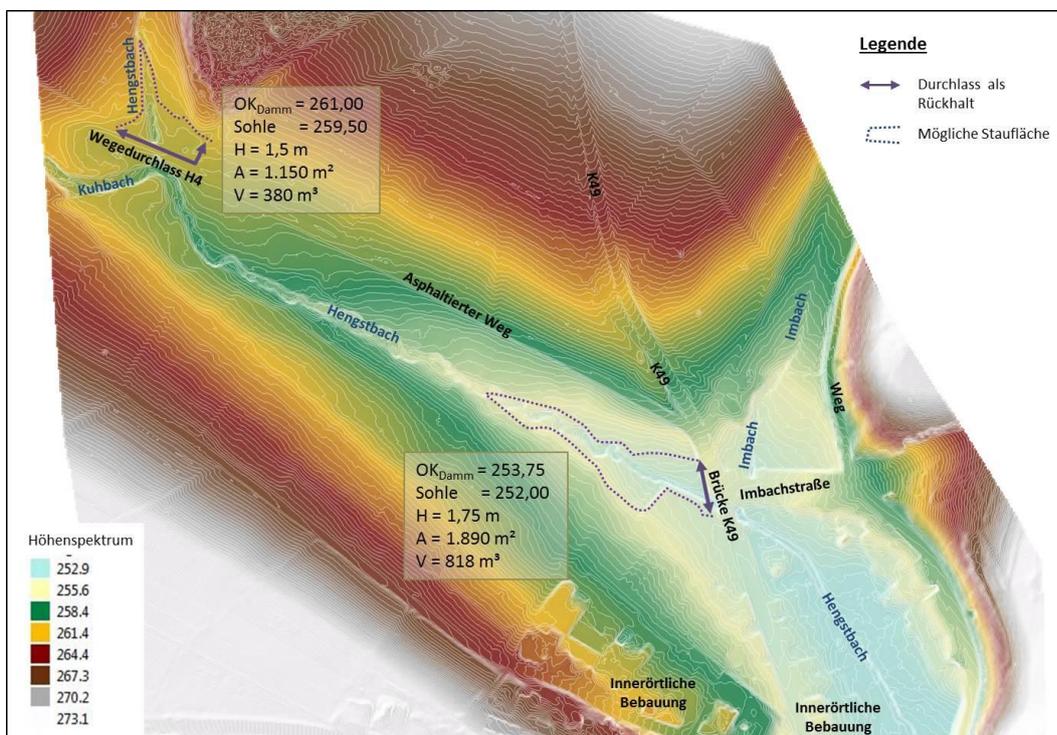


Abbildung 7: Darstellung möglicher Staufflächen (geringe Volumina) für den Durchlass K49 und H4

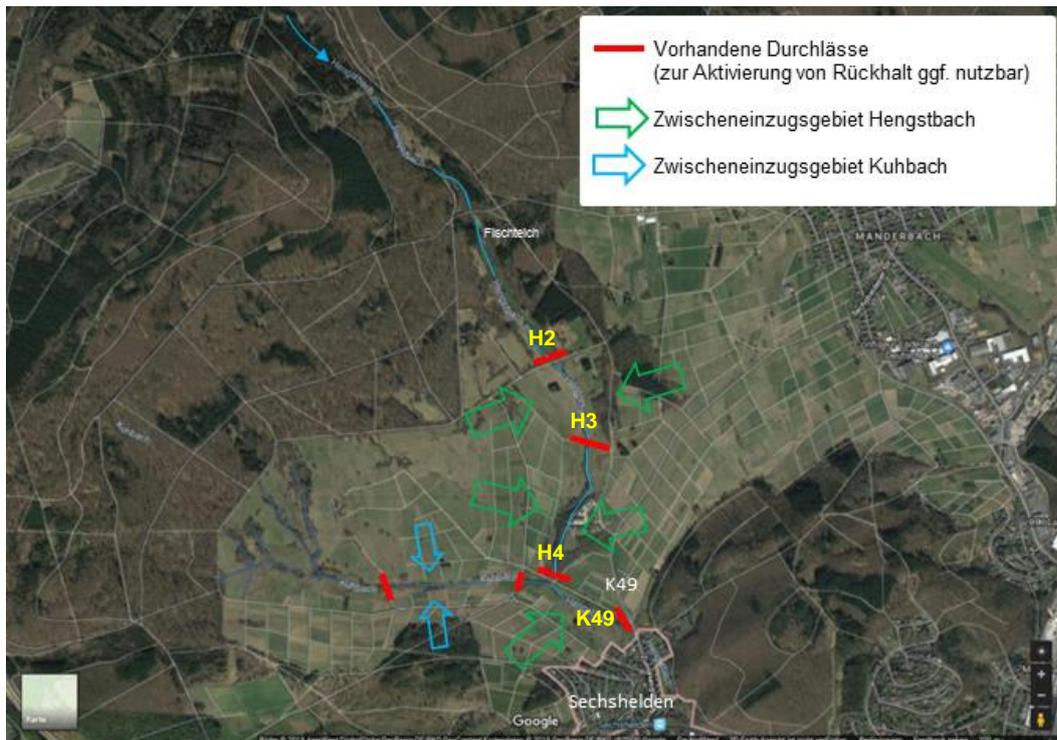


Abbildung 8: Potenzielle dezentrale Rückhaltungen am Kuh- und Hengstbach mit Darstellung der Zwischeneinzugsgebiete

Aus den oben beschriebenen Sachverhalten wird aus wasserwirtschaftlicher und auch in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit ein Beckenverbund bzw. eine dezentrale Rückhaltung nicht betrachtet und im Weiteren die Realisierung eines „Einzelbeckens am Hengstbach“ verfolgt.

4.3.2 Einzelbecken am Hengstbach

Um dem im Zusammenhang mit der Lage einer Sperrenstelle genannten Aspekt „Effektivität der Rückhaltung nimmt mit der Nähe zur schützenden Ortslage zu“ Rechnung zu tragen, stellt die Errichtung eines Einzelbeckens am Hengstbach aus wasserwirtschaftlicher Sicht die beste Lösung dar.

Bei Errichtung eines HRB oberhalb der Ortslage Sechshelden unmittelbar westlich der K49 (nachfolgend „Standort K49“ genannt, siehe Abbildung 9) können bereits über $\frac{3}{4}$ des Einzugsgebiets beherrscht werden. Der wasserwirtschaftlich „optimale“ Standort unterhalb des Zuflusses des Imbachs (siehe Abbildung 1) ist aufgrund der dort gegebenen örtlichen Zwangspunkte (Straßenverlauf K49 und beginnende Bebauung) nicht möglich.

Für den rückwärtigen Raum des Beckenstandortes K49 erfolgte im Herbst 2010 eine flächenhafte Aufnahme von Höhenpunkten (/U16/), auf deren Grundlage die Speicherinhaltsbeziehung mit Hilfe eines DGM erstellt wurde. Die Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens baut maßgebend auf der Festlegung der maximal verträglichen Abflussmengen im innerörtlichen Bereich von Sechshelden auf. Es zeigte sich, dass an dem Beckenstandort K49 mit dem Bau eines Absperrdammes ausreichend Retentionsraum geschaffen werden kann.



Abbildung 9: Beckenstandort K49

4.3.3 Ausbildung der Hochwasserentlastung

Häufig wird bei der Konzeption von HRB eine separate Hochwasserentlastungsanlage (HWE) berücksichtigt, die z.B. aus einem teilüberströmten Dammbereich (Dammscharte) oder einer eingebauten Überlaufschwelle besteht. Demgegenüber erscheint für den Beckenstandort K49 unter Berücksichtigung der anstehenden Topografie und der örtlichen Lage die Umsetzung eines komplett überströmbaren Dammes in Kombination mit einem, die ökologische Durchgängigkeit des Gewässers nicht nachteilig beeinflussenden, offenen Durchlassbauwerk interessant.

Die Vor- und Nachteile dieser prinzipiellen Bauweisen werden im Kapitel 7.1 erörtert und gegenübergestellt. Im Vorgriff auf die in diesem Kapitel getroffenen Aussagen wird in den nachfolgenden Berechnungen von einem **vollständig überströmbaren Dammbauwerk** ausgegangen.

5 NIEDERSCHLAG-ABFLUSS-BERECHNUNGEN

5.1 Umstellung der Bemessungsniederschläge auf KOSTRA-2010R

Wie bereits erwähnt, beruhen die in /U1/ durchgeführten Niederschlag-Abfluss-Simulationen auf den Niederschlägen gemäß KOSTRA-2000 als Systembelastung. Vergleicht man diese mit den aktuellen Bemessungsniederschlägen (Tabelle 3) ist ersichtlich, dass die (hinsichtlich des Abflussscheitels im Hengstbach) maßgebenden Niederschlagsdauern (1h bis 2h) gemäß der neuen KOSTRA-2010R-Werte höher sind als die alten Werte von KOSTRA-2000.

Tabelle 3: Vergleich KOSTRA-2000 / KOSTRA-2010R

Dauerstufe/ Wiederkehrintervall	KOSTRA-2000 mm	KOSTRA-2010R mm	Differenz KOSTRA-2010R – KOSTRA-2000 in %
1h / 10a	30,7	33,2	+8
1h / 100a	46,0	50,9	+11
2h / 10a	35,8	38,4	+7
2h / 100a	52,5	58,0	+10

Für KOSTRA-2000 sind die Mittelwerte aus den Kacheln 20/58 und 21/58, für KOSTRA-2010R die Werte der Kachel 20/58 (laut KOSTRA-2010R befindet sich das Einzugsgebiet des Hengstbachs größtenteils innerhalb der Kachel 20/58).

Unter Vorgabe der in /U1/ für das Untersuchungsgebiet angesetzten (mittleren) Abflussbereitschaft führt damit die Systembelastung gemäß KOSTRA-2010R gegenüber /U1/ zu erhöhten Abflussscheiteln bzw. Abflussfüllen (siehe hierzu auch Kap. 5.4.1). Aus diesem Grund wurden die seinerzeit festgelegten Dimensionen des HRB Haiger Sechshelden überprüft bzw. angepasst. In Zuge dessen erfolgten weitergehende hydraulische Berechnungen

- zur Ermittlung der Kennlinie $Q_{ab}(h)$ des Betriebsauslasses,
- um die Hochwasserentlastungsanlage (Überfall) im Hinblick auf die Forderungen der DIN 19700 zu bemessen,
- um die schadlose Ableitung des (gedrosselten) Hochwasserabflusses in Sechshelden zu überprüfen.

In den in Kap. 5.4.1 vorgestellten hydrologischen Berechnungen wurde in erster Linie der Nachweis für den Rückhalteraum in Bezug auf eine Verminderung des Hochwasserabflusses im Unterlauf geführt. Darüber hinaus wurden als Basis für die Beurteilung der ökologischen Auswirkungen und der Grundstückssituation die Stauraumkenngrößen Einstauhöhe, Einstaufläche, Einstaudauern in Abhängigkeit der Jährlichkeit des Beckenzuflusses ermittelt. Damit kann die Frage „Welche Fläche ist wie häufig überstaut?“ beantwortet werden.

Die besonderen Leistungen zur Optimierung der Bemessung hatten zum Ziel, bei Berücksichtigung der

- hydraulischen Anforderungen (Leistungsfähigkeit im Unterwasser),
- machbaren Einstauhöhe im Becken,
- Investitions- und Betriebskosten und Betriebssicherheit

eine optimale Beckenauslegung zu erreichen.

5.2 Speicherinhalts- und Flächeninhaltslinie

Die Ergebnisse der durchgeführten Vermessungen wurden in das Digitale Geländemodell (DGM, /U12/) eingearbeitet. Darauf aufbauend erfolgte für den Beckenstandort die Generierung der Speicher- und Flächeninhaltslinien.

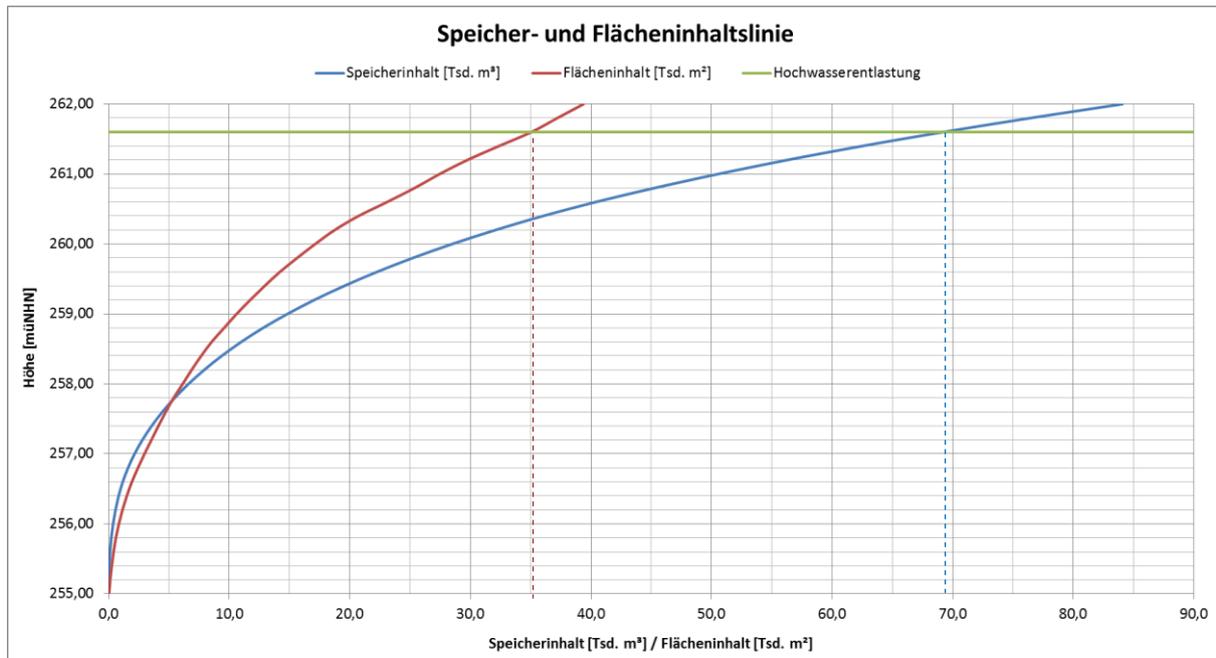


Abbildung 10: Speicher- und Flächeninhaltslinie in Tsd. m³ bzw. Tsd. m²

Bei einem Vollstau von 261,60 müNNH ergibt sich für den Beckenstandort ein Rückhaltevolumen von 69.200 m³, mit dem ein 100-jährliches Hochwasserereignis beherrschbar ist (siehe Kap. 5.4). Hierbei wird eine Fläche von rd. 35.000 m² eingestaut.

Tabelle 4: Einstauhöhen mit zugehörigem Speicher- bzw. Flächeninhalt

Einstauhöhe [müNNH]	Speicherinhalt [m³]	Flächeninhalt [m²]	Einstauhöhe [müNNH]	Speicherinhalt [m³]	Flächeninhalt [m²]	Einstauhöhe [müNNH]	Speicherinhalt [m³]	Flächeninhalt [m²]
254,80	0	0	257,40	3.570	4.130	260,00	28.490	17.130
255,00	0	40	257,60	4.450	4.730	260,20	32.080	18.750
255,20	20	130	257,80	5.470	5.390	260,40	36.010	20.720
255,40	60	260	258,00	6.620	6.140	260,60	40.400	23.090
255,60	120	410	258,20	7.920	6.880	260,80	45.250	25.370
255,80	220	600	258,40	9.370	7.670	261,00	50.540	27.450
256,00	370	850	258,60	10.990	8.540	261,20	56.250	29.740
256,20	570	1.150	258,80	12.800	9.570	261,40	62.480	32.370
256,40	830	1.510	259,00	14.820	10.610	261,60	69.200	35.060
256,60	1.170	1.930	259,20	17.050	11.740	261,80	76.420	37.210
256,80	1.610	2.430	259,40	19.520	12.930	262,00	84.080	39.380
257,00	2.150	2.970	259,60	22.230	14.190			
257,20	2.800	3.550	259,80	25.210	15.630			

5.3 Beckenabgabe

Der Beckenabfluss kann prinzipiell mit konstanter Regelabgabe $Q_{ab} = RQ = \text{konstant}$ oder einstauabhängiger Abgabe $Q_{ab} = f(h)$ erfolgen. Bei einstauabhängiger Abgabe wird auf eine Regelung während eines Hochwasserereignisses verzichtet. Der Beckenabfluss ist dann lediglich von der jeweiligen Druckhöhe des variierenden Beckeneinstaus abhängig. Allerdings ist zur Erreichung eines bestimmten Hochwasserschutzgrades im Unterlauf i.d.R. ein größeres Beckenvolumen notwendig, als bei der Regelung der Abgabe auf einen konstanten Wert.

Bei einer Regelung des Beckenabflusses auf einen konstanten Wert entstehen höhere Baukosten und im Gegenzug zu einer unregelmäßigen Abgabe, zusätzliche Betriebskosten. Darüber hinaus muss die Funktionstüchtigkeit der Regelungsmechanismen im Hochwasserfall gewährleistet sein. Dies kann insbesondere bei selten eingestauten Anlagen problematisch sein.

Da die Topografie ein ausreichendes Beckenvolumen zur Verfügung stellt und unter Berücksichtigung der Aspekte „Betriebssicherheit“ und „Investitions- bzw. Betriebskosten“, wird auf eine Regelung der Beckenabgabe verzichtet.

Um einen einstauabhängigen Füllungs- und Entleerungsprozess im Beckenraum bei Verzicht auf eine Regelung der Beckenabgabe rechnerisch berücksichtigen zu können, ist eine Kennlinie der Beckenabgabe $Q_{ab}(h)$ erforderlich. Dabei ist die Größe des Auslassquerschnittes so festzulegen, dass der im Unterlauf des Rückhalteraumes zulässige Abfluss bei Vollstau des Beckens nicht überschritten wird.

Die wasserstandsabhängige Abgabe aus dem Becken wurde auf der Basis von Spiegellinienberechnungen ermittelt, mittels derer in einem durchgehenden Rechengang die sich im Ableitungssystem des HRB einstellenden Wasserspiegel-, Druck- und Energielinienverläufe bis zum unterwasserseitig anschließenden Gerinne erfasst werden. Grundlage dieser Berechnungen ist ein Datensatz, der die Geometrien des Betriebsauslasses, der Hochwasserentlastung (HWE, hier vollständig überströmter Damm) sowie weiterer hydraulisch relevanter Bestandteile des Durchlassbauwerks (siehe Abbildung 11) beschreibt.

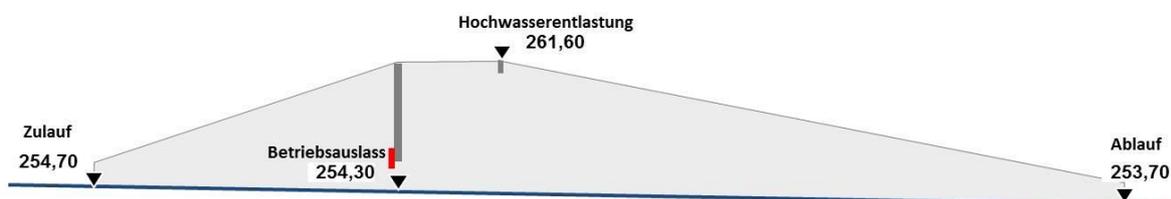


Abbildung 11: Relevante Höhenkoten des Durchlassbauwerks für die Berechnung der Beckenabgabe

Im Zuge der Berechnungen wurde für den Betriebsauslass eine rechteckförmige Öffnung mit $b \times h = 0,60 \text{ m} \times 0,58 \text{ m}$ festgelegt. Hieraus resultiert bei Volleinstau eine Drosselabgabe von $Q_{ab}(h) = 2,45 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die HWE (vollständig überströmter Damm) wurde eine wirksame Überfalllänge von 145 m angesetzt.

Die hieraus resultierenden Kennlinien Q(h) des Betriebsauslasses und der Hochwasserentlastung sind in den Abbildungen 12 und 13 dargestellt.

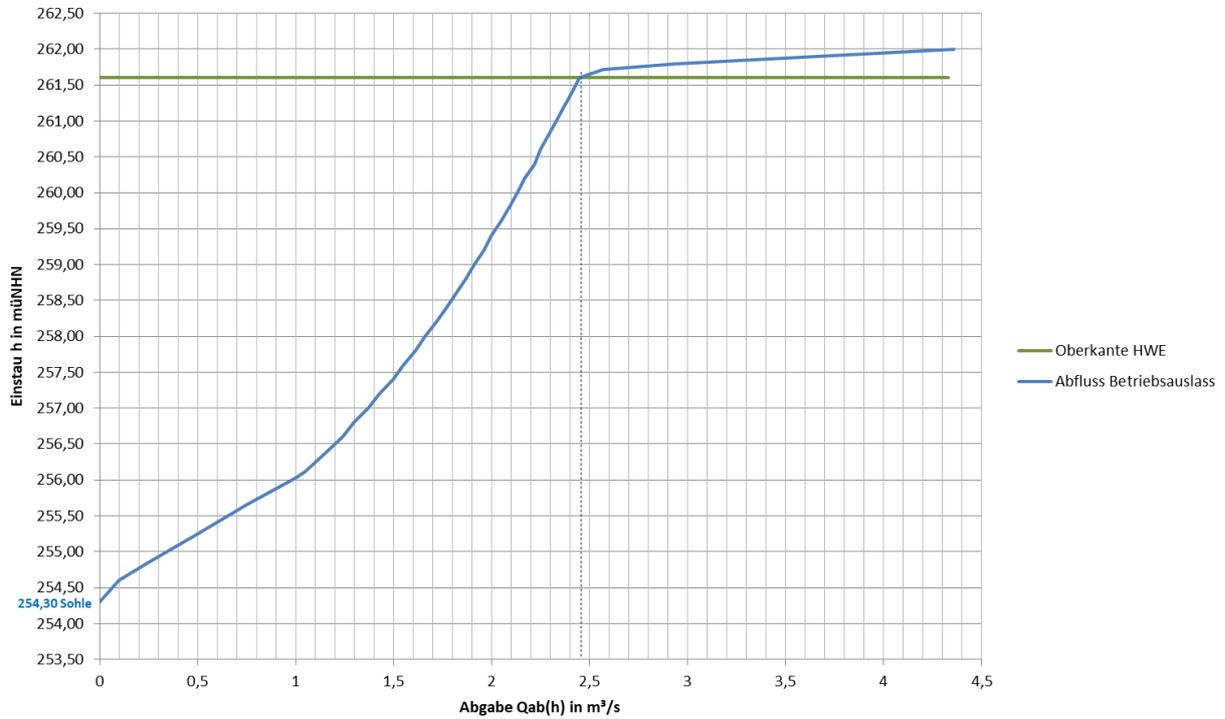


Abbildung 12: Betriebsauslasskennlinie

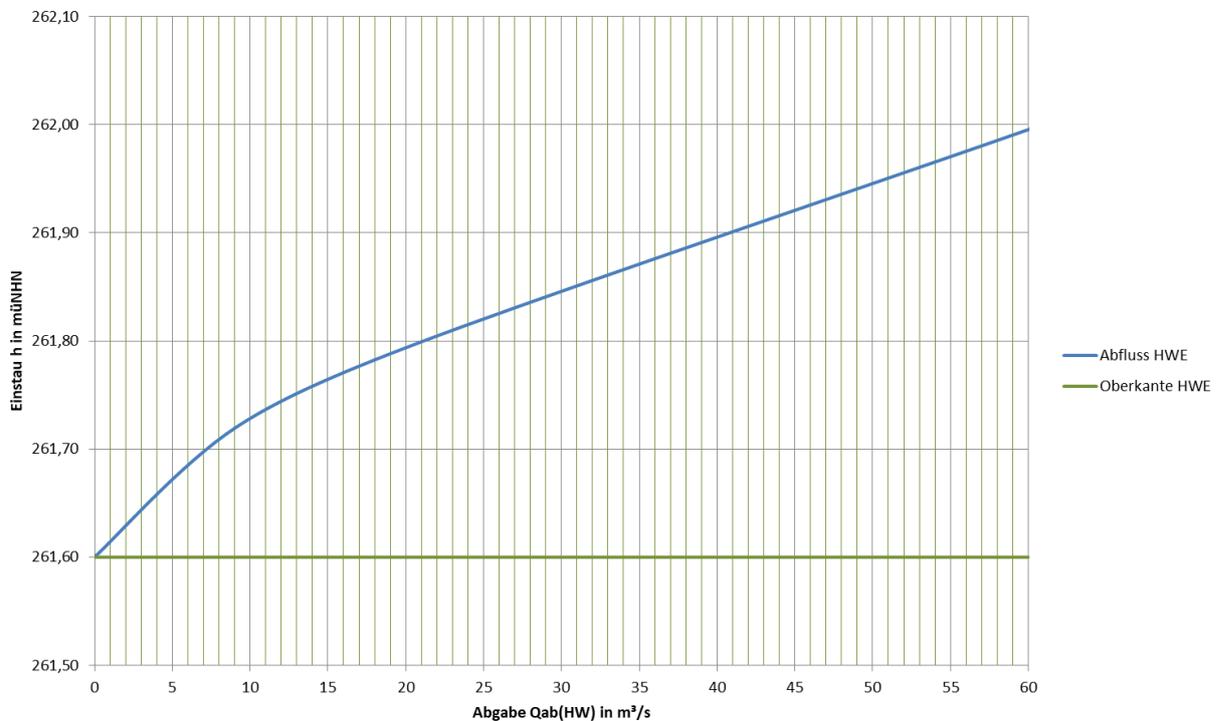


Abbildung 13: Abgabe über die Hochwasserentlastung

Das Becken wird damit wie folgt ausgelegt:

- Dammkrone $H_{DK} = 261,60$ müNHN
- Vollstau $Z_V = 261,60$ müNHN
- Zugehöriger Speicherinhalt $I_{GHR} = 69.200$ m³
- Zugehörige Vollstaupfläcche $A_{Z_V} = 35.060$ m²
- Höhe Sohle Betriebsauslass $h_{so,BA} = 254,30$ müNHN
- Öffnungsmaß Betriebsauslass $b \times h = 0,6$ m x 0,58 m
- Höhe Sohle Notauslass $h_{so,NA} = 254,80$ müNHN
- Öffnungsmaß Notauslass geschlossen
- Einstauabhängige Abgabe $Q_{ab}(h), Q_{ab}(Z_V) = 2,45$ m³/s

5.4 Vorgehensweise bei der Niederschlag-Abfluss-Modellierung

Zur Modellierung des Niederschlag-Abfluss-Geschehens wurde das in /U1/ erstellte NAM wie folgt angepasst/überarbeitet.

- Der Standort des HRB Haiger Sechshelden befindet sich innerhalb des Flächenbau- steins NHE06 (siehe Plan Nr. W-2.1). Dieser wurde unterteilt: ein Flächenelement oberhalb und ein Element unterhalb des Beckenstandorts (wodurch sich das vom HRB beherrschte Einzugsgebiet geringfügig vergrößert). Die Kenngrößen zur Beschreibung der Abflussbildung und Abflusskonzentration der beiden Teilflächen wurden aus /U1/ übernommen bzw. neu erhoben.
- Zur Abbildung der Speicherwirkung des HRB wurden die in Kap. 5.2 und 5.3 vorgestellten Speicherinhalt- und Abgabekennlinien in das Modell eingearbeitet.
- Alle weiteren in /U1/ erhobenen Flächenkenngößen (u.a. CN-Werte zur Beschreibung von Abflussbildung, orographischer Faktor zur Beschreibung der Abflusskonzentration) sowie die Kennlinien für den Wellenablauf wurden unverändert übernommen.

5.4.1 Modellanwendung

Analog zu /U1/ wurde zur Ermittlung des T_n -jährlichen Abflussgeschehens zu Beginn des jeweiligen Ereignisses vom im Gesamtgebiet vorherrschenden „mittleren Verhältnissen“ ausgegangen (wobei im Vorfeld die Abflussbereitschaft um einen CN-Wert-Punkt geringfügig verringert wurde). Da sich nicht von vornherein absehen lässt, welche Niederschlagsdauer T_N die ungünstigsten Belastungen liefert, erfolgten die Niederschlag-Abfluss-Berechnungen für das gesamte Spektrum verschiedener Dauerstufen (Dauerstufen $T_N = 15$ min, 30min, 1h, 2h,...72h) mit den entsprechenden Niederschlagshöhen gemäß KOSTRA-2010R.

Die hieraus resultierenden Maximalwerte (Scheitelwert des Beckenzuflusses, Beckenfüllen, Abfluss Betriebsauslass) sind in Tabelle 5 den Werten aus /U1/ gegenübergestellt.

Tabelle 5: Berechnungsergebnisse für $T_n = 100 a$

Maximalwerte für	KOSTRA-2000 /U1/	KOSTRA-2010R
Zufluss zum Becken (m ³ /s, auf 100 l/s gerundet)	6,6 (2h)	8,2 (2h)
Einstauvolumen (Tsd. m ³)	54,0 (12h)	68,5 (12h)
Abfluss Betriebsauslass (m ³ /s, auf 100 l/s gerundet)	2,1 (12h)	2,4 (12h)
HRB-beeinflusster Abfluss in Sechshelden (m ³ /s, auf 100 l/s gerundet)	5,3 (2h)	5,6 (2h)

Unter Beibehaltung der in /U1/ festgelegten Abflussbereitschaft im Einzugsgebiet des Hengstbachs (wie erwähnt, wurde diese im Vorfeld der hier durchgeführten Berechnungen nur geringfügig verringert) steigt der Zufluss zum Becken mit KOSTRA-2010R als Systembelastung von 6,6 m³/s auf 8,2 m³/s an. Damit führt der um 10% höhere Niederschlag (Tabelle 1) zu einer Abflusserhöhung von rd. 25%³.

Mit Blick auf die (in Klammern gesetzten) maßgebenden Dauerstufen zeigt sich, dass bei beiden Systemlastungen der maßgebende 100-jährliche Zuflussscheitel durch den 2h-Niederschlag ausgelöst wird. Abhängig von der Fülle der Zuflusswelle und der Beckenabgabe liefert der 12h-Regen das größte Einstauvolumen.

Aufgrund von Überlagerungseffekten fällt die „KOSTRA-bedingte“ Erhöhung des (HRB-beeinflussten) Abflusses innerhalb von Sechshelden vergleichsweise moderat aus (Anstieg um 6% von 5,3 m³/s auf 5,6 m³/s).

5.4.2 T_n -jährliche Abflusssituation im Becken

Neben dem 100-jährlichen Ereignis wurden die zuvor erläuterten dauerstufenübergreifenden Simulationen auch für $T_n = 2a, 5a, 10a, 20a$ und $50a$ durchgeführt. Die dabei erzielten Maximalwerte (Beckenzufluss/-abgabe, Einstauvolumen, Einstauhöhe) sind gemeinsam mit den Ergebnissen für HQ_{100} in Tabelle 6 eingetragen (die genannten 5- bis 100-jährlichen Einstauhöhen sind überdies im Plan Nr. W-3.1 eingezeichnet).

Tabelle 6: T_n -jährliche Abflusssituation im HRB

Angaben für:	Beckenzufluss/-abgabe		Kenngrößen des Einstaus	
	Q_{zu} [m ³ /s]	Q_{ab} [m ³ /s]	Volumen [m ³]	Höhe [müNHN]
$T_n = 2 a$	1,7	1,4	2.300	257,03
$T_n = 5 a$	2,8	1,8	10.000	258,47
$T_n = 10 a$	3,9	2	19.700	259,42
$T_n = 20 a$	5	2,2	30.400	260,10
$T_n = 50 a$	6,8	2,3	50.500	261,00
$T_n = 100 a$	8,2	2,4	68.530	261,58

³ Bei der einzelereignisbezogenen Abflussberechnung ist die Höhe bzw. die Fülle der ermittelten Hochwasserwelle stets das Resultat aus dem Wechselspiel zwischen der für das Untersuchungsgebiet festgelegten Abflussbereitschaft und der Höhe des betrachteten Niederschlagsereignisses. Die Frage, ob vor diesem Hintergrund die merkliche Abflusszunahme infolge KOSTRA-2010R durch eine weitergehende Anpassung der in /U1/ angesetzten Abflussbereitschaft verringert werden soll, kann aufgrund fehlender (langjähriger) Pegelmessungen nicht beantwortet werden.

Es ist ersichtlich, dass der Beckenwasserstand beim 100-jährlichen Ereignis 261,58 müNNH beträgt und damit rechnerisch 2 cm unter festgelegten Vollstau $Z_v = 261,60$ müNNH liegt.

Die sich aus den Niederschlag-Abfluss-Berechnungen ergebenden – von Jährlichkeit, Regendauer und beanspruchter Höhenlamelle abhängigen – maßgebenden Einstaudauern sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: maßgebende Einstaudauern⁴

Höhenlamelle [müNN]	Einstauvolumen [m ³]	Einstaufläche [m ²]	Einstaudauer [h] in Abhängigkeit der Jährlichkeit [a]					
			HQ100	HQ50	HQ20	HQ10	HQ5	HQ2
256,00	370	850	57	51	39	29	17	6
257,00	2.150	2.970	35	28	19	14	8	1
258,00	6.620	6.140	24	20	12	8	3	
259,00	14.820	10.610	19	13	8	3		
260,00	28.490	17.130	13	9	2			
261,00	50.540	27.450	7					
261,58	68.530	34.790	0,5					
261,60	69.200	35.060	- ^{*3}					

^{*1} 48 h-Regen maßgebend

^{*3} nur bei > HQ 100 bespannt

^{*2} 12 h-Regen maßgebend

5.5 Zukünftiger Hochwasserschutzgrad in Sechshelden

Mit Realisierung des vor beschriebenen Hochwasserrückhaltebeckens reduziert sich der Abfluss im Hengstbach oberhalb des Zuflusses des Imbachs bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis spürbar (ein Abschlag über die Hochwasserentlastung des HRB erfolgt bei diesem Lastfall gerade noch nicht). In welcher Weise sich die im Plan-Zustand erzielte Abflussreduzierung innerhalb Sechshelden auswirkt, zeigt die nachfolgende Tabelle 8.

Tabelle 8: Abflusssituation in Sechshelden HQ₁₀₀ Plan-Zustand (aktuelle Berechnung)

Gewässerstelle	Q _{voll} / U1/ [m ³ /s]	HQ _{100_PLAN} aktuell [m ³ /s]
Bornhecke 8 (km 0+512)	(5,3)	5,4
Durchlass Bahndamm (km 0+435)	> 60	5,6
Oberh. Brücke Sechshelder Straße (km 0+305)	6,9	5,6
Steg Hofstraße (km 0+142)	6,5	5,6
Durchlass Bundesstraße B277 (km 0+098)	> 50	5,6

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass Tabelle 8 den Schutzgrad in Sechshelden stromab der Bornhecke aufzeigt (oberhalb der Bornhecke treten bei HQ_{100_Plan} nicht schadbringende Überflutungen der dort gelegenen tieferen Wiesenareale auf, siehe auch Kap. 3.8).

⁴ Die maßgebenden Einstaudauern werden in den unteren Lamellen überwiegend durch den 48h- und 72h-Niederschlag, in den oberen durch den 6h- und 12h-Niederschlag ausgelöst. Der Übersicht halber wurde in Tabelle 6 auf die Darstellung der maßgebenden Dauerstufen verzichtet.

Mit Blick auf Tabelle 8 ist ersichtlich, dass der im Plan-Zustand gedrosselte 100-jährliche Abfluss stromab der Bornhecke zu keinen innerörtlichen Überflutungen mehr führt. Die erzielte Abflussdämpfung entschärft auch – in gewissem Maße – die Hochwassersituation in der weiterführenden Dill.

Überdies fällt auf, dass der in /U1/ in Höhe der Bornhecke 8 ermittelte Q_{voll} -Wert $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$ in Tabelle 8 eingeklammert ist. Wie bereits in Kap. 3.8 beschrieben, erfolgte in /U1/ die Beurteilung der bordvollen Abflüsse profilweise auf Basis von terrestrischen Vermessungen und eines (gröberen) DGM. Mittlerweile liegt für das Untersuchungsgebiet in /U12/ ein auf einer Laserscanbefliegung beruhendes hochaufgelöstes DGM (1x1m-Raster) vor, welches eine genauere Betrachtung des Abflussgeschehens erlaubt.

Der auf Grundlage dieses DGM durchgeführte Verschnitt mit den Wasserspiegellagen, die mit Hilfe des hydraulischen 1D-Modells des Hengstbachs⁵ für HQ_{100_Plan} ermittelt wurde, zeigt Abbildung 14 (links).

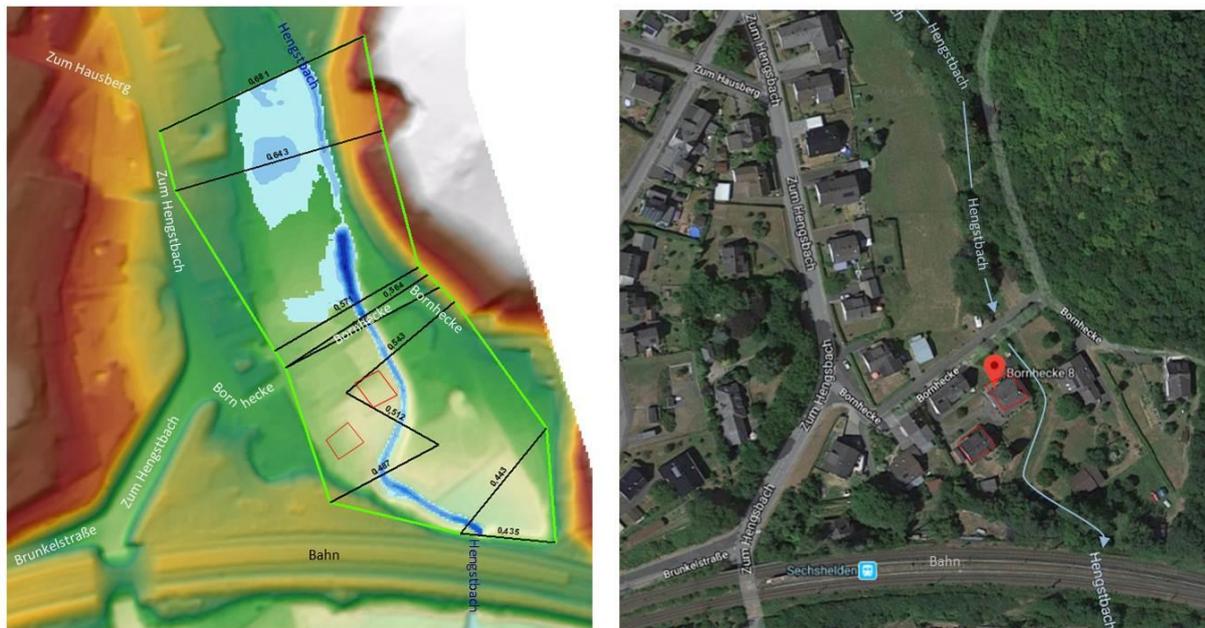


Abbildung 14: Auszug hydraulische Berechnungen Bornhecke 8

Es zeigt sich, dass HQ_{100_Plan} für die beiden Einzelanwesen unterhalb der Bornhecke (insbesondere das Wohnhaus zwischen Station 0+543 und 0+512) keine Probleme bereitet.

⁵ Das verwendete 1D-Modell des Hengstbachs stammt aus /U1/. Der entsprechende Datensatz wurde hinsichtlich der Vorländer im Umfeld der Bornhecke mit Hilfe der DGM-Daten aus /U12/ überprüft bzw. aktualisiert.

6 SICHERHEITSBEMESSUNG NACH DIN 19700 (2004)

Wie erwähnt, wird in den hier durchgeführten Berechnungen von einem **vollständig überströmbaren Dammbauwerk** ausgegangen. Die Dammkrone H_{DOK} des Bauwerks entspricht damit dem Vollstau Z_V . Ein Freibord ist bei dieser Bauweise nicht erforderlich.

6.1 Anforderungen der DIN 19700 (2004)

Für die Sicherheit der Gesamtanlage ist die Bemessung und Gestaltung der Hochwasserentlastungsanlage entscheidend. Die Sicherheitsanforderungen steigen mit zunehmender Beckengröße und Höhe des Absperrbauwerkes. Eine Einstufung der Becken wird in der DIN 19700, Teil 12 „Hochwasserrückhaltebecken“ in Abhängigkeit der Gesamtstauraumgröße V und der Höhe des Absperrbauwerkes (gemessen über dem tiefsten Punkt der Gründungssohle) vorgenommen. Hochwasserrückhaltebecken werden wie folgt klassifiziert:

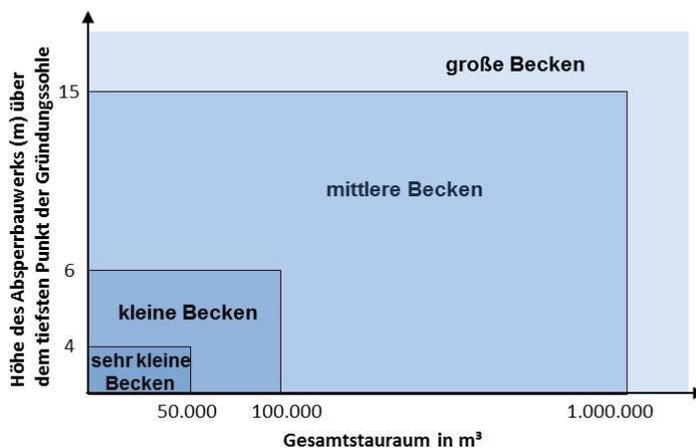


Abbildung 15: Klassifizierung von HRB nach DIN 19700 (2004)

Damit wird unterschieden in:

- sehr kleine Becken ($V < 50.000 \text{ m}^3$, $h < 4 \text{ m}$)
- kleine Becken ($50.000 \text{ m}^3 < V < 100.000 \text{ m}^3$, $4 \text{ m} < h < 6 \text{ m}$)
- mittlere Becken ($100.000 \text{ m}^3 < V < 1.000.000 \text{ m}^3$, $6 \text{ m} < h < 15 \text{ m}$)
- große Becken ($V > 1.000.000 \text{ m}^3$, $h > 15 \text{ m}$)

Mit einer Dammhöhe von 9,60 m (HWE/ Dammkrone = 261,60 müNHN abzgl. geplante Gründungssohle 252,00 müNHN) und einem Volumen von 69.200 m³ ist das HRB als „mittleres Becken“ einzustufen. Die Nachweise der Hochwassersicherheit sind damit für die Hochwasserbemessungsfälle $\text{BHQ}_1 = \text{HQ}_{500}$ und $\text{BHQ}_2 = \text{HQ}_{5000}$ zu führen (siehe Tabelle 9).

Der Hochwasserbemessungsfall BHQ_1 gilt für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage und soll für deren Überlastungssicherheit stehen. Für „mittlere Becken“ ist ein 500-jährliches Hochwasser als Belastung eines zu Beginn des Hochwasserereignisses bis zum Dauerstauziel gefüllten Beckens anzusetzen. Bei HRB ohne Dauerstau (Trockenbecken) entspricht dieser Ansatz einem bei Beginn des Hochwasserereignisses leeren Becken (Hochwasserrückhalteraum steht komplett zur Verfügung). Die Leistung des Betriebsauslasses darf unter Einhaltung der „n-1“-Regel angesetzt werden.

Der Hochwasserbemessungsfall BHQ₂ dient dem Nachweis der Anlagensicherheit bei Extremhochwasser und charakterisiert die Überflutungssicherheit des Beckens. Für „mittlere Becken“ ist ein 5.000-jährliches Hochwasser, wiederum bei Ansatz eines vollständig zur Verfügung stehenden Hochwasserrückhaltereaumes, anzusetzen. Die Leistung aller Auslässe darf berücksichtigt werden.

Tabelle 9: Bemessungsvorgaben nach DIN 19700 (2004)

Klassifizierung nach Bild 1	Jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten	
	BHQ ₁	BHQ ₂
Große Hochwasserrückhaltebecken	10 ⁻³ (T = 1000 a)	10 ⁻⁴ (T = 10000 a)
Mittlere und kleine Hochwasserrückhaltebecken	2 x 10 ⁻³ (T = 500 a)	2 x 10 ⁻⁴ (T = 5000 a)
Sehr kleine Hochwasserrückhaltebecken	5 x 10 ⁻³ (T = 200 a)	10 ⁻³ (T = 1000 a)

6.2 Bemessungsniederschläge

6.2.1 Extrapolation der KOSTRA-Niederschläge

Aufgrund der Einstufung des HRB Haiger Sechshelden als „mittleres Becken“ sind in einem ersten Schritt die 500- bzw. 5.000-jährlichen Bemessungsniederschläge festzulegen. Zur Quantifizierung dieser wurde die in Kap. 5.1 festgelegte Systembelastung nach KOSTRA-2010R gemäß Abbildung 16 extrapoliert (der Übersicht halber wurde in dieser Abbildung auf die Darstellung der Extrapolationen der langen – hinsichtlich der Beckenfülle bzw. des Abflusses aus dem HRB nicht maßgebenden – Dauerstufen 48h und 72h verzichtet).

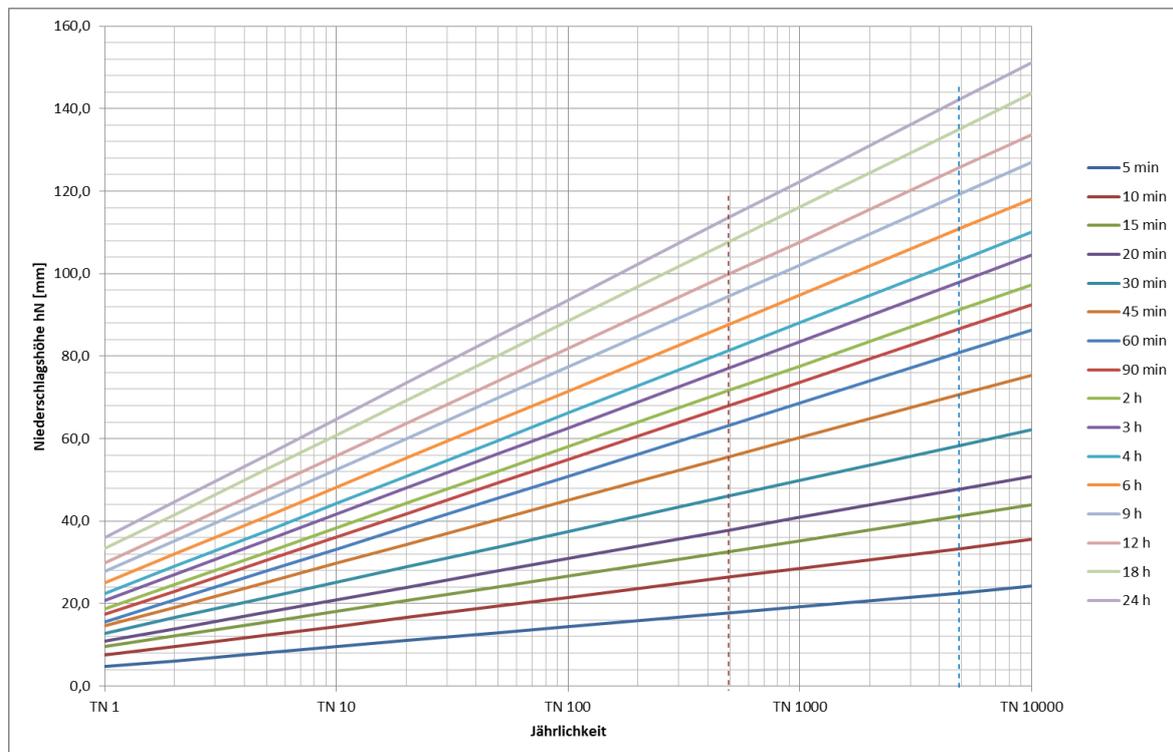


Abbildung 16: Extrapolation der KOSTRA-2010R-Niederschlagshöhen (Kachel 58/20)

6.2.2 Vergleich der Extrapolation mit PEN

Am Beispiel des 6h-Regens werden nachfolgend die im Abschlussbericht von PEN /U19/ (Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags) für die Kachel 20/58⁶ angegebenen 1.000- bzw. 10.000-jährlichen Niederschlagshöhen den hier auf Grundlage von KOSTRA-2010R extrapolierten gegenübergestellt.

Tabelle 10: Vergleich der 1.000 und 10.000-jährlichen Niederschlagshöhen (gerundet) mit /U17/

T _n [a]	T _N [h]	Wertespektrum PEN [mm]	KOSTRA-2010R Extrapolation [mm]
1.000	6	70 – 90	95
10.000	6	90 – 110	118

Die 1.000- bzw. 10.000-jährlichen Extrapolationen gemäß KOSTRA führen zu Niederschlagshöhen, die über dem oberen Wert des in /U19/ angegebenen Spektrums liegen. Dies darf aber nicht dahingehend missverstanden werden, dass mit den hier extrapolierten Niederschlagshöhen prinzipiell zu hohe Extremzuflüsse zu den HRB berechnet werden. So resultieren Hochwasser stets aus der „Abflussreaktion“ des Einzugsgebiets auf den niedergehenden Regen. Hierauf wird im Folgenden vertieft eingegangen.

6.3 Modellanwendung

6.3.1 Vorbemerkung

Im Vordergrund der anstehenden Niederschlag-Abfluss-Berechnungen stehen Ereignisse mit Wiederkehrzeiten $\gg T_n = 100$ a. Um die hieraus resultierenden extremen Abflüsse modellhaft zu erfassen, ist nicht nur ein (realitätsnaher) Extremniederschlag vorzugeben, es müssen auch die bei einem Ereignis jenseits von $T_n = 100$ a im Gebiet ablaufenden Teilprozesse Abflussbildung und Abflusskonzentration plausibel nachvollzogen werden. Gerade dabei steht man vor dem Problem, dass über das Abflussverhalten eines Gebiets bei sehr seltenen Ereignissen keine ausreichende Kenntnis vorliegt.

Zwangsläufig wirft dies die Frage auf, ob die gängigen Modellansätze geeignet sind, auch bei solchen Ereignissen die sich im Gebiet einstellenden Abflussprozesse zu erfassen. Um diesen Unwägbarkeiten Rechnung zu tragen, sollten laut /U5/ die berechneten Abflüsse den Vergleichswerten aus anderen Abschätzungen gegenübergestellt werden. Vor diesem Hintergrund werden die hier erzielten Ergebnisse überprüft, indem die sich aus den berechneten Beckenzuflüssen ergebenden HQ_x -Faktoren ($f_{500} = HQ_{500}/HQ_{100}$ bzw. $f_{5.000} = HQ_{5.000}/HQ_{100}$) verglichen werden mit den anhand von Pegeldaten im Taubergebiet abgeleiteten HQ_x -Faktoren nach Lang (/U20/). Letztere weisen eine Abhängigkeit von der Einzugsgebietsgröße A_{e0} auf und belaufen sich für A_{e0} -Werte im Bereich von 50 km² auf $f_{500} = 1,40$ und $f_{5.000} = 2,15$ (für kleinere A_{e0} -Werte sind in /U20/ keine HQ_x -Faktoren angegeben).

Überdies erfolgt ein Vergleich mit den HQ_x -Faktoren, die für den Dill-Pegel Haiger ($A_{e0} = 63$ km²) nach dem Verfahren von Kleeberg-Schumann /U21/ anhand der Werte für MHQ und

⁶ Vergleich Lage Kachel 20/58 KOSTRA 2000 mit KOSTRA 2010R in Kapitel 3.6.

HQ₁₀₀ (die entsprechenden Angaben wurden /U22/ und /U23/ entnommen) zu $f_{500} = 1,42$ und $f_{5.000} = 2,03$ berechnet wurden. Damit sind die HQ_x-Faktoren aus /U18/ und /U19/ mit 1,40 bzw. 1,42 für f_{500} nahezu identisch. Für $f_{5.000}$ bewegen sie sich zwischen 2,03 und 2,15.

6.3.2 Betrieb des HRB während des Hochwasserereignisses

Es sei daran erinnert, dass laut DIN 19700 im Hochwasserbemessungsfall BHQ₁ grundsätzlich die „n-1-Regel“ einzuhalten ist (d.h. dass bei beweglichen Verschlüssen der leistungsfähigste Betriebsauslass nicht berücksichtigt werden darf), während im Hochwasserbemessungsfall BHQ₂ **alle** Auslässe der Rückhaltung als geöffnet angesehen werden können.

Im Zusammenhang mit der bei BHQ₂ ausdrücklich gestatteten Berücksichtigung aller Auslässe eines Beckens sei an dieser Stelle bemerkt:

- Angesichts eines aufkommenden Hochwassers wird man in der Praxis eher davon ausgehen, dass sich dieses zu einem „normalen“ (also im Erfahrungsschatz liegenden) Ereignis entwickeln wird (und nicht zu einem (mehr)tausendjährigen Ereignis).
- Damit ist es sehr wahrscheinlich, dass das HRB auch bei einem extremen Ereignis zunächst „normal“ betrieben wird. Mit anderen Worten: insbesondere beim Anlauf eines Extremereignisses dürfte am HRB „nur“ der für den Regelbetrieb vorgesehene Auslass geöffnet sein.

Um diesen Aspekten Rechnung zu tragen, wird für das HRB Haiger Sechshelden „ereignisübergreifend“ nur **ein** Auslass mit der in Abbildung 12 dargestellten Abgabekennlinie Q(h) vorausgesetzt.

6.3.3 Ergebnisse

Die unter diesen Vorgaben mit dem NAM aus Kap. 5 und den extrapolierten KOSTRA-2010R-Niederschlägen aus Kap. 6.2.1 als Systembelastung durchgeführten Niederschlag-Abfluss-Simulationen haben zum Ergebnis (Tabelle 11):

Tabelle 11: Berechnungsergebnisse für $T_n = 500$ a und 5.000 a

Maximalwerte für:	BHQ ₁ (HQ ₅₀₀)	BHQ ₂ (HQ _{5.000})
Beckenzufluss (m ³ /s)*	11,7 (2h)	17,9 (2h)
Einstauvolumen V (Tsd. m ³)	72,1 (6h)	74,5 (4h)
Einstauhöhe Z _{H1} /Z _{H2} (müNHN)**	261,70	261,75
Abfluss HWE (m ³ /s)*	6,5	13,4

* auf 100 l/s gerundet / ** auf volle 5 cm aufgerundet

Im Zuge dieser Berechnungen wurden die Kenngrößen zur Beschreibung der Abflussbildung in Anlehnung an vergleichbaren Untersuchungen geringfügig korrigiert. Die hieraus resultierenden 500-/5.000-jährlichen Zuflüsse zum HRB Haiger Sechshelden betragen HQ₅₀₀ = 11,7 m³/s und HQ_{5.000} = 17,9 m³/s. Mit Bezug auf den HQ₁₀₀-Wert in Tabelle 6 resultieren damit HQ_x-Faktoren, die mit $f_{500} = 1,41$ und $f_{5.000} = 2,18$ innerhalb bzw. etwas oberhalb des in Kap. 6.3.1 beschriebenen Wertespektrums liegen.

Anhand der wiederum in Klammern gesetzten maßgebenden Dauerstufen ist festzustellen, dass bei BHQ₁ und BHQ₂ die maßgebenden Zuflussscheitel zum HRB durch den 2h-

Niederschlag ausgelöst werden. Das größte Einstauvolumen und damit die maximale Beaufschlagung der HWE liefert für BHQ₁ der 6h-, für BHQ₂ der 4h-Regen.

Schließlich ist mit Blick auf die maximalen Einstauhöhen festzuhalten, dass die „Hochwasserstauziele infolge BHQ₁ und BHQ₂

- Z_{H1} : 261,70 müNHN
- Z_{H2} : 261,75 müNHN

betragen. Aufgrund der hydraulischen Leistungscharakteristik der HWE (überströmbarer Damm mit einer wirksamen Überfalllänge von 145 m) unterscheiden sich die Hochwasserstauziele um lediglich (gerundet) 5 cm. Dieser geringe Unterschied führt dazu, dass sich im Beckenraum bei BHQ₁ und BHQ₂ annähernd dieselben Überflutungsflächen einstellen.

Die sich bei einem 5.000-jährlichem Ereignis (BHQ₂) auf dem Deckwerk des Damms einstellenden Fließgeschwindigkeit ergeben sich rechnerisch zu:

- $v_{\text{Böschung}} = \text{rd. } 1,0 \text{ m/s}$ (Deckwerk auf der Böschung),
- $v_{\text{BöschFuß}} = \text{rd. } 1,5 \text{ m/s}$ (Deckwerk am Böschungsfuß).

Auf die damit einhergehende Dimensionierung des Deckwerks (Steinschüttung) wird weiter unten eingegangen.

7 KONSTRUKTIVE GESTALTUNG DES BAUWERKS

7.1 Rechtliche Grundlagen und Vorgaben zum Bau einer Sperrstelle

7.1.1 Berücksichtigung ökologischer Aspekte bei der Planung

Die gesamte wasserbauliche Planung wurde maßgeblich durch die Vorgabe beeinflusst, die Durchgängigkeit des Gewässers im Dammbereich zu erhalten (z.B. EU-Wasserrahmenrichtlinie, Fischereigesetz). Somit scheidet Lösungen des Durchlasses mit geschlossenen Abflussquerschnitten (z.B. Stollen, Rohrdurchlass) aus.

Folgende Grundzüge wurden bei der Konzeption berücksichtigt:

- Erhalt der vorhandenen Wegebeziehungen (Landwirtschaft und Naherholung),
- Minimierung des Eingriffs in die Natur und Landschaft (Begrenzung der Ausgleichsforderungen),
- Erhalt der ökologischen Durchgängigkeit des Gewässers.

7.1.2 Konzipierung des Dammbauwerks nach DIN 19700

Um ein Dammbauwerk zu konzipieren gibt es prinzipiell zwei verschiedenen Möglichkeiten:

- separate Hochwasserentlastung (Schwelle bzw. teilüberströmter Damm)
- komplett überströmter Damm

Für die Sicherheit der Gesamtanlage ist die Bemessung und Gestaltung der Hochwasserentlastungsanlage entscheidend. Die Sicherheitsanforderungen steigen mit zunehmender Beckengröße und Höhe des Absperrbauwerkes (siehe Klassifizierung der HRB in Kapitel 6.1).

Bei HRB mit einer separaten Hochwasserentlastung ist gemäß DIN 19700 Teil 12 „Hochwasserrückhaltebecken, 2004“ ein Freibord ausgehend vom Wasserspiegel des maßgeblichen Bemessungslastfall (BHQ_1 bzw. BHQ_2) bis zur Dammkrone einzuhalten. Dieser Freibord setzt sich aus den Parametern Wind (Wellenaufschlag), Eis und einem Sicherheitszuschlag zusammen (siehe Abbildung 17).

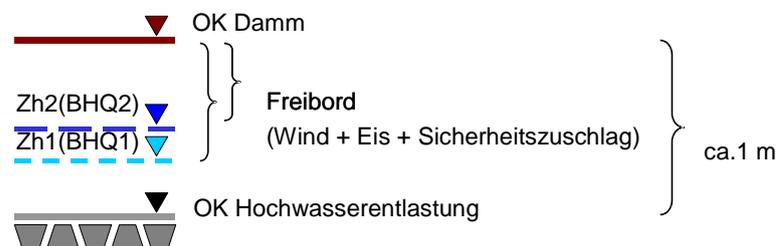
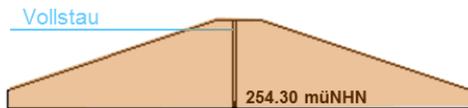


Abbildung 17: Freibordbetrachtung für HRB nach DIN 19700 (2004)

Der sich damit ergebende Abstand zwischen Hochwasserentlastung und Dammkrone ist der gesamt einzuhaltende Freibord. Für komplett überströmbare Damme entfällt dieses Freibordmaß.

In den nachfolgenden Ausführungen werden die baulichen Unterschiede eines teilweise überströmbaren und eines komplett überströmbaren Hochwasserrückhaltedammes gegenübergestellt. Grundlage bildet ein auf ein 100-jährliches Ereignis dimensioniertes HRB.

Teilweise überströmbarer Damm



Dammkrone = 262,70 müNN

Hochwasserentlastung = 261,60 müNN

Böschungsneigungen:

wasser-/luftseitig 1:3 / 1:3

Höhe Dammbauwerk = 8,40 m

Freibord: bis 1,10 m

Komplett überströmbarer Damm



Dammkrone = 261,60 müNN

Hochwasserentlastung = 261,60 müNN

Böschungsneigungen:

wasser-/luftseitig 1:3 / 1:5

Höhe Dammbauwerk = 7,30 m

Freibord: entfällt

In der nachfolgenden Abbildung zeigt sich (ohne Berücksichtigung zusätzlicher Wegeanbindungen an den Bestand) die Ausdehnung bzw. Dammaufstandsfläche des teilweise überströmbaren Dammes (DK = 262,70 müNHN, gelb) und des komplett überströmbaren Dammes (DK = 261,60 müNHN, rot).

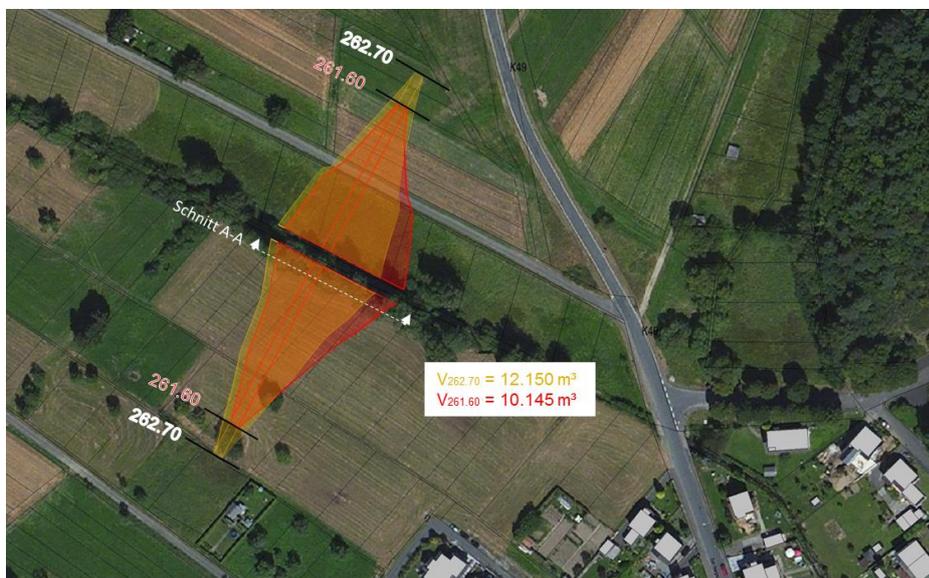


Abbildung 18: Dammaufstandsflächen teilweise (gelb) und vollständig überströmbarer Damm (rot) mit Angabe der Dammkubatur V [m^3]

Wie in der Abbildung ersichtlich, ist die flächenhafte Ausdehnung des komplett überströmbaren Dammes aufgrund der flachen luftseitigen Böschung (N 1:5) im Bereich des Gewässers/ Taltefs größer als bei der Ausbildung eines teilüberströmten Dammes (gelb). Hingegen bindet der teilweise überströmbare Damm höher und damit weiter in die Talflanken ein. Die Dammaufstandsfläche des komplett überströmbaren Dammes beträgt $A_{261,60} = 4.790 \text{ m}^2$ und die des teilweise überströmbaren Dammes $A_{262,70} = 4.850 \text{ m}^2$. Die erforderlichen Dammvolu-

mina (Verschnitt mit dem Bestandsgelände) ergeben sich zu mind. 10.145 m³ beim komplett überströmbareren Damm und zu mind. 12.150 m³ beim teilweise überströmbareren Damm. Hinzuzurechnen ist jeweils noch die Kubatur des zur Herstellung der Gründungssohle erforderlichen Aushubs bzw. Wiedereinbau.

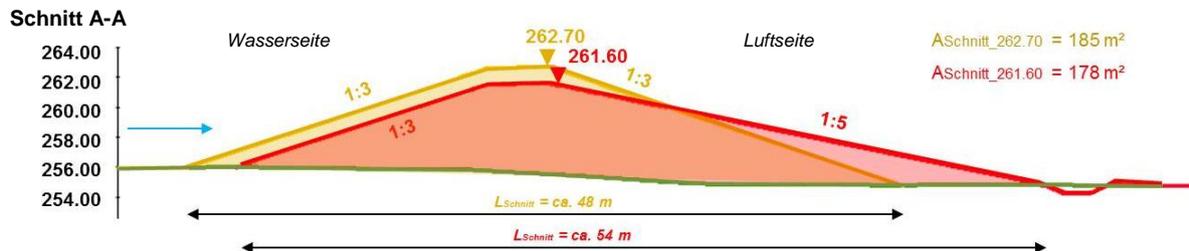


Abbildung 19: Gegenüberstellung Dammschnittdiagramme vollständig (rot)/ teilweise (gelb) überströmbarer Damm

Die Abbildung 19 verdeutlicht in etwa den maximalen Querschnitt, welcher auch für die Querschnittsflächen der zugehörigen Durchlassbauwerke überschläglich herangezogen werden kann. So ergibt sich für den komplett überströmbareren Damm (rot) eine um ca. 7 m² kleinere Querschnittsfläche als beim teilweise überströmten Damm (gelb).

Fazit:

Bei einem komplett überströmbareren Damm entspricht die Überfallschwelle der Hochwasserentlastung der Dammkrone. Ein Freibord kann daher entfallen. Der Damm wird auf der gesamten Länge überströmt, was zum Einen zu einer geringen Überfallhöhe über die Hochwasserentlastung führt, zum anderen aber eine flache Böschungsneigung von mindestens 1:5 sowie einen besonders starken Oberbau der luftseitigen Dammböschung bedingt, um Erosionserscheinungen zu verringern bzw. gänzlich zu vermeiden (/U7/). Bei einem teilweise überströmbareren Damm ist eine gezielte Steuerung des Abflussweges durch die Hochwasserentlastungsanlage (z.B. Hangseitenentlastung oder Dammscharte) möglich. Beide Böschungen (Wasser- und Luftseite) können somit mit Neigungen von 1:3 ausgeführt werden. Allerdings ist bei einem teilweise überströmbareren Damm ein Freibord einzuhalten, welches ein im vorliegenden Fall ca. 1,1 m höheres Dammbauwerk zur Folge hat.

Aufgrund der flacheren Neigung und geringeren Dammhöhe passt sich ein komplett überströmbarere Damm wesentlich besser in das Landschaftsbild ein als ein teilweise überströmbarere Damm. Bei der oben aufgeführten Konstruktion sind das benötigte Dammvolumen sowie die Querschnittsfläche (entspricht in etwa dem Querschnitt des Durchlassbauwerks) bei der Variante des komplett überströmbareren Damms etwas geringer, was zu Einsparungen auch bei den Betonkosten führt.

Da gemäß /U6/ ein HRB mit einer Dammhöhe von bis zu 10 m als komplett überströmbares Dammbauwerk ausgebildet werden kann, wurde empfohlen und mit dem Magistrat der Stadt Haiger abgestimmt, das Absperrbauwerk des HRB Haiger Sechshelden als komplett überströmbareren Damm auszubilden.

Nachfolgend wird auf die Ausführung folgender Bauteile eingegangen:

- Dammbauwerk
- Hochwasserentlastung
- Durchlassbauwerk
- Einstaubereich
- Messeinrichtungen
- ergänzende Maßnahmen

7.2 Überströmbares Dammbauwerk

Das geplante Dammbauwerk befindet sich ca. 150 m nordwestlich der bebauten Ortslage Sechshelden. Die geografischen Gegebenheiten ausnutzend, verläuft das Absperrbauwerk mit einer Länge von 152 m von der südlichen zur nördlichen Talflanke. Der verlängerte Dammkronenweg bindet im Süden an einen asphaltierten Feldweg an. Im Norden schließt der Dammkronenweg an den neuen asphaltierten Weg an (Vgl. Kap. 7.5 und 7.6).

Bei der Wahl der genauen Lage des Sperrbauwerks (Detailplanung) wurden neben den natur- und artenschutzrechtlichen Aspekten, das Verhältnis zwischen aktivierbaren Retentionsraum und der sich ergebenden Dammhöhe, sowie die Bedarfsminimierung verschiedener Grundstücke (d.h. möglichst wenige unterschiedliche Grundstücksflächen/-eigner) berücksichtigt.

Als Grundlage der nachfolgenden Ausführungen wurde der im Jahre 2004 von der Landesanstalt für Umwelt LfU (heute: LUBW) Karlsruhe herausgegebene Leitfaden „Überströmbare Dämme und Dammscharten“ herangezogen (/U6/ und Vgl. /U7/).

Die Dammkrone erhält eine Breite von $B = 4,0$ m. Abzüglich eines Banketts wasserseitig von 0,4 m und einer luftseitigen Hochwasserentlastungsschwelle mit einer Breite von 0,5 m verbleibt für den Dammkronenweg eine Breite von $B = 3,1$ m. Der Aufbau des Dammkronenweges wird entsprechend der DWA-A 904 „Richtlinien für den ländlichen Wegebau“ (/U8/) so gewählt, dass ein Befahren mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen (bis ehemals SLW 30, ohne Begegnungsverkehr) möglich ist. Die Schichtenfolge ist wie folgt geplant:

- 3 cm wassergebundene Deckschicht
- 25 cm Schottertragschicht

Zwischen der Tragschicht und der wasserseitigen Dichtung wird ein tragfähiges Mineralgemisch mit geringer Wasserundurchlässigkeit als „Unterbau“ mit einer Mächtigkeit von 70 cm vorgesehen (siehe Plan Nr. W-4.3). Ein Trennvlies/Geotextil (z.B. aus Polypropylen) zwischen Schottertragschicht und „Unterbau“ soll die Belastbarkeit der Verkehrsfläche und die Lagestabilität der Tragschicht sicherstellen.

Die Querneigung des Dammkronenweges wurde mit 2,5 % in Richtung Wasserseite gewählt, d.h. die wasserseitige Wegekante (261,50 müNHN) liegt rd. 8 cm unter der luftseitigen Wegekante (261,58 müNHN). Die Dammhöhe liegt damit rund 6 m über dem Talgrund (ca.

255,60 müNHN) bzw. 7,3 m in Bezug auf die Gewässersohle innerhalb des Durchlassbauwerks (254,30 müNHN). Der Damm ist am Anschluss an das Durchlassbauwerk 56 m breit. Die Dammaufstandsfläche ergibt sich einschließlich Durchlassbauwerk, jedoch ohne Berücksichtigung der Flutmude und der Pflegewege zu 4.790 m².

Da aus dem Einstaubereich eine Entnahme der nur gering mächtig ausgebildeten und nicht qualifizierten bindigen Böden nicht bzw. nur mit sehr aufwendigen Bodenverbesserungsmaßnahmen möglich und eine andere Materialentnahmestelle für die Dichtungsschicht im Umkreis der geplanten Maßnahme nicht eruiert werden konnte, wird auch in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit das Erdbauwerk als Zonendamm mit einer wasserseitigen Dichtungsschicht ausgebildet. Dabei erhält das Bauwerk folgende Böschungsneigungen:

- wasserseitige Böschung: N = 1:3
- luftseitige Böschung: N = 1:5

Innerhalb der wasserseitigen Böschung ist die Dichtung des Absperrbauwerks angeordnet, welche von einer Schutzschicht und Oberboden mit Rasenansaat überlagert wird. Der Aufbau der wasserseitigen Böschung gestaltet sich wie folgt:

- 25 cm Oberboden mit Rasenansaat
- 100 cm Schutzschicht (Steinerde 0/45 bis 0/56)
- 150 cm mineralische Dichtungsschicht
- Stützkörper

Gemäß den Empfehlungen der ISK Ing.Gesellschaft (Baugrundgutachter) ergeben sich folgende Anforderungen an die Dammbaumaterialien:

Stützkörper:	Steinanteil	≤ 35 %
	natürlicher Kalkgehalt	≤ 10 %
	Gehalt an organischen Stoffen	≤ 5 %
	Fließgrenze w_L	≤ 50 %
	Ausrollgrenze w_P	≤ 20 %
	Plastizität I_P	≥ 10 %
	Tongehalt	≥ 10 %
mineralische Dichtung:	Steinanteil	≤ 35 % ⁷
	natürlicher Kalkgehalt	≤ 10 %
	Gehalt an organischen Stoffen	≤ 3 %
	Fließgrenze w_L	≤ 80 %
	Ausrollgrenze w_P	≤ 20 %
	Plastizität I_P	≥ 10 %
	Tongehalt	≥ 20 %
	Durchlässigkeitsbeiwert k	≤ 10 ⁻⁷ m/s

⁷ Seitens BGS wird empfohlen, den Steinanteil auf 5% zu begrenzen.

Die mineralische Dichtung ist in den Untergrund einzubinden, um Unterläufigkeiten zu verhindern.

Der Einbau des Dammbaumaterials hat lagenweise (≤ 30 cm bei bindigen Materialien, ≤ 40 cm bei nichtbindigen Materialien) zu erfolgen, wobei der Verdichtungsgrad D_{PR} von 97 % innerhalb einer Lage nicht unterschritten werden darf (anzustreben $D_{PR} = 100\%$).

Der luftseitige Böschungsaufbau ist aufgrund der Überströmbarkeit und der damit verbundenen Schubspannungen so auszubilden, dass ein Abtrag der Dammböschung verhindert wird. Der Aufbau der luftseitigen Böschung ist von oben nach unten wie folgt vorgesehen:

- 15 cm Oberboden mit Rasenansaat
- 40 cm Steinschüttung LMB_{10/60} bzw. LMB_{40/200} am Böschungsfuß
- Filtervlies
- 40 cm Kies/Sand als Filterschicht
- Filtervlies
- Stützkörper

Nachweis der Erosionssicherheit für die Steinschüttung:

Beim Nachweis der Erosionssicherheit für die Steinschüttung wird der Auftriebssicherheitsbeiwert berechnet. Dieser muss einen Wert größer 1,0 aufweisen. Der Beiwert wird gem. /U6/ und /U7/ wie folgt berechnet:

$$\eta_A = \frac{1}{\frac{\rho_w}{\rho_s} * \left(1 + c_{fy} * \frac{\eta_{DS} * v_m^2}{2 * g * K * d_{50} * \cos \alpha} \right)} \geq 1,0$$

Die Fließgeschwindigkeiten auf dem Deckwerk ergeben sich bei einem 5.000-jährlichem Ereignis (BHQ₂) rechnerisch zu (vgl. Kap. 6.3.3):

- $v_{Böschung} =$ rd. 1,0 m/s (Deckwerk auf der Böschung),
- $v_{BöschFuß} =$ rd. 1,5 m/s (Deckwerk am Böschungsfuß).

Seitens des Unterzeichners wird empfohlen, einen Stein mit hohem spezifischen Gewicht zu verwenden. Hier kommen z.B. ein Gabbro mit einer mittleren Dichte von i.M. 2,9 g/cm³ (Vorkommen u.a. im Odenwald, Harz und Schwarzwald) oder Basalt mit einer mittleren Dichte von i.M. 3,0 g/cm³ (Vorkommen u.a. Vogelsberg, Habichtswälder Bergland) in Frage.

Mit:

- η_A Auftriebssicherheitsbeiwert [-]
- ρ_w Dichte des Wassers -> 1.000 kg/m³
- C_{fy} dynamischer Kraftbeiwert [-] (hier: $C_{fy} = 2,5$)
- K Formfaktor [-] (hier: $K = 0,4$ bis $0,6$; gewählt $0,6$)

η_{DS} Sicherheitsbeiwert Deckwerk [-] (hier: $\eta_{DS} = 1,6$)

α Neigungswinkel der luftseitigen Böschung (hier: $11,31^\circ$ bei $N = 1:5$)

und:

ρ_s Dichte der Deckwerkssteine -> 2.900 kg/m^3 (Gesteinsart: Gabbro)

d_{50} Korndurchmesser bei 50 % Siebdurchgang ($LMB_{10/60}$: $0,30 \text{ m}$)

v_m Mittlere Fließgeschwindigkeit oberhalb des Deckwerts (bei $HQ_{5.000}$: $v_{Böschung} = 1,0 \text{ m/s}$)

ergibt sich **$\eta A = 1,39 > 1,0$ (für das Deckwerk auf der Böschung).**

Für den Böschungsfuß ändern sich die folgenden Parameter:

ρ_s Dichte der Deckwerkssteine -> 2.900 kg/m^3 (Gesteinsart: Gabbro)

d_{50} Korndurchmesser bei 50 % Siebdurchgang ($LMB_{40/200}$: $0,40 \text{ m}$)

v_m Mittlere Fließgeschwindigkeit oberhalb des Deckwerts (bei $HQ_{5.000}$: $v_{BöschFuß} = 1,5 \text{ m/s}$)

Die Sicherheit ergibt sich zu: **$\eta A = 1,02 \geq 1,0$ (für das Deckwerk am Böschungsfuß).**

Wichtig ist, dass es sich hierbei um eine qualifizierte Schüttung handelt und dieser Sachverhalt auch bei der Ausschreibung als solches zu berücksichtigen ist. Die Steine müssen dicht gelagert, möglichst verzahnt und die oberste Steinlage abgezogen werden. Ein reines „Abkippen“ ist auszuschließen.

In Hinblick auf das Landschaftsbild und den ökologischen Aspekten wird das Deckwerk (Steinschüttung) mit einer mind. 15 cm starken Oberbodenschicht übererdet. Durch Ansaat des Oberbodens mittels Rasen, wird der Kornverbund gestärkt. Ein Abtrag des Oberbodens bei Überströmen der Hochwasserentlastung (hier erst bei Ereignissen mit Wiederkehrintervallen $> HQ_{100}$) kann nicht vollständig ausgeschlossen werden. Jedoch ist ein Versagen einer grasbewachsenen Oberbodenschicht in erster Linie abhängig von der Oberflächenstruktur. So weist eine dichte und geschlossene Grasnarbe einen guten Verbund auf. Weitere Faktoren sind:

- die sich einstellenden Fließgeschwindigkeiten auf der Böschung (siehe oben)
- und den daraus resultierenden Schubspannungen
- sowie die Dauer des „Angriffs“.

Da es aufgrund von witterungsbedingten und jahreszeitlichen Einflüssen (z.B. Trockenheit, langanhaltende Feuchte, Schnee, Frost) zu Schwächungen der Grasnarbe (Stärke der Durchwurzelung) und Veränderungen innerhalb des Korngefüges des Oberbodens kommen kann und damit nicht zu auszuschließen bleibt, dass es bei einem Abtrag des Oberbodens (worst-case-Szenario bei Ereignissen mindestens $> HQ_{100}$) infolge einer Überströmung der luftseitigen Böschung kommt, sind nachfolgende Punkte beim Betrieb der Anlage zu berücksichtigen:

In der Betriebsvorschrift ist aufzunehmen (und im Ernstfall auch umzusetzen), dass

- die luftseitige Böschung im Überströmungsfall durch das Betriebspersonal beobachtet wird (Anwesenheit vor Ort erforderlich)
- bei ersten Versagenserscheinungen des Oberbodengefüges die Anwohner informiert (u.a. Hinweis Verschließen von Kellern, Fenstern/Türen im Erdgeschoss, etc.) und Maßnahmen im Unterwasser (z.B. wasserdurchlässige Sperren) gegen den Weitertransport des erodierten Oberbodens in Richtung Ortschaft - sofern witterungsbedingt, technisch und personell möglich - unternommen werden.

Generell ist jedoch anzumerken, dass Niederschlagsereignisse $> HQ_{100}$ - unabhängig von den Begebenheiten am Beckenstandort - Innerorts zu Ausuferungen führen. Auch hierbei kann es zu Eintrag von Bodenmaterialien und Treibgut ins Gewässer kommen. Zudem gibt es Untersuchungen an Deichen (/U10/ und /U11/), in denen nachgewiesen konnte, dass ein guter Schutz vor Abrutschen besteht, sofern die Grasnarbe stark und dicht geschlossen ist. Zu berücksichtigen ist, dass die Böschungsneigung bei Deichen mit 1:3 auf der Landseite entgegen der hier gewählten luftseitigen Dammneigung von 1:5 wesentlich steiler ist. Sollte es tatsächlich zu einem Abrutschen der Oberbodenschicht kommen, wird diese sich zunächst in der Flutmulde sammeln und dort mit großer Wahrscheinlichkeit zum Erliegen kommen.

An die luftseitige Böschung schließt sich eine Flutmulde an, in der die Abflüsse über die Hochwasserentlastung gefasst und ins Unterwasser abgeführt werden. Die Böschungen der an der Sohle rd. 1 m breiten Flutmulde sind mit Neigungen von 1:1 bis 1:5 ausgebildet. Die Flutmulden erhalten eine Oberbodenschicht und werden eingesät, um eine Erosionsstabilität zu gewährleisten.

Die 40 cm mächtige luftseitige Filterschicht (Stützfilter), bestehend aus einem Kies-Sand-Gemisch, dient der Aufnahme des durch den Damm (bzw. durch den Stützkörper) durchsickernden Restwassers, von der Oberfläche eindringenden Niederschlagswassers und des potenziell seitlich drückenden Hangwassers, welches in einer am Fuß des Stützfilters einzubauenden Drainage DN 150 gefasst und am Auslauf des Durchlassbauwerks in den Hengstbach abgeleitet wird (Vgl. Kap. 7.7). Hierdurch wird die Aufweichung der luftseitigen Böschung vermieden. Durch die vollständige Ummantelung mit einem Geotextil (Vlies) wird die Filterstabilität gewährleistet.

Zur Verhinderung des hydraulischen Grundbruchs am luftseitigen Dammfuß werden unter der Aufstandsfläche des Stützfilters Entspannungsgruben bis etwa 2,5 m unter dem anstehenden Gelände ausgehoben und diese nach dem Einbau des Filtervlieses mit Kiessand verfüllt. Die Gruben werden in einem Achsabstand von max. 5 m und mit den Grundrissabmessungen 1 m x 2 m hergestellt. Hoch anstehendes Grundwasser kann in den Entspannungsgruben gefasst und über die Drainageleitung (DN 150, Teilsickerrohr) abgeleitet werden.

Die Darstellung der Lage des Dammbauwerks ist den Plänen Nr. W-3.1 und W-3.2 ersichtlich und die Dammquerschnitte finden sich im Plan Nr. W-4.3.

Gemäß den geotechnischen Erkundungen stehen unter Gelände bindige Böden mit einer sehr hohen Wasserempfindlichkeit an, so dass unterhalb der Dammaufstandsfläche ein Bo-

denaustausch (Annahme i.M. $d = 0,5 \text{ m}$) mit einem Mineralgemisch erforderlich wird (Vgl. Kap. 10.1.1). Selbiges gilt auch für die Gründungssohle des Durchlassbauwerks. Die endgültige Austauschtiefe kann erst bei Freilegung der Dammaufstandsfläche, d.h. während der Baumaßnahme festgelegt werden.

7.3 Hochwasserentlastung / Überfallschwelle

Auf der Luftseite des Dammkronenweges ist die Hochwasserentlastungsschwelle angeordnet. Der Überfallbereich des überströmbaren Dammbauwerks bedarf einer besonderen Sicherung, da hier ein Fließwechsel vom strömenden zum schießenden Abfluss stattfindet.

Um unerwünschten Abflusskonzentrationen infolge von Setzungen der Dammkrone zu begegnen, wird in /U6/ empfohlen, im luftseitigen Bankett des Dammkronenweges einen Betonstein anzuordnen. Der Betonstein wird in einem frostfrei gegründeten (1,2 m tiefen) Betonköcherfundament über die gesamte Dammbreite (145 m) geführt. Die Oberkante des Betonsteins liegt auf der Höhe des Vollstau niveaus (261,60 müNHN). Durch das Setzen des Betonsteins in einem aus rolligen Material bestehenden Bett, kann mit einfachen Mitteln eine nachträgliche Justierung der Überfallschwelle (Darstellung siehe Plan Nr. W-4.3) erreicht werden.

Bedingt durch eine wirksame Überfalllänge von 145 m (152 m Dammlänge abzgl. Länge Durchlassbauwerk) und einem maximalen Bemessungsabfluss $BHQ_2 = HQ_{5.000}$ von $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt sich der spezifische Abfluss q zu $0,10 \text{ m}^3/\text{sm}$ und eine Überfallhöhe an der Schwelle von max. 12 cm. Als zusätzlicher Schütz wurde die Überfallschwelle noch 1 m je Talflanke über das Schützziel (Anschlaglinie 261,60 müNHN) hinaus gezogen, um auch bei einer Überfallhöhe von 12 cm die Sicherung des Dammbauwerks in diesem Bereich zu gewährleisten (siehe hierzu Plan Nr. W-3.2).

Mit der gewählten Konstruktion kann die Ableitung der Hochwasserflüsse über die Hochwasserentlastungsanlage und das anschließende Deckwerk zügig und schadlos geschehen. Die Anlage ist hydraulisch sicher und überlastbar, d.h. auch bei Beckenabflüssen, die die Bemessungswerte überschreiten, ist das Dammbauwerk nicht gefährdet.

7.4 Durchlassbauwerk

7.4.1 Allgemein

Die Gewässerführung erfolgt durch ein 57 m langes offenes Trogbauwerk. Das lichte Innenmaß des Durchlassbauwerks von 6,0 m liegt über der Gesamtbreite des derzeit vorhandenen Gewässerprofils des Hengstbaches ($B = 2,0 \text{ bis } 3,0 \text{ m}$), d.h. die Gewässerführung erfolgt (mit Ausnahme im Bereich der Stauwand) ohne wesentliche Einschnürung. Um dem natürlichen Erscheinungsbild Rechnung zu tragen, wird der neue Gewässerverlauf innerhalb des Bauwerks leicht mäandrierend angelegt.

Durch den Gewässerlauf im Durchlassbauwerk werden sowohl

- der Niedrig- und Mittelwasserabfluss und
- die maximal zulässige Regelabgabe im Hochwasserfall

weitergeleitet.

7.4.2 Betriebs- und Notauslass

Die ankommenden Hochwasserabflüsse werden durch die in der Stauwand angeordnete Betriebsauslassöffnung gedrosselt. Auf eine Regelung der Beckenabgabe wurde aufgrund von ansonsten höheren Investitions- und Betriebskosten, insbesondere jedoch in Hinblick auf die Betriebssicherheit verzichtet.

Die Abmessung der Betriebsauslassöffnung beträgt $B \times H = 0,6 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}$ (Betonausparung). Das zugehörige Schütz wird als Vollschütz ausgeführt. Die Betriebsstellung ist auf ein Öffnungsmaß von $B = 0,6 \text{ m}$ und $H = 0,58 \text{ m}$ einzustellen, d.h. die Unterkante des Drosselschützes liegt 12 cm unter der Oberkante der Betonausparung. Die Sohle der Betriebsauslassöffnung liegt bei 254,30 müNHN.

Die zugehörige Kennlinie $Q_{ab}(h)$ der (einstauabhängigen) Beckenabgabe ist im Kapitel 5.3 aufgeführt.

Das maximal mögliche Öffnungsmaß entspricht der Betonausparung $B \times H = 0,6 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}$. Auf diese Weise besteht genügend Spielraum, um die Beckenabgabe im Zuge der Betriebserfahrungen (u.a. Probestau) zu optimieren.

Zusätzlich zum Betriebsauslass wird ein Notauslass, dessen Sohle 0,5 m über der Sohle der Betriebsauslassöffnung liegt ($Sohle_{NA} = 254,80 \text{ müNHN}$), angeordnet. Der Notauslass bleibt im normalen Betrieb geschlossen. Dieser ist nur zu öffnen, wenn der Betriebsauslass verlegt sein sollte. Das Schütz des Notauslasses wird ebenfalls als Vollschütz ausgebildet und erhält die gleichen Abmessungen wie das Hauptschütz. Die Andienung der Schütze erfolgt über die Brücke des Durchlassbauwerkes.

Beide Schütze (Betriebs- und Notauslass) werden als Gleitschütze (Material mind. V2A) vorgesehen und auf der Wasserseite der Stauwand angeordnet. Die Antriebsspindel wird innerhalb einer Flursäule geführt und ist somit vor Beschädigungen geschützt. Auf einen Elektrostellantrieb soll nach Abstimmung mit der Stadt Haiger verzichtet werden. Das Öffnen und Schließen der Schütze erfolgt über einen Vierkantschoner per Hand (Bedienschlüssel oder mobiler E-Antrieb).

Anmerkungen zur ökologischen Durchgängigkeit:

Die aquatische und amphibische Durchgängigkeit ist durch die 0,6 m breite und 0,58 m hohe Betriebsauslassöffnung gegeben. Einschränkungen ergeben sich im Bereich der Stauwand für die terrestrische Durchgängigkeit. Prinzipiell gibt es für Landlebewesen in hochwasserfreien Zeiten die Möglichkeit sich innerhalb des Bauwerks z.B. auf den Bermen aufzuhalten.

Alternativ hierzu wurde eine Variante betrachtet, mit der die terrestrische Durchgängigkeit zumindest temporär gegeben wäre.

Bei der Variante „gesteuerter Beckenbetrieb“ könnte in hochwasserfreien Zeiten der 0,5 m über der Sohle des Betriebsauslasses liegende Notauslass geöffnet werden. Damit wäre

eine terrestrische Durchwanderbarkeit über die Berme und durch die Notauslassöffnung in der Stauwand gegeben. Sobald ein Einstau im Becken erfolgt, muss der Notauslass automatisch geschlossen werden, um die vorgegebene Drosselabgabe aus dem Becken nicht zu überschreiten. Zudem sei darauf hingewiesen, dass die Sohle des Notauslasses im Bereich des Schützes glatt auszubilden ist, um die Dichtheit (Wasserundurchlässigkeit) des abgesenkten Notauslassschützes zu gewährleisten. Wie bereits in Kap. 5.3 beschrieben, sind die Investitions- und Betriebskosten für ein Absperrbauwerk mit elektronischen Regelarmaturen (für den gesteuerten Betrieb) wesentlich höher als bei einem ungesteuerten Beckenbetrieb. Zudem bedarf es eines höheren Instandhaltungs- und Wartungsaufwandes, da die Funktionalität und Gängigkeit der Steuerung und Absperrarmaturen zu jederzeit gewährleistet sein müssen. Fehlbetriebe (z.B. Notauslass trotz Einstau geöffnet) können zu Schäden an den unterhalb liegenden Bebauungen führen. Aus den genannten Gründen wird diese Variante verworfen.

Es wurde auch die Variante geprüft, ob die Herstellung einer temporären Durchwanderbarkeit über den Notauslass in hochwasserfreien Zeiten auch ohne automatische Steuer- und Regeltechnik denkbar wäre. Ein Öffnen und Schließen wäre hierbei nur von Hand möglich. Von dieser Betriebsart ist mit Blick auf die Anlagen- und Betriebssicherheit im Hochwasserfall jedoch dringend abzuraten, insbesondere da die Vorwarnzeiten (schnelle Abflussbildung im Einzugsgebiet) und die erforderlichen Reaktionszeiten zu kurz sind. Zudem bedürfte es eines ständigen Bereitschaftsdienstes. Würde der Notauslass nicht rechtzeitig verschlossen, wären die Abgabe aus dem Becken zu hoch und die Hochwassersicherheit der Ortslage Sechshelden nicht bzw. nur eingeschränkt gegeben.

7.4.3 Rechen und Geschwemmselabweiser

An der wasserseitigen Einlaufseite der Stauwand sind zwei überströmbare Rechenkörbe mit einem Stababstand von 15 cm vorgesehen (in Anlehnung an DWA M 509 (/U29/) Rechenabstand für Forellengebiete (Abstimmung am 20.08.2019 mit Naturschutzbehörde, W3.2). Etwa 15 m vor dem Einlaufbereich des Trogbauwerks stehen Geschwemmselabweiser. Der Abstand zum Durchlassbauwerk stellt sicher, dass nach einem Einstauereignis innerhalb des Bauwerks bzw. im Bereich der Stauwand angelandetes Geschwemmsel mit einem Räumgerät/-fahrzeug entfernt werden kann. Die Andienung erfolgt über die Pflegewege (Vgl. Kap. 7.6).

Bei den Geschwemmselabweisern handelt es sich um ca. 7 Eichenpfähle mit einem Durchmesser von je 30 cm. Diese sind rd. 4,5 m lang, ragen ca. 1,9 m über die Gewässersohle hinaus, sind oben abgeschrägt und werden in Stahlbetonrohren DN 500 in eine Art Köcher in ein Sand/Splitt-Gemisch gesetzt. Um eine ständige Verklauung des Geschwemmselabweisers zu vermeiden und die Einsicht in diesen zu gewährleisten, ist bis zu 10 m oberhalb des Gewässers der Uferbereich möglichst gehölzfrei zu halten. Da die Geschwemmselabweiser im Gewässer angeordnet werden, verringert sich der Abflussquerschnitt, es kommt zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten und dadurch zu möglichen Erosionen der Uferböschung. Um dies zu verhindern sind als Böschungssicherung im Bereich der Geschwemmselabweiser Wasserbausteine übererdet einzubauen (siehe Plan Nr. W-4.1).

7.4.4 Stahlbetonbauwerk

Das gesamte Durchlassbauwerk wird in Stahlbeton mit Betonstahl B500A und B500B ausgeführt. Alle Bauteile, die potentiell in Kontakt mit dem schwach angreifenden Grundwasser kommen können, werden aus Beton der Güte C35/45 hergestellt. Des Weiteren werden folgende Festlegungen getroffen:

Die Bodenplatte ist 11,0 m breit und erhält eine Stärke von 1,0 m. Um Fehler bei der Herstellung zu vermeiden, soll die Bodenplatte horizontal ohne Neigung ausgeführt werden. Aufgrund des großen Höhenunterschiedes zwischen Ein- und Auslaufsohle, erfolgt im Bereich der Stauwand ein Versprung der Bodenplatte um 60 cm in den Untergrund (siehe Plan W-4.1).

Unter der Bodenplatte ist eine Sauberkeitsschicht mit Beton der Güte C16/20 in einer Schichtstärke von 10 cm vorzusehen.

Mit der Bauwerkssohle (UK Bodenplatte 252,60 bzw. 252,00 müNHN) wird gemäß den durchgeführten Rammkernsondierungen und Schürfen (Vgl. Kap. 10.1 und Anhang G1) der angewitterte Tonschiefer (Felsersatz) erreicht. Im Bereich der Stauwand des Durchlassbauwerkes wird zur Verhinderung der Längsdurchsickerung unter der Bauwerkssohle ein ca. 40 cm breiter Betonsporn bis ca. 1,5 m unter UK Bodenplatte vorgesehen, welcher seitlich (d.h. mit Anbindung an das Dammbauwerk) jeweils 1,5 m rechts- und linksseitig vom Bauwerk geführt wird.

Als zusätzliche Aussteifung und als Sohlsicherung (siehe unten) sind innerhalb des Bauwerks auf der Bodenplatte in regelmäßigen Abständen Querriegel angeordnet. Die 50 cm breiten und 6,0 m langen Querriegel weisen in Anlehnung an das Sohlgefälle des zukünftigen Bachbettes unterschiedliche Höhen (zwischen 0,5 - 0,9 m) auf.

Die dem Erdbauwerk zugewandten (Außen-)Seiten der wasser- und luftseitigen Flügelwände des Durchlassbauwerks erhalten eine Neigung von rd. 3,5° gegen die Vertikale, um zu verhindern, dass sich zwischen Dammschüttmaterial und Betonwand aufgrund der unterschiedlichen Setzungen des Erd- und Betonbauwerks eine Fuge öffnen kann. Die Oberfläche der schrägen Außenflächen wird rau ausgebildet, auf jegliche Anstriche wird verzichtet, um Wasserwegsamkeiten entlang der Bauwerkskante zu unterbinden.

Die dem Gewässer zugewandten (Innen-)Seiten der wasser- und luftseitigen Flügelwände verlaufen vertikal (ohne Neigung). Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit wird auf eine Verkleidung der Betonflächen (z.B. mit Natursteinen) bei dem 57 m langen Bauwerk verzichtet.

Am Ein- und Auslauf weitet sich das Bauwerk auf einer Länge von je 2,0 m um 2,0 m in jede Richtung (links- und rechtsseitig) auf. Die Wände des Durchlassbauwerks werden im 45° Winkel nach Norden bzw. Süden verschwenkt und danach noch 1,5 m weiter geführt, um an die Dammböschung anzubinden.

Die Brückenplatte wird als Brückenklasse 16/16 (Gesamtlast 160 KN inkl. Schwingbeiwert) ebenfalls in Stahlbeton der Güte C35/45 ausgeführt (Vgl. Kap. 10.2). Dies bringt statische Vorteile, da das Durchlassbauwerk als Kastenprofil hergestellt werden kann. Die lichte befahrbare Breite auf dem Brückenbauwerk beträgt 4,0 m. Wasserseitig schließt die Bedienplattform - welche als Bestandteil des Brückenbauwerks zu verstehen ist - an. Die Bedien-

plattform ist durch ein Geländer mit Tür von der befahrbaren Seite abgetrennt. Im Boden werden luftseitig der Stauwand im Bereich der Schütze zwei Aussparungen, die mit Gitterrosten (schwere Ausführung) abgedeckt sind, vorgesehen. Über diese Öffnungen lassen sich im Betrieb luftseitig der Stauwand das Abflussgeschehen beobachten sowie ggf. auftretende Verlegungen erkennen. Von der Plattform sind zudem die Antriebe der Schütze (Vierkant-schoner) bedienbar.

Die Brückenplatte ist neigungstechnisch gegenläufig zum Dammbauwerk ausgerichtet, d.h. in Richtung Luftseite geneigt und liegt auf einem höheren Niveau als der Dammkronenweg (ΔH zwischen 2 - 16 cm), um eine Vorentlastung über die in der Bodenplatte des Brückenbauwerks befindlichen Gitterroste zu verhindern (siehe Plan Nr. W-3.2 und Plan Nr. W-4.1).

7.4.5 Absturzsicherung

Als Absturzsicherung sind auf den Wänden des Durchlassbauwerks Füllstabgeländer mit einer Höhe von 1,10 m und auf dem Brückenbauwerk parallel zur „Fahrbahn“ Füllstabgeländer mit einer Höhe von 1,30 m angeordnet. Somit kann der Dammkronenweg bei Bedarf auch für den Fahrradverkehr freigegeben werden. Alle Geländer werden auf die Betonwände bzw. auf die Brückenplatte aufgedübelt.

7.4.6 Bauwerks- und Gewässersohle

Innerhalb des Durchlassbauwerks wird die Ausbildung der Bauwerks- bzw. Gewässersohle wie folgt gehandhabt:

Die Zwischenräume der Querriegel werden mit Wasserbausteinen der Klasse LMB_{40/200} aufgefüllt. Über die Wasserbausteine und über die Querriegel wird ein Sohlsubstrat mit einer Stärke von mind. 20 cm zur Aufrechterhaltung der Wandermöglichkeit von Kleinstlebewesen aufgebracht (z.B. 70/150 mm) und ein Gerinne profiliert. Die Querriegel sollen ein Ausspülen der Wasserbausteine und des Sohlsubstrates verhindern. Entsprechend der Abstimmung am 20.08.2019 mit der Naturschutzbehörde sollen auch die beiden Querriegel am Ein- und Auslauf des Durchlassbauwerkes mit Sohlsubstrat überdeckt werden.

Um Schäden im Gerinne unterhalb des Betriebsauslasses (bzw. Notauslasses) zu verhindern, bedarf es einer Energieumwandlung unterhalb der Stauwand. Hierfür wird gemäß /U9/ ein löffelförmiger Kolk angeordnet.

Alternativ zum Kolk könnte ein Tosbecken in Form eines Betonbeckens mit fester Schwelle zur Ausführung kommen. Allerdings wäre damit die ökologische Durchgängigkeit nicht mehr gegeben, da es keine durchgängige Sohle mit Sohlsubstratauflage gibt (siehe Abbildung 20).

7.5 Wegeanbindung

Im Süden wird der Dammkronenweg (wassergebundene Decke) verlängert und an den vorhandenen von Nordwest nach Südost verlaufenden Feldweg angeschlossen (siehe Plan Nr. W-3.2).

Der bisher nördlich parallel zum Gewässer verlaufende, asphaltierte Feldweg wird durch das Sperrbauwerk gequert. Die Wegeverbindung soll gemäß den Anforderungen der Stadt Haiger aufrechterhalten bleiben. Zudem wurde gefordert, dass der Weg für Radfahrer befahren werden soll. Der neue Weg verläuft zukünftig entlang des wasserseitigen Böschungsfußes in nördliche Richtung, wird mit einer ausreichenden Schleppkurve (Ansatz Langholztransporter) um die Dammkrone (Anbindung Talflanke) ausgeführt und verschwenkt entlang des luftseitigen Böschungsfußes in südliche Richtung, wo dieser an den Bestandsweg angeschlossen wird. Berücksichtigt ist die große Schleppkurve auch im Bereich des Anschlusses an den Bestand auf der Wasserseite. Der neue Feldweg ist wasserseitig somit Bestandteil des nördlichen Pflegeweges (Vgl. Kap. 7.6).



Abbildung 21: Ursprünglich geplanter Verlauf



Abbildung 22: Neu geplanter Verlauf Feldweg

Es gab zunächst die Überlegung den Weg im Nordosten auf der kürzesten Strecke an die K49 anzuschließen (siehe Abbildung 21). Im August 2019 wurde seitens der Stadt Haiger jedoch entschieden, auf diese zusätzliche Anbindung an die K49 zu verzichten, da es von dieser geplanten Zufahrt entlang der K49 in Richtung Ort keine Möglichkeit für Fußgänger und Radfahrer gibt, sich sicher fortzubewegen (kein Fuß- und/oder Radweg entlang der K49).

Bei der Ausbildung des neuen Weges wurde darauf geachtet, nicht in die Mager- und Halbtrockenrasenflächen einzugreifen. Unter Berücksichtigung des geplanten Verlaufes gem. Abbildung 22 und der damit einhergehenden Längsneigung (max. 1:10) ist der Einbau einer Asphaltdecke erforderlich. Der Oberbau entspricht damit dem Aufbau des bestehenden Weges.

Der Gesamtaufbau des 4,0 m breiten (3,5 m zzgl. Bankette) Weges setzt sich wie folgt zusammen:

- 10 cm Asphalttragschicht
- 40 cm Frostschutzschicht

- Bankette, beidseitig, Breite je 0,25 m

7.6 Pflegewege

Während der Bauzeit werden an den wasser- und luftseitigen Böschungsfüßen nördlich und südlich des Gewässers 4,0 m breite Baustraßen angeordnet. Berücksichtigt dabei sind auch die temporären Gewässerüberfahrten, die vollständig zurück gebaut werden. Nach Fertigstellung des Durchlass- und Dammbauwerks werden die wasserseitigen Baustraßen in Pflegewege umgewandelt.

Die Pflegewege weisen eine Breite von 4,0 m auf und laufen zum Gewässer hin mit einem Wendehammer mit einem Radius von je 8 m aus. Die Pflegewege können unter anderem zum Entfernen von Treibgut an den Geschwemmselabweisern genutzt werden. Der nördliche Pflegeweg wird teilweise als Asphaltweg ausgeführt (Vgl. Kap. 7.5). Der südliche und der restliche Teil des nördlichen Pflegewegs sowie die beiden Wendehammer bestehen - unter Berücksichtigung der Aspekte Ökologie und Landschaftsbild - aus Schotterrasen.

Die luftseitige Baustraße wird teilweise zurückgebaut. Der nördliche Bereich wird als Bestandteil des neuen Wegekonzeptes als asphaltierter Weg umgebaut (Vgl. Kap. 7.5).

7.7 Messeinrichtungen

An der Flügelwand des Durchlassbauwerks wird im Bereich der Stauwand wasserseitig eine 7,4 m lange Pegellatte angeordnet, deren Nullpunkt der Sohle des Betriebsauslasses (254,30 müNNH) entspricht (siehe Plan Nr. W-4.1). Eine weitere Pegellatte findet sich am Auslauf (luftseitig) des Bauwerks. An den Pegellatten lassen sich die Wasserstände im Becken bzw. am Ablauf ablesen.

Um den Mindestanforderungen der DIN 19700 zu entsprechen, sind automatische Registrierpegel am HRB vorzusehen. Am HRB Haiger Sechshelden bietet sich die Installation einer Ultraschallmesssonde mit oder ohne Datenfernübertragung an. Aufgrund der Nähe zur Ortslage wird davon ausgegangen, dass die Anbindung an einen Strom- und einen Internetanschluss auch ohne hohe Investitionskosten (Kabellegung) möglich ist. Zur automatischen Messung des Beckenwasserstandes wird auf der Brückenplatte ein Kragarm aus Stahl vorgesehen, der eindrehbar ist und an dem eine Ultraschallmesssonde montiert wird, um den Wasserstand in der Gewässermitte ablesen zu können. Eine weitere Ultraschallmesssonde mit gleicher Halterung findet sich zur automatischen Messung des Ablaufwasserstandes am Bauwerk auf der Luftseite. Als redundante Messeinrichtungen werden Drucksonden vorgeschlagen. Seitens des zukünftigen Betreibers ist geplant, die Wasserstandsmessungen an die bestehende Fernwirktechnik des Abwassersystems anzuschließen, um im Einstaufall eine Alarmierungskette aktivieren zu können. Somit ist die Überwachung gewährleisten.

Zur Überprüfung von Lageverschiebungen und Setzungen/Hebungen sind an der Sperrstelle Lage- und Höhenmesspunkte vorzusehen. Diese sind in regelmäßigen Abständen auf dem Bauwerk zu verteilen (Dammkrone mind. 3 Stück, auf der Hochwasserentlastung mind. 10 Stück und dem Durchlassbauwerk mind. 3 Stück). Zwei Referenzpunkte sind außerhalb des Absperrbauwerkes und außerhalb des Beckenraumes zu realisieren.

Gemäß den Ausführungen unter Kapitel 7.2 besteht das am luftseitigen Böschungsfuß aufzubauende Drainagesystem aus Teilsickerrohren DN 150 und Messschächten (z.B. DN 1000 SB), in denen zwischen zu- und ablaufendem Drainagerohr ein Höhenversatz von ca. 30 cm vorgesehen wird. Um die Messung des Sickerwassers mittels Messbecher und Stoppuhr zu erleichtern (Unterstellen eines Messbechers) ragt das Zulaufrohr ca. 10 cm in den Schacht hinein. Die mit Rückstauklappen gesicherten Ausläufe der Drainageleitungen finden sich am Durchlassbauwerk (siehe Plan Nr. W-3.2).

Aufgrund des durchlässigen Aufbaus der luftseitigen Böschung, lässt sich nicht gänzlich verhindern, dass sich Niederschlagswasser von der Böschungsoberfläche und Interflow in den Sickerwasserleitungen sammelt, über diese ins Gewässer abgeführt werden und damit die späteren Messwtergebnisse (Durchsickerung bei Hochwasser) beeinflusst. Bei der Auswertung der Ergebnisse der Sickerwassermessungen sind daher die Wasserstandsveränderungen in den Grundwassermessstellen heranzuziehen.

Es werden insgesamt acht Grundwassermessstellen, die neben der Messung des Grundwasserstandes - je nach Einbindetiefe in den Damm bzw. den Untergrund - auch die Funktion von vertikalen Sickerwassermessstellen ausüben können (siehe oben), nördlich und südlich des Durchlassbauwerks jeweils paarweise auf der Dammkrone und innerhalb der luftseitigen Böschung installiert (siehe Plan Nr. W-3.2). Die Grundwassermessstellen bestehen aus einer Filterstrecke und einem Vollrohr mit abschließbarer Sebakappe, die Oberflur ausgebaut wird. Eine Messung der Wasserstände ist mit einem Lichtlot möglich. Der Einsatz von Datenloggern mit Fernübertragung wurde in Hinblick auf die Betriebskosten und den zugehörigen Unterhaltungsaufwand in Abstimmung mit der Stadt Haiger verworfen. Die Herstellung der Grundwassermessstellen erfolgt durch Bohrungen in den Damm. Die dabei gewonnenen Bohrprofile sollten bodenmechanisch analysiert werden (Bodenkennwerte u.a. Verdichtungsgrad, Lagerungsdichte, etc.) um die qualifizierte Herstellung des Dammes neben den baubegleitenden Untersuchungen noch einmal festzuhalten und die Bodenkennwerte für spätere Nachweisführungen (z.B. Standsicherheitsnachweise im Rahmen einer vertieften Überprüfung) heranzuziehen. Alle Ergebnisse (inkl. Schichtenverzeichnis) sind im Talsperrenbuch zu dokumentieren/ bzw. zu hinterlegen.

Alle Mess- und Kontrolleinrichtungen sind im Plan Nr. W-3.2 dargestellt. Die exakte Lage der vorgenannten Messstellen (Lage- und Höhenfestpunkte, Grundwassermessstellen, Sickerwasserschächte/ -ausläufe) ist im Zuge der Ausarbeitung der Ausführungsplanung bzw. vor Ort in Abstimmung mit der Talsperrenaufsicht und dem Betreiber festzulegen.

7.8 Einbindung in das Landschaftsbild

Der vollständig überströmbare Damm fügt sich insbesondere aufgrund der geplanten naturnahen Oberflächengestaltung (Damböschung mit Oberbodenandeckung und Grasnarbe, wasserseitige Pflegewege aus Schotterrassen, luftseitige Flutmulde mit Oberboden und Grasnarbe) sehr gut in das vorhandene Landschaftsbild ein. Auch die allgemeine „bergige“ Struktur um Sechshelden, lässt den Damm eher als natürliche Erhebung als ein künstliches Bauwerk erscheinen (siehe nachfolgende Abbildungen).



Abbildung 23: Bestand Wasserseite, Blick von West nach Ost



Abbildung 24: Planung Wasserseite, Blick von West nach Ost

Für die Gestaltung des Deckwerks der luftseitigen Böschung wurden zwei Varianten untersucht. Zum einen die Andeckung mittels Oberboden und Ansaat mit Rasen - in Anlehnung der wasserseitigen Böschungen - und zum anderen der Auftrag eines sichtbaren Steinsatzes. Durch die flache Neigung ($N = 1:5$) und der sich damit ergebenden großen Böschungsfäche, wirkt die Variante „Steinsatz“ deutlich künstlicher (Vgl. Abbildung 26 mit Abbildung 27).



*Abbildung 25:
Bestand
Blick nach Nord-
westen*



*Abbildung 26:
Planung
Luftseite mit
Oberboden und
Ansaat*



*Abbildung 27:
Variante
Luftseite mit
Steinsatz*

7.9 Ergänzende bauliche Maßnahmen

7.9.1 Geschwemmselabweiser am Imbach

Die Erfahrung zeigt, dass Hochwasserabflüsse meist Treibgut mitführen. Kritisch wird dies, wenn Brücken oder Durchlässe durch eine größere Menge von Treibgut verlegt werden (diesbezüglich sei auf die Nachrechnungen des Hochwasserereignisses vom September 2006 verwiesen). Um das Risiko einer solchen Verlegung zu verringern, sollten an geeigneten Stellen „Treibgutsperren“/ Geschwemmselabweiser eingerichtet werden.

Vor diesem Hintergrund ist darauf hinzuweisen, dass es im oben beschriebenen HRB nicht nur zu einem Rückhalt von Hochwasser sondern auch von Treibgut kommt. Nach wie vor unbeherrscht bleibt aber die Situation im Unterwasser des Beckens. Insbesondere das im Imbach mitgeführte Treibgut aus dem natürlichen Einzugsgebiet kann zu Problemen führen, weshalb in diesen Seitengraben oberhalb seiner Mündung in den Hengstbach ein Geschwemmselabweiser einzubringen ist.

Unter den Maßgaben

- gute Erreichbarkeit für Unterhaltung und Reinigung der Sperre
- ausreichender Abstand zum Einlauf des Durchlasses Imbachstraße, sowie
- Minimierung des Eingriffs

wurde die räumliche Lage des unter Plan Nr. W-3.2 dargestellten Geschwemmselabweisers festgelegt.

Der Geschwemmselabweiser besteht - analog der Treibgutsperre vor dem Durchlassbauwerk des HRBs - aus im halbkreisförmig angeordneten Eichen-/Lärchenpfählen, die mit einem Durchmesser von je 30 cm ca. 1,9 m über die Gewässersohle hinausragen, oben abgechrägt sind und in Stahlbetonrohren DN 500 in eine Art Köcher in ein Sand/Splitt-Gemisch gesetzt werden. Die SB-Rohre dienen als Köcher und ermöglichen bei Erfordernis ein Austausch der Holzpfähle. Um Erosionen der Uferböschung zu verhindern, sind (analog der Ausführung am HRB) im Bereich der Geschwemmselabweiser Wasserbausteine übererdet einzubauen.

Um das angefallene Geschwemmsel auflösen bzw. entfernen zu können, wird ein rd. 24 m langer vom vorhandenen unbefestigten Feldweg abgehender Schotterrasenweg mit einer Breite von 4 m angelegt.

7.9.2 Brücke Sechsheldener Straße

Die „neuralgische“ Gewässerstelle im Hengstbach ist die Brücke der Sechsheldener Straße, da deren Konstruktionsunterkante tief in den Fließquerschnitt hineinragt (siehe Abbildung 29). Die im Rahmen der in /U1/ durchgeführten hydraulischen Berechnungen ergaben für die Brücke die folgenden Leistungsfähigkeiten:

- Q_{voll} Konstruktionsunterkante: 4,8 m³/s
- Q_{voll} Konstruktionsoberkante: 8,3 m³/s

*Abbildungen 28: Brücke Sechsheldener Straße**Abbildung 29: tief liegende Unterkante*

Stellt man diese Angaben dem gedrosselten 100-jährlichen Abfluss in Sechshelden von $HQ_{100, \text{gedrosselt}} = 5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ gegenüber (Vgl. Kap. 5.5), wird deutlich, dass die auf die Konstruktionsoberkante bezogene Leistungsfähigkeit rechnerisch zwar bei weitem ausreicht, jedoch führt $HQ_{100, \text{gedrosselt}}$ zu einem Einstau der Brücke. Damit steigt das Risiko der Verlegung der Brücke mit Treibgut.

Selbstverständlich könnte nun dieser Einstau vermieden werden, indem die Beckenabgabe am Standort K49 verringert wird. Diesem „Vorteil“ steht aber der Nachteil gegenüber, dass das am HRB zurückzuhaltende Volumen spürbar größer wird. Würde in diesem Zusammenhang noch über einen Freibord nachgedacht werden, der in Bezug auf die Konstruktionsunterkante der Brücke eingehalten werden soll, wäre ein Becken erforderlich, in dem beim 100-jährlichen Ereignis statt 69.200 m^3 mindestens 100.000 bis 150.000 m^3 Speichervolumen bereitgestellt werden müsste.

In Anbetracht dessen, wäre eine allein dem Aspekt „Einhaltung eines bestimmten Freibords an der Brücke „Sechsheldener Straße“ geschuldete Dimensionierung des Speicherraums am Standort K49 sowohl aus wasserwirtschaftlicher Sicht als auch aus wirtschaftlicher Sicht widersinnig.

Es ist aber darüber zu befinden, ob den an der Brücke der Sechshelder Straße gegebenen hydraulischen Randbedingungen nicht durch eine entsprechende Vorsorge im Hochwasserfall begegnet werden könnte. Zum Beispiel durch den Beckenwärter, der während des Ablaufs eines Ereignisses die Brücke „im Blick“ behält. Hierfür wird empfohlen, ebenfalls eine Wasserstandsmessung am Zulauf der Brücke (z.B. Ultraschallmesssonde) zu installieren und diese in die bestehende Fernwirktechnik der Abwasserüberwachung einzubinden. Somit könnte eine Alarmmeldung für einen festgelegten Wasserstand (z.B. $3/4$ Einstau des Brückenquerschnittes) erfolgen.

7.10 Zusammenfassung der geplanten Maßnahmen

Abschließend werden die wesentlichen Eckdaten der geplanten Maßnahme tabellarisch zusammengefasst:

Tabelle 12: Datenblatt HRB Haiger Sechshelden

Datenblatt: HRB Haiger Sechshelden	
Anlagentyp	Trockenbecken
Bauart	vollständig überströmbar
Hauptzweck	Hochwasserschutz
Klassifizierung nach DIN 19700	mittleres Becken
Jährlichkeiten des BHQ1 (DIN 19700-12: 2004-07)	500 a
Jährlichkeiten des BHQ2 (DIN 19700-12: 2004-07)	5.000 a
BHQ 3	HQ ₁₀₀
Hydrologie:	
Hauptgewässer	Hengstbach
Nebengewässer	Kuhbach
Einzugsgebiet des HRB	Aeo = 6,7 km ²
HQ ₁₀₀	Q _{zu} = 8,2 m ³ /s 261,58 müNHN
BHQ1 = HQ ₅₀₀ / WSP LF 1 (ZH1)	Q _{zu} = 11,7 m ³ /s 261,70 müNHN
BHQ2 = HQ _{5.000} / WSP LF 2 (ZH2)	Q _{zu} = 17,9 m ³ /s 261,75 müNHN
BHQ3	HQ ₁₀₀
Freibord	entfällt, aufgrund der Bauart
Schutzgrad der Anlage (Anspringen der HWEA bei:)	> HQ ₁₀₀
Beckenabgabe bei Vollstau	2,45 m ³ /s
Absperrbauwerk:	
Dammart	Zonendamm
Dammvolumen	10.145 m ³
Dammkronenbreite	4,0 m
Dammkronenweg	B = 3,1 m
	wassergebundene Decke
Dammlänge (inkl. Durchlassbauwerk)	152 m
Dammfußbreite max.	57 m
Böschungsneigung, wasserseitig	1:3
Böschungsneigung, luftseitig	1:5
Höhe Dammkrone Z _k	261,60 müNHN
Durchlassbauwerk	offenes Stb.-Trogbauwerk mit Stauwand
Lichte Breite / Länge	6 m / 57 m
Sohle Zulauf	254,70 müNHN
Sohle Betriebsauslassöffnung	254,30 müNHN
Sohle Auslauf	253,70 müNHN
Höhe Absperrbauwerk über Sohle Betriebsauslass	7,3 m

<u>Bewirtschaftungsdaten:</u>	
Höhe Vollstau Z_v	261,60 müNHN
Gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum I_{GHR}	69.200 m ³
Außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum I_{AHR1}	rd. 3.600 m ³
Außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum I_{AHR2}	rd. 5.400 m ³
Gesamtstauraum bei Kronenstau	69.200 m ³
Fläche bei Vollstau	rd. 35.000 m ²
Fläche bei Kronenstau	rd. 35.000 m ²
<u>Betriebseinrichtungen:</u>	
Betriebsauslass - mit Rechteckschütz	in 40 cm starker Stauwand
lichte Öffnung (Betonöffnung) B x H	60 x 70 cm
festes Öffnungsmaß Schütz B x H	60 x 58 cm
Sohle Betriebsauslassöffnung	254,30 müNHN
Notauslass - mit Rechteckschütz	
lichte Öffnung (Betonöffnung) B x H	60 x 70 cm
Öffnungsmaß	geschlossen
Sohle Notauslassöffnung	254,80 müNHN
Abgabe aus dem HRB	
über	Betriebsauslass
Regelung	ungesteuert, wasserstandsabhängige Abgabe
Hochwasserentlastung	
Art	Betonschwelle in Köcherfundament auf der Dammkrone
Länge (abflusswirksam bis WSP = 261,67 müNHN)	145 m
Länge (abflusswirksam über WSP = 261,67 müNHN)	152 m
zusätzlich Überströmung des Durchlassbauwerks	
<u>Messeinrichtungen:</u>	
Offizieller Pegel im Ober-/Unterwasser (HLNUG)	Nein
Beckenwasserstandsmessung	Ja
Wasserstandsmessung am Ablauf	Ja
Sickerwassermessstellen	Ja
Grundwassermessstellen	Ja
Lage- und Höhenfestpunkte	Ja

Tabelle 13: Datenblatt Maßnahme am Imbach

Datenblatt: Maßnahme am Imbach	
Lage	Imbach oberhalb Zulauf zum Hengstbach
Hauptaufgabe	Rückhalt von Geschwemmse
Geschwemmselabweiser	in Eichen-/Lärchenstämme in Rohrfundamenten, halbkreisförmig angeordnet
Schotterweg	Andienung der Geschwemmselabweiser

8 UNTERHALTUNGSMASSNAHMEN

8.1 Freihaltung des Gewässers und der bei Hochwasser aktivierten Vorländer

Neben dem Rückhalt von Treibgut ist auch dafür Sorge zu tragen, dem Hochwasserabfluss kein Treibgut „anzubieten“. Hierzu gehört zum Einen die Freihaltung des Hengstbachs durch eine entsprechende Unterhaltung und zum anderen die Einrichtung eines gewässerbegleitenden Streifens (Gewässerrandstreifen), in dem u.a. folgende Gegenstände weder gelagert, abgestellt oder errichtet werden dürfen:

- Material (Holzstämme, gefüllte Säcke, Heu-/Strohballen, Schnittgut etc.)
- Leichte Bauten, die durch Wasserdruck weggeschwemmt werden könnten (Garagen, Unterstände, etc.)
- Fahrzeuge



Abbildungen 30 und 31: Beispiele für Material oder leichte Bauten, die – sofern sie sich im Überschwemmungsgebiet befinden – leicht weggeschwemmt werden können

8.2 Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten

Gemäß DIN 19700 Teil 12 ist für das HRB Haiger Sechshelden eine Betriebsvorschrift einschließlich Betriebsplan sowie Wartungs- und Instandhaltungsanweisungen aller Anlagenteile (inkl. Mess- und Betriebseinrichtungen) aufzustellen. Die darin enthaltenen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten sind umzusetzen und zu dokumentieren.

Die Geschwemmselabweiser am HRB und am Imbach sind in regelmäßigen Abständen und bei Bedarf bzw. Erfordernis (z.B. nach einem Einstauereignis) zu reinigen. Selbiges gilt für den Rechen im Durchlassbauwerk. Da die Betriebsauslassöffnung relativ klein ist, bedarf es an dieser Stelle besonderer Sorgfalt. Der Gewässerquerschnitt muss stets frei gehalten werden.

Es ist darauf zu achten, dass die Schütze und die Messeinrichtungen stets voll funktionstüchtig sind, um den Betrieb und die Überwachung der Anlage zu jeder Zeit gewährleisten zu können.

8.3 Landschaftspflegerische Maßnahmen

8.3.1 Allgemein

Die Dammböschungen sind mindestens 2 x jährlich zu mähen. Es ist darauf zu achten, dass die Grasnarbe dicht und geschlossen ist. Dies gilt insbesondere auch für die mit Magerrasen ausgebildete luftseitige Böschung.

Vom Dammfuß in Richtung Wasser- bzw. Luftseite ist ein 10 m breiter Streifen frei von aufkommendem Gehölzbewuchs zu halten. Sofern die Flächen verpachtet werden, sollte dieser Schutzbereich nicht beackert werden. Auch der Bereich unmittelbar vor den Geschwemmselabweisern (Hengstbach und Imbach) ist möglichst Gehölzfrei zu halten, um die Reinigungsmöglichkeit zu gewährleisten.

8.3.2 Nach einem Einstau

Falls erforderlich, sind nach einem Einstau des HRB Schlammauflagen, Treibgut, Müll und ähnliches aus dem Beckenraum zu entfernen (siehe hierzu auch Maßnahmen V7_{FFH} im Anhang N1.3-1).

Geplant ist, sukzessiv standortfremde Baumarten zu entfernen. Sofern es nach einem Hochwasser zu einem Ausfall von Gehölzen kommt, sind standortfremde Baumarten nicht wieder aufzuforsten. Vielmehr ist das Setzen von Heister vorgesehen (siehe hierzu auch Maßnahmen V6_{FFH} im Anhang N1.3-1).

Die Dammböschungen sind auf Risse, Setzungen, Verschiebungen und/oder Veränderungen zu kontrollieren.

Sollte sich Treibgut in den Geschwemmselabweisern am HRB und/ oder am Imbach befinden, ist dieses zu entfernen. Selbiges gilt für Treibgut und Geschwemmsel vor dem Rechen im Durchlassbauwerk des HRB (Vgl. Kap. 8.3.1).

Bei übermäßigem Austrag von Sohlsubstrat im Kolk, ist in Abhängigkeit des Schädigungsgrades darüber zu befinden, ob ein Einbringen neuen Sohlsubstrates erforderlich wird. Hierbei kann sich an folgende Handlungshilfen orientiert werden:

- Wasserbausteine liegen ohne Substrat flächig frei und es ist nicht zu erwarten, dass Sediment aus dem Oberwasser den Kolk wieder auffüllt
-> Sohlsubstrat händisch einbauen
- Wasserbausteine liegen ohne Substrat vereinzelt frei
-> ca. 1 Monat beobachten; Wenn klar wird, dass kein natürlicher Eintrag mehr zu erwarten ist, dann Sohlsubstrat händisch einbauen.
- Wasserbausteine liegen nicht frei -> natürliche Auffüllung abwarten

9 WASSERBAULICHE AUSGLEICHSMASSNAHMEN

9.1 Vorbemerkung

Vorgreifend auf Kap. 9.3 und den Anhang N1.3-1 sei bereits an dieser Stelle auf die wasserbaulichen Ausgleichsmaßnahmen im Untersuchungsgebiet hingewiesen. Hierbei handelt es sich um:

- Sohlanhebung im Unterwasser des Wegedurchlasses H4 (Maßnahmen V5_{FFH} gem. Anhang N)
- Austausch des Wegedurchlass H3 (Maßnahme V5_{FFH} gem. Anhang N)
- Anlage eines Kleinstgewässers im Hengstbach innerhalb des Einstaubereichs (Maßnahme A6 gem. Anhang N)

Die wasserbaulichen Ausgleichsmaßnahmen werden nachfolgend näher beschrieben. Eine Übersicht über die Lage der Maßnahmen findet sich im Plan W-1.2.

9.2 Grundlage betrachtete Durchlässe

Neben der Entwicklung extensiver Wiesen durch Umwandlung von Ackerland (Vgl. Kap. 10.3 und Anhang N) soll die Durchwanderbarkeit für Fische (hier insbesondere die Groppe) erhöht werden. In einem Gutachten aus dem Jahre 2012 (siehe /U25/, das Gutachten liegt als Anhang N5 bei) wurden die Wanderhindernisse im Hengstbach beschrieben. Am 20.08.2019 fand zusammen mit dem Büro Simon & Widdig GbR ein Termin in der Örtlichkeit statt (siehe Anhang W3.3), um zu prüfen, an welchen Wegedurchlässen des Hengstbaches im Oberwasser des Absperrbauwerks Maßnahmen ergriffen werden können, um die Durchwanderbarkeit für die Groppe (sinnvoll) zu erhöhen. Die Hindernisse und Wegedurchlässe wurden in /U25/ mit H1 - H7 gekennzeichnet.

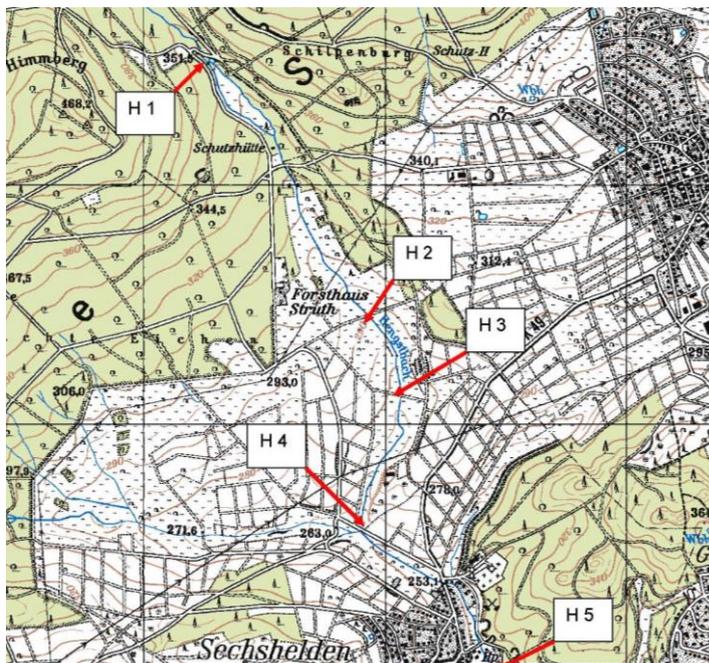


Abbildung 33: Wegedurchlässe gem. /U25/

Während der Begehung am 20.08.2019 wurde sich auf die Durchlässe H2 - H4 beschränkt, da H1 im Quellgebiet des Hengstbaches liegt und sich die Durchlässe H5 - H7 innerhalb der Ortslage befinden. Das Ergebnis der Begehung (Protokoll) liegt als Anhang W3.3 bei.

9.3 Austausch Wegedurchlass H3

Der im Oberlauf von Nord nach Süd fließende Hengstbach wird auf dem Flurstück 340 von einem Feldweg gequert. In diesem Bereich verläuft der Hengstbach durch einen Rohrdurchlass DN 800 aus Stahlbeton. Der im Bestand sehr glatte und damit für die Durchwanderbarkeit nur bedingt geeignete 5,25 m lange Wegedurchlass weist am Ablauf einen Sohlsturz auf. Hier hat sich ein Kolk ausgebildet. In Fließrichtung rechts ist die auslaufseitige Böschung mit Wasserbausteinen gesichert. Die linksseitige Böschungssicherung ergibt sich durch den dortigen hölzernen Bewuchs.



Abbildung 34: Einlauf DN 800



Abbildung 35: Auslauf DN 800, FR links Bewuchs



Abbildung 36: Vorhandener Weg



Abbildung 37: Kolk am Auslauf

In Abstimmung mit dem begleitenden Ökologen, wird der vorhandene Durchlass abgebrochen und durch ein 5,0 m langes Rechteckrahmenprofil mit der Nennweite 1000 x 1000 ersetzt. Das vorhandene Sohlgefälle wird dabei nicht verändert. Vielmehr wird der Kolk mit bindigem Material verfüllt und die neue Gewässersohle mit einer Sohlsubstratauflage versehen.

Um ein Ausschwemmen des Sohlsubstrats aus dem neuen Wegedurchlass zu verhindern, sind innerhalb des Rechteckrahmenprofils insgesamt drei Sohlwellen $B \times H \times L = 0,25 \times 0,25 \times 0,60$ m versetzt anzuordnen. Der Zwischenraum wird mit Sohlsubstrat verfüllt. Die Mindestüberdeckung mit Sohlsubstrat über den Sohlwellen beträgt 5 cm. Der neue lichte Abflussquerschnitt beträgt am Einlauf ca. $B/H = 1,0$ m x 0,62 m und ist gegenüber dem vorhandenen (DN 800) etwas größer (Vgl. Pläne Nr. W-5.1 und W-5.2).

Aufgrund der geringen Überdeckung des Rohres (OK Rohr bis GOK Weg) ist das Rechteckrahmenprofil als überfahrbares Stahlbetonfertigteile auszuführen.

Nach Abtrag der Oberfläche und Aushub der Baugrube ist der bestehende Durchlass DN 800 abzurechnen. Alle anfallenden Materialien sind nach Oberboden, Schotter, Bodenaushub und Abbruchmaterial zu separieren. Es wird davon ausgegangen, dass der Schotter zum Wegebau und der vorhandene Oberboden zur Andeckung der Böschungen wieder verwendbar ist. Ferner wird davon ausgegangen, dass der Bodenaushub ebenso zum Wiedereinbau geeignet ist und auf Liefermaterial verzichtet werden kann. Überschüssiger Boden ist abzufahren.

Der aus 4 Segmenten bestehende Rechteckdurchlass wird auf eine 10 cm starke Sauberkeitsschicht (C16/20) mit einer Auflage von 4 cm Edelsplitt gegründet. Sofern erforderlich ist ein Bodenaustausch auf der Gründungssohle (z.B. mittels Grobschlag) vorzusehen. Die Baugrube ist mit dem vorhandenen Material zu verfüllen.

Die Gewässerumleitung während des Abbruchs und des Einbaus des Durchlasses H3 erfolgt über ein in der Baugrube zu verlegendes Rohr (z.B. DN 500). Ungeachtet dessen, sollten die Arbeiten bei Trockenwetter ausgeführt werden.

Um die Planunterlagen für diesen Durchlass erstellen zu können, wurde der Bereich um den Wegedurchlass einschließlich des Zu- und Ablaufgerinnes des Hengstbaches am 18.09.2019 seitens des unterzeichnenden Büros vermessen.

9.4 Sohlhebung Auslauf Durchlass H4

Der Durchlass H4 befindet sich im Bereich der Stauwurzel des HRB Haiger Sechshelden auf den Flurstücken 307 und 441. Das Gerinne unterhalb der Auslaufseite ist geprägt durch einen engen Querschnitt, der durch Baumwurzeln verursacht wird. Zudem gibt es einige Sohl-schwellen, die nach Aussage des Ökologen (siehe Anhang W3.3) die Durchwanderbarkeit der Groppe behindern.



Abbildung 38: Auslaufseite H4



Abbildung 39: Enger Querschnitt unterhalb

Um das Sohlgefälle für die Groppe passierbarer zu machen, bedarf es der stellenweise Anhebung der Sohle auf einer Länge von etwa 4 m. Auf einer maximalen Gewässerbreite von ca. 1,0 m wird das vorhandene Substrat vorsichtig abgetragen, seitlich gelagert und der Bereich mit einer bis zu 25 cm bindigen Schicht (Schluff/Sand) aufgefüllt. Würde die Sohlhebung mittels rolligen (durchlässigem) Material erfolgen, so würde das Gewässer durch diese

durchlässige Schicht im Untergrund verlaufen. Dies wird durch das Einbringen von bindigem Material verhindert. Im Nachgang wird das vorhandene Sohlsubstrat wieder aufgebracht und der Gewässerlauf bleibt an der Oberfläche sichtbar.

Eine detaillierte wasserbauliche Planung ist für diese Maßnahme nicht möglich, da bis zur Umsetzung davon ausgegangen werden muss, dass sich das Material innerhalb des Gewässers noch einmal ganz natürlich verschiebt. Der generelle Ablauf der Maßnahme wird nachfolgend dargestellt:

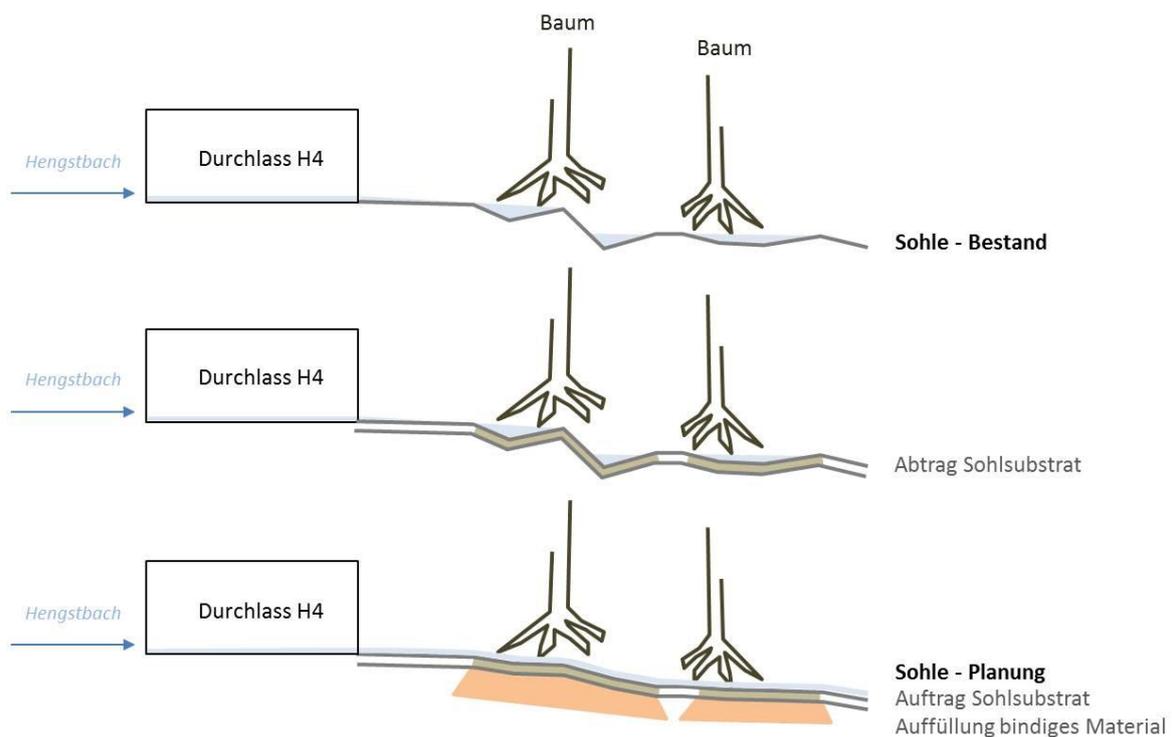


Abbildung 40: Skizzenhafte Darstellung Sohlhebung unterhalb des Durchlasses H4

Die Sohlanpassung hat nach Anordnung durch die ökologische Baubegleitung, in Abhängigkeit des Zustandes während der Bauzeit zu erfolgen. Alle Arbeiten sind mit besonderer Sorgfalt und mittels Handarbeit (bzw. Einsatz von Kleinstgeräten) durchzuführen. Der Baumbestand (hier insbesondere das Wurzelwerk) darf nicht beschädigt werden.

9.5 Anlage eines Kleinstgewässers

Im Einstaubereich des HRB Haiger Sechshelden ist abgehend vom Hengstbach ein Kleinstgewässer von ca. 1,5 m Durchmesser anzulegen. Im Lageplan Plan Nr. W-2.1 ist die Lage der Maßnahme nur angedeutet. Die genaue Festlegung der Lage dieser Ausgleichsmaßnahme ist vor Ort mit der ökologischen Baubegleitung, unter Berücksichtigung der örtlichen Strukturen und Baumstandorte festzulegen.

Generell wurde seitens des begleitenden Naturschutzfachplaners (Modus Consult GmbH) festgelegt, dass das Kleinstgewässer:

- außerhalb des Einstaubereichs eines 5-jährlichen Hochwasserereignisses (und kleiner HQ₅) und unterhalb der Einmündung des Kuhbachs liegt und, dass
- kein Erlen-Esche-Auwald (LRT91EO*) und keine Flachland-Mähwiese (LRT6510) in Anspruch genommen werden.

Bei der Herstellung wird der vorhandene Oberboden abgetragen und das Gelände leicht (bis max. ca. 0,6 m unter GOK) ausgehoben. Aufgrund der geringen Größe, kann das Material im Baufeld verbleiben. Die Arbeiten sind mit Hand und/oder Einsatz von Kleinstgeräten auszuführen, um die Flurschäden zu minimieren. Eine Baustraße hierfür ist aufgrund der nicht gegebenen Verhältnismäßigkeit zur Maßnahme nicht vorgesehen. Wie dieses Kleinstgewässer aussehen kann, zeigt Abbildung 41 exemplarisch.



Abbildung 41: Beispiel zur Gestaltung eines Kleinstgewässers

10 ZUSAMMENFASSUNG DER FACHPLANUNGSERGEBNISSE

10.1 Gutachterliche Stellungnahme zu Baugrund und Gründung

Im Rahmen der Aufstellung der Entwurfs- und Genehmigungsplanung erfolgten seitens der ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik GmbH, Rodgau (im Weiteren ISK) folgende Untersuchungen:

- Auswertung geologischer Karten auch in Hinblick auf mögliche Entnahmemöglichkeiten für das Dammbaumaterial
- Feldarbeiten (Rammsondierungen und Baggerschürfe)
- bodenmechanische und chemische Laborversuche
- Empfehlungen zu Einbaumaterialien, Baugrube und Gründung
- Überprüfung der Standsicherheit

Der geotechnische Fachbeitrag der ISK ist als Anhang G1 beigefügt und wird nachfolgend zusammenfassend wiedergegeben.

10.1.1 Vorhandener Untergrund

Zur Erkundung des Untergrundes im Bereich der geplanten Sperrstelle wurden seitens der ISK vier Kleinrammbohrungen (RKS) bis maximal 2,6 m unter Geländeoberkante (GOK) sowie eine schwere Rammsondierung bis 2,5 m unter GOK abgeteuft. Zusätzlich sind vier Baggerschürfe bis maximal 3,2 m unter GOK angelegt worden.

Folgende Schichthorizonte wurden angetroffen:

- Anthropogen beeinflusste Böden (u.a. stark schluffiger, sandiger Kies und umlagertes Bodenmaterial in Form von sandigem bis stark sandigem, schwach tonigem Schluff)
- Quartäre Decklehme (Auelehme im Bachlauf und Solifluktionsschutt in der südlichen Talflanke)
- Wissenbacher Schiefer (entfestigtes bis zersetztes Felsmaterial; überwiegend steiniger, sandiger örtlich schwach schluffiger Kies mit braungrauer bis grauer Färbung)

An den Entnahmen aus den Rammkernsondierungen und Baggerschürfen wurden bodenmechanische und chemische Laborversuche durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse (u.a. Schichtenverzeichnisse, Sieblinien, etc.) liegen dem Anhang G1 bei. Eine Einteilung in Homogenbereiche liegt vor.

Die vorgefundenen bindigen Böden (hier Schluffe) weisen eine sehr hohe Wasserempfindlichkeit auf, so dass bei kleinsten Erhöhungen des Wassergehaltes ein Aufweichen der Böden erfolgt. Dies ist insbesondere im Baustellenbetrieb zu berücksichtigen.

Gemäß den Einschätzungen der ISK sind die angetroffenen, wasserempfindlichen Auenlehme für den Aufbau der mineralischen Dichtung nicht und für die Verwendung als Stützkörpermaterial bedingt geeignet. Zwar wäre eine Bodenstabilisierung durch Einbringung eines

Kalk-Zement-Gemisches denkbar, dies ist jedoch aus umwelttechnischen Aspekten nur eingeschränkt zu empfehlen. Verwendung finden kann zudem nur Material, in dem keine organischen Beimengungen enthalten sind.

Aufgrund des hohen Aufwandes für die Bodenstabilisierung ist eine Materialentnahme aus dem Einstaubereich nicht effektiv und auch nicht wirtschaftlich.

Bei der Wahl des Dammaufbaus (homogener Damm oder Zonendamm) spielt die Verfügbarkeit der Einbaumaterialien eine wesentliche Rolle. Eine Recherche im Umfeld des Untersuchungsgebietes ergab, dass qualifizierte bindige Materialien nicht in großen Mengen zur Verfügung stehen, so dass die Ausbildung eines Zonendammes gewählt wurde.

Da die Untersuchungen am Standort der Sperrstelle ergaben, dass im Gebiet der Wissenbacher Schiefer ansteht, der i.d.R. keine Hohlräume und auch keine weiterläufigen Wasserwegsamkeiten aufweist, konnte auf weitergehende Erkundungen im Einstaubereich verzichtet werden.

10.1.2 Grundwasserverhältnisse und Wasserhaltung

In zwei Rammkernsondierungen wurde Wasser im Schichtenhorizont der quartären Decklehme bei 1,0 m bzw. 0,25 m unter GOK angetroffen. Für die Bemessung des Bauwerks wurden folgende Annahmen getroffen:

- GW_{Bau} bis GOK
- $GW_{\text{max,Wasserseite}}$ 261,60 (Vollstau)
- $GW_{\text{max,Luftseite}}$ GOK

Zur Bestimmung der Betonaggressivität wurde die Wasserprobe nach DIN 4130 analysiert. Das Wasser ist schwach angreifend. Die Expositionsklasse XA1 ist mindestens anzusetzen.

Für die Herstellung des Durchlassbauwerkes ist eine Grundwasserabsenkung erforderlich. Mit einer geschlossenen Wasserhaltung (z.B. Vakuumanlage) und einer offenen Wasserhaltung im Bereich des Felshorizonts ist eine ausreichende Absenkung möglich. Alternativ ist eine Baugrubenumschließung mit bindigem Material möglich, die einen seitlichen Zulauf des Grundwassers in die Baugrube verhindert. Zusätzlich hierzu ist ebenfalls eine offene Wasserhaltung vorzusehen.

Die Einrichtung einer bauzeitlichen Grundwassermessstelle wird seitens ISK empfohlen.

10.1.3 Aushub, Einbau und Gründung

Alle Materialeigenschaften der einzubauenden Dammmaterialien wurden seitens ISK vorgegeben. Diese sind bereits in Kap. 7.2 aufgeführt.

Wie bereits erwähnt, ist eine Wiederverwendung der ausgebauten Bodenmaterialien nur bedingt (in Bereichen mit geringen Anforderungen an die Tragfähigkeit) geeignet. Der Aushub hat lagenweise und bei bindigen Böden überwiegend rückschreitend und mit glatter Schneide zu erfolgen. Es wird angeraten, die Zusammensetzung der Böden beim Aushub durch einen Sachverständigen überwachen zu lassen.

Sämtliche Materialien sind zu separieren und getrennt voneinander zu lagern.

Die Gründung des Durchlassbauwerkes erfolgt im Schichtenhorizont des Wissenbacher Schiefers. Vor Einbau der Sauberkeitsschicht sind aufgelockerte Felsgesteine sowie anstehende nicht tragfähige Böden auszutauschen und durch gut tragfähige und verdichtungsfähige Materialien (Bodengruppe SW/SE/GW/GE) mit einem Feinkornanteil von $\leq 0,06$ mm von weniger als 5 % zu ersetzen.

Bei einem Bettungsmodul der Bodenplatte von $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ sind mittlere Setzungen von $s_{\text{wahrscheinlich}}: 1-2 \text{ cm}$ und $s_{\text{möglich}}: < 3,5 \text{ cm}$ zu erwarten.

Wenn das Grundwasser ausreichend tief abgesenkt wurde, muss gemäß DIN 4124 bei einer Baugrubentiefe bis 5 m kein statischer Nachweis erfolgen (Baugrubentiefe hier $< 5 \text{ m}$), sofern die Böschungsneigung der Baugrube $\beta = 45^\circ$ (Auenlehm, weich bis steif) nicht überschritten wird.

Sofern nachfolgend aufgeführte Randbedingungen eingehalten werden, kann auf den statischen Nachweis der Baugrubenböschungen verzichtet werden:

- Lastfreier Schutzstreifen von 60 cm von der Böschungskante
- Wasserspiegel liegt tiefer als Aushubsohle
- Abstand Böschungskante bis Außenkante von Aufstandsflächen für Baumaschinen/Baugeräte bis 12 t mindestens 1m bzw. Baumaschinen/Baugeräte über 12 t bis 40 t mindestens 2 m (gem. DIN 4124)
- Einhaltung des vorgegebenen Böschungswinkels

10.1.4 Überprüfung der Standsicherheit

Standsicherheitsberechnungen wurden nicht explizit durchgeführt, jedoch kann versichert werden, dass bei der gewählten Dammgeometrie (hier insbesondere Böschungsneigungen 1:3 wasserseitig, 1:5 luftseitig), der Gründung innerhalb des Verwitterungs- bzw. Felshorizontes, sowie bei Verwendung der vorgegebenen Dammbaumaterialien die erforderlichen Standsicherheiten bzw. Ausnutzungsgrade erreicht werden. Die Nachweise sind nach Fertigstellung und mit Kenntnis der tatsächlich eingebauten Lagerungsdichten und Materialkennwerte zu führen.

10.2 Tragwerksplanung

Die statische Vorbemessung der Stahlbetonbauteile erfolgte durch Dreher+Deigentasch Ingenieure, Bickenbach. Dokumentiert wird diese anhand von einer Zusammenstellung der wesentlichen Annahmen und Ergebnisse, jedoch ohne expliziten Ergebnisbericht.

Zu berücksichtigende, geotechnische Randbedingungen wurden mit der ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik GmbH abgestimmt und liegen als Anhang T1 bei.

Folgende Annahmen/Festlegungen und Nachweise getroffen bzw. erbracht:

- Gründung: zulässige Bodenpressung $\sigma_{B,k} \leq 0,15 \text{ MN/m}^2$, Bettungsmodul $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$
- Auftriebssicherheit wurde nachgewiesen

- Durchlassbauwerk Brückenklasse 16/16 (Gesamtlast 160 KN inkl. Schwingbeiwert)
- Rissbreitenbegrenzung $w_k = 0,20$ mm, Betonbau
- wirksame Betonzugfestigkeit $\beta_{ct(t)} = 0,75$, $f_{ctm} = 3,20$ N/mm² für C35/45
- Brückenplatte Betongüte: C 35/45 Expositionsklassen: XC4, XF2, XD3, XM1, WA
Flügelwände Betongüte: C35/45 Expositionsklassen: XC4, XF3, XM1, WF
Stauwand Betongüte: C35/45 Expositionsklassen: XC4, XF3, XM1, WF
Bodenplatte Betongüte: C35/45 Expositionsklassen: XC4, XF3, XM1, WF
- Betonstahl B 500 A und B 500 B

10.3 Natur- und Artenschutz

Die nachfolgend aufgeführten Fachbeiträge wurden seitens der Modus Consult Speyer GmbH in Zusammenarbeit mit einem Vertreter der Simon & Widdig GbR aufgestellt. Der Umfang der natur- und artenschutzrechtlichen Untersuchungen wurde in Vorgesprächen zwischen dem RP Gießen (Naturschutzbehörde), dem Fachplaner und dem Magistrat der Stadt Haiger abgestimmt. Alle Untersuchungsberichte einschließlich Anlagen liegen im Anhang N1 - N4 bei. Nachfolgend werden lediglich die wesentlichen Ergebnisse der Gutachten zusammenfassend wiedergegeben.

10.3.1 Landschaftspflegerischer Begleitplan (Anhang N1)

Laut § 19 BNatSchG ist der Verursacher eines Eingriffs verpflichtet, vermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu unterlassen. Unvermeidbare Beeinträchtigungen sind durch Maßnahmen vorrangig auszugleichen (Ausgleichsmaßnahme) oder in sonstiger Weise zu kompensieren (Ersatzmaßnahmen).

Zur quantitativen Bewertung des Eingriffes sowie der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme ist die Kompensationsverordnung (KV), Verordnung über die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen, Ökokonten, deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ausgleichsabgaben des Landes Hessen heranzuziehen.

Im landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) sind die zur Vermeidung, zum Ausgleich und zur Kompensation des geplanten Eingriffs vorgesehenen Maßnahmen in Text und Karte dargestellt.

Folgende wesentliche Inhalte des LBP's zur Entwurfs- und Genehmigungsplanung des Hochwasserrückhaltebeckens Haiger Sechshelden können zusammengefasst werden:

- Das Untersuchungsgebiet liegt im FFH-Gebiet „Krombachwiesen und Struth bei Sechshelden“.
- Von amtlicher Seite wurden schützenswerte Biotop nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) geschützten Biotop erfasst.
- Östlich der K49 ist ein Wasserschutzgebiet der Zone II, IIA ausgewiesen.

Im LBP werden die Konflikte (K), die durch das geplante Vorhaben bewirkt werden, den Maßnahmen zu Vermeidung (V) und der Kompensation (A) gegenübergestellt.

Tabelle 14: Gegenüberstellung Konflikte und Maßnahmen gem. Anhang N1.1

Konflikte				Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege		
Nr.	Eingriffssituation	Betroffene Werte /Funktionen		Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Umfang
		Verlust Ges.	Beeinträchtigung			
K1	Temporärer Verlust von Biotopstrukturen	3.937 m ²		A1 _{KOH}	Wiederherstellung der Vegetationsbestände im Bereich der Baustelleneinrichtung	3.937 m ²
K2	Dauerhafter Verlust von Biotopstrukturen	8.007 m ²		A2	Wiesenansaat auf dem neuen Dammbauwerk	5.070 m ²
				A3 _{KOH}	Entwicklung extensiver Wiesen (LRT 6510)	6.168 m ²
				A4 _{KOH}	Waldentwicklung "Im großen Junkerseifen"	4.130 m ²
				A5	Dauerhafte Entfernung des Riesen-Bärenklaus	2.000 m ²
				V5 _{FFH}	Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit für die Grope (Veränderung an 2 Durchlässen im Oberwasser der Sperrstelle)	Austausch des Durchlasses H3, Erhöhung Sohle Durchlass H4
K3	Einstau des Beckens		rd. 529 m ²	A3 _{KOH}	Entwicklung extensiver Wiesen (LRT 6510)	6.168 m ²
K4	Gefahr der Beeinträchtigung gefährdeter Tierarten	1 Tümpel für Amphibien 1 Revier des Gartenrotschwanz		A6	Anlage eines Kleinstgewässers	1 Tümpel mit D = r.d 1,5 m
				A7 _{CEF}	Nistkästen für den Gartenrotschwanz	5 künstl. Nithöhlen
				A8 _{CEF}	Strukturierung der Landschaft als Lebensraum für den Gartenrotschwanz	10.530 m ²
K5	Bodenveränderung	7.333 m ²		A3 _{KOH}	Entwicklung extensiver Wiesen (LRT 6510)	6.168 m ²
				A5	Dauerhafte Entfernung des Riesen-Bärenklaus	2.000 m ²
				V5 _{FFH}	Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit für die Grope (Veränderung an 2 Durchlässen im Oberwasser der Sperrstelle)	Austausch des Durchlasses H3, Erhöhung Sohle Durchlass H4
				A6	Anlage eines Kleinstgewässers	1 Tümpel mit D = r.d 1,5 m

Weitere Vermeidungsmaßnahmen (V) wurden insbesondere für den Bau und Betriebs des Hochwasserrückhaltebeckens festgesetzt:

Tabelle 15: Vermeidungsmaßnahmen gem. Anhang N1.1

Zur Vermeidung von Eingriffen sind folgende Maßnahmen berücksichtigt:	
V1	Gehölzrodung außerhalb der Vogelbrutzeit (Anfang Okt. - 10. Februar)
V2	Bergen von Fischfauna und Groß-Benthos bei der Umlegung der Wasserführung
V3 _{FFH}	Kombinierte Abfischung und Vergrämung der Grope aus dem Bachabschnitt des Hengstbaches vor Einrichtung einer Bachumleitung
V4 _{FFH}	Einrichtung einer Bachumleitung außerhalb der Laich- und Jungfischphase der Grope (d.h. nicht in April bis September)
V5 _{FFH}	Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit für die Grope (Veränderung an 2 Durchlässen im Oberwasser der Sperrstelle)
V6 _{FFH}	Begleiten der Sukzession durch ggf. eingreifen nach einem Ausfall von Gehölzen nach einem Hochwasser
V7 _{FFH}	Aufräumen des Beckens nach einem Einstau (Entfernung dicker Schlammauflagen, Treibgut, Müll, usw.)
V8 _{FFH}	Schutz der an das Baufeld angrenzenden wertvollen Biotopstrukturen während der Bauzeit durch entsprechende Vegetationsschutzmaßnahmen
V9 _{FFH}	Sicherung des Oberbodens
V10	Schutz des Hengstbaches vor Gewässerverschmutzung
V11	Eingrünung des Dammbauwerks

Als Fazit bleibt unter Berücksichtigung des Kompensationsbedarfes durch das Vorhaben und den geplanten Kompensationsmaßnahmen am Ende kein Kompensationsbedarf. Der rechnerische Nachweis ergab sich zu:

Tabelle 16: Rechnerischer Nachweis Kompensation gem. Anhang N1.1

		Wertepunkte
KB	Kompensationsbedarf	+224.345
A3 _{KOH}	Entwicklung extensiver Wiesen (LRT 6510)	-138.341
A5	Dauerhafte Entfernung des Riesen-Bärenklaus	- 6.000
A6	Anlage eines Kleinstgewässers	- 2.402
V5 _{FFH}	Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit für die Groppe	- 95.843
Summe		- 18.241

Mit Blick auf die Artenschutzrechtlichen Belange zeigt sich, dass unter der Berücksichtigung von Vermeidungs- und vorgezogenen Ausgleichsmaßnahmen (V1, A7_{CEF}, A8_{CEF}) keine Verbotstatbestände gem. § 44 BNatSchG eintreten.

10.3.2 Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag

Der Artenschutzrechtliche Fachbeitrag wurde vom Büro Simon und Widdig GbR im Auftrag der Modus Consult Speyer GmbH erstellt. Das Gutachten liegt als Anhang N2 vor.

Die Bestandserfassung und Relevanzprüfung, Konfliktanalyse, Maßnahmenplanung und Klärung der Ausnahmevoraussetzungen erfolgte nach dem aktuellen „Leitfaden für die artenschutzrechtliche Prüfung in Hessen“ vom Hessischen Ministerium für Umwelt 2015.

Es werden folgende Wirkfaktoren aufgezeigt:

Tabelle 17: Wirkfaktoren gem. Fachbeitrag Artenschutz Anhang N2

Anlagenbedingt	
Flächenverluste durch Bauwerke sowie Damm- und Einschnittböschungen, Ausrundungen und Entwässerungsmulden	
Zerschneidungseffekte durch Barrierewirkung	
Veränderung des Grundwasserhaushaltes (Einzelfallbetrachtung)	
Veränderung von Oberflächengewässer durch Überführung, Ausbau, Verlegung oder Verrohrung	
Baubedingt	
Flächeninanspruchnahme durch Baustelleneinrichtungen wie Baustraßen, Baustreifen und Lagerplätze	
Lärm, Erschütterungen, Licht, Silhouettenwirkung durch Baubetrieb	
temporäre Grundwasserabsenkungen, Gewässerverlegungen und -querungen	
Umsiedlungen, Baufeldvorbereitung	
Betriebsbedingt	
Schadstoffemissionen	nicht relevant
Stoffliche Belastungen des Regenwasserabflusses	nicht relevant
Lärmemissionen	nicht relevant
Optische Störwirkungen (Licht und Bewegungsunruhe, Silouettenwirkung)	nicht relevant
Zerschneidungseffekte durch Barrierewirkung und durch Kollisionsverluste	nicht relevant
Einstau des Hochwasserrückhaltebeckens	

Als Fazit der faunistischen-floristischen Planungsraumanalyse wird dargelegt, dass Kartierungen für folgende Arten- bzw. Artengruppen erforderlich waren:

- Fledermäuse, Avifauna
- Reptilien, Amphibien, Fische
- Tagfalter, Libellen

In Anhang N2 werden die wesentlichen Resultate der artenschutzrechtlichen Prüfung wie folgt zusammengefasst:

- Fang, Verletzung, Tötung wild lebender Tiere

Durch die zeitliche Beschränkung der Bauelfreimachung (Vermeidungsmaßnahme V1) wird bei vielen Vogelarten (u.a. Gartenrotschwanz und Stockente) bewirkt, dass keine Individuen oder Entwicklungsformen in aktuell besetzten Fortpflanzungs- oder Ruhestätten verletzt oder getötet werden.

- Störung

Es sind keine populationsstützenden Vermeidungsmaßnahmen erforderlich, um das Auslösen des Störungsverbot des § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG zu vermeiden.

- Entnahme, Beschädigung, Zerstörung von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten

Beim Gartenrotschwanz wird durch vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (A7_{CEF} und A8_{CEF}) verhindert, dass der Verbotstatbestand des § 44 Abs. 1 Nr. 3 i. V. m. § 44 Abs. 5 BNatSchG erfüllt wird.

Durch das Vorhaben wird gegen keines der Verbote des § 44 Abs. 1 BNatSchG verstoßen. Auf die Durchführung eines Ausnahmeverfahrens kann daher entfallen.

10.3.3 Umweltverträglichkeitsprüfung

Der UVP-Bericht wurde vom Büro Modus Consult Speyer GmbH erstellt und liegt als Anhang N3 bei. Hierin sind alle wesentlichen Inhalte der vorgenommenen Prüfungen vereint. Um die wesentlichen Erkenntnisse des Berichtes zusammenzufassen, wird das Kapitel 12 „Allgemeinverständliche Zusammenfassung“ aus dem Anhang N3, S.23- 25 zitiert:

„Die Stadt Haiger plant den Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) am Hengstbach in Sechshelden, welches für ein 100-jähriges Hochwasserereignis dimensioniert ist.

Das Untersuchungsgebiet liegt nördlich von Sechshelden und wird der Länge nach vom Hengstbach durchflossen. Es setzt sich vornehmlich aus Dauergrünland und Ackerflächen zusammen. Es befindet sich vollständig im FFH-Gebiet 'Krombachswiesen und Struth bei Sechshelden'.

Wirkfaktoren mit relevanten Umweltauswirkungen ergeben sich bei dem geplanten Vorhaben durch das Einbringen eines Dammbauwerks und den Bauarbeiten. Daraus resultierende Umweltauswirkungen sind:

- dauerhafter Verlust von Vegetationsstrukturen (insgesamt 8.007 m²),
- Zerschneidung einer Kaltluftleitbahn,

- *Veränderungen des Landschaftsbildes,*
- *Veränderungen des Fließgewässerabschnitts (auf ca. 100 m Länge),*
- *Einstau des Beckens (auf einer Fläche von rd. 31.134 m² bei einem Vollstau (HQ 100)),*
- *temporärer Verlust von Biotopstrukturen (insgesamt ca. 3.937 m²),*
- *baubedingte Bodenveränderungen,*
- *temporäre Gewässerumleitung und*
- *baubedingte Störungen.*

*Aufgrund dieser Wirkfaktoren wurden folgende erheblichen naturschutzfachlichen **Beeinträchtigungen** im Rahmen der landschaftspflegerischen Begleitplanung ermittelt:*

- *temporärer Verlust von Biotopstrukturen (insgesamt ca. 3.937 m²),*
- *dauerhafter Verlust von Biotopstrukturen (insgesamt 8.007 m²),*
- *Einstau des Beckens (dauerhafte erhebliche Beeinträchtigung des LRT 6510 auf einen Flächenanteil von 10% (d.h. auf rd. 529 m²)),*
- *Gefahr der Beeinträchtigung gefährdeter Tierarten (Amphibien),*
- *Bodenveränderungen (auf insgesamt 7.333 m²).*

Im LBP wurden für diese Beeinträchtigungen entsprechende Kompensationsmaßnahmen geplant.

Die Maßnahmenplanung zielt im Wesentlichen auf die Kompensation der funktionalen erheblichen Beeinträchtigungen ab. Zudem wurden Vermeidungsmaßnahmen geplant, durch die weitergehende erhebliche Beeinträchtigungen verhindert werden.

Zur Vermeidung von artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen sind zudem entsprechende Vermeidungsmaßnahmen und CEF-Maßnahmen (für Zauneidechsen und Vögel) geplant. Unter Berücksichtigung dieser Maßnahmen können Verbote gemäß § 44 BNatSchG durch das Vorhaben ausgeschlossen werden.

Da das geplante HRB vollständig innerhalb des FFH-Gebiets 'Krombachswiesen und Struth bei Sechshelden' (5215-305) liegt, wurde die Betroffenheit des Schutzgebietes im Rahmen einer Natura 2000 – Verträglichkeitsprüfung ausführlich dargelegt. Im Ergebnis zeigt sich, dass trotz geplanter Maßnahmen zur Schadenvermeidung durch die Flächeninanspruchnahme und Beeinträchtigungen durch Überflutungen der Lebens-raumtypen 'Flachland-Mähwiese' (6510) und 'Auwälder mit Erle, Esche, Weide' (91E0) die Erhaltungs- und Entwicklungsziele des FFH-Gebietes beeinträchtigt werden. Eine Ausnahmeprüfung mit entsprechenden Kohärenzsicherungsmaßnahmen wurde deshalb erarbeitet.*

*Unter Berücksichtigung der Ergebnisse und Vorgaben des Landschaftspflegerischen Begleitplans, der Artenschutzrechtlichen Abhandlung und der Natura-2000-Verträglichkeits- und Ausnahmeprüfung lassen sich folgende Ergebnisse hinsichtlich nachteiliger **Umweltauswirkungen** ableiten:*

- Für das Schutzgut Fläche werden – da überwiegend nur eine Nutzungsumwandlung von Fläche und eine relativ geringe Neuversiegelung geplant ist – keine erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen bewirkt.
- Für das Schutzgut Boden werden, insbesondere durch Bodenveränderungen, erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen bewirkt. Im Rahmen des Landschaftspflegerischen Begleitplans sind Ersatzmaßnahmen hierfür geplant.
- Für das Schutzgut Wasser werden – unter Berücksichtigung des Rückbaus aller temporär befestigten Flächen und der geplanten Maßnahmen zum Schutz des Hengstbaches – keine erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen bewirkt.
- Für das Schutzgut Klima/Luft werden keine erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen bewirkt.
- Für das Schutzgut Pflanzen, Tiere und biologische Vielfalt werden erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen bewirkt. Im Rahmen des Landschaftspflegerischen Begleitplans sind Ersatzmaßnahmen hierfür geplant.
- Für das Schutzgut Landschaft/Landschaftsbild werden – unter Berücksichtigung der geplanten Maßnahmen zur Wiederbegrünung – keine erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen bewirkt.
- Für das Schutzgut Mensch einschließlich der menschlichen Gesundheit werden zwar temporär Beeinträchtigungen bewirkt, dauerhafte erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen können jedoch ausgeschlossen werden.
- Für das Schutzgut 'Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter' werden nachteilige Umweltauswirkungen durch mögliche finanzielle Einbußen für Landwirte durch Überflutungen bewirkt.
- Für das Schutzgut Wechselwirkungen werden – unter Berücksichtigung des im Rahmen der landschaftspflegerischen Begleitplanung erarbeiteten Maßnahmenkonzeptes – keine erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen bewirkt.

Insgesamt kann somit abgeleitet werden, dass durch das Vorhaben für die Schutzgüter 'Boden', 'Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter' und 'Pflanzen, Tiere und biologische Vielfalt' nach § 6 UVPG erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen bewirkt werden. Im Rahmen des Landschaftspflegerischen Begleitplans sind hierfür Ersatzmaßnahmen geplant.“

10.3.4 Natura 2000

Der Bericht liegt als Anhang N4 bei und wird nachfolgend zusammenfassen wiedergegeben.

Im Untersuchungsgebiet (FFH-Gebiet) kommen folgende LRT vor:

- Magere Flachland-Mähwiese (6510)
- Auwälder mit Erle, Esche, Weide (prioritärer Lebensraumtyp 91E0)
- Fließgewässer mit Unterwasservegetation (3260)

Folgende Arten/ Habitats von Arten des Anhang II kommen im untersuchungsgebiet vor:

- Habitats des Dunklen Wiesenknopf-Ameisenbläulings (*Maculinea nausithous*)
- Groppe (*Cottus gobio*)

Zum Schutz sind die Vermeidungsmaßnahmen V3_{FFH}, V4_{FFH}, V5_{FFH}, V6_{FFH}, V7_{FFH}, V8_{FFH}, V9_{FFH} anzuwenden.

Der Bericht schließt mit folgender Zusammenfassung:

„Auf der Grundlage der erfolgten Auswirkungsprognose kann folgendes zusammenfassend abgeleitet werden:

- *Es wird davon ausgegangen, dass es zu keiner erheblichen Beeinträchtigung der Erhaltungsziele des LRT 3260 und des Dunklen Wiesenknopf-Ameisenbläulings kommt.*
- *Die bauzeitliche Verlegung des Hengstbaches führt zu einem zeitweisen Verlust des Habitats der Groppe auf etwa 100 m Länge des Bachlaufs.*

Auch hydraulische Veränderungen durch den Einstau bei einem Hochwasser können erhebliche Beeinträchtigungen für Groppen verursachen. Durch die Verbesserung eines Durchlasses (schadensbegrenzende Maßnahme) kann die lineare Durchgängigkeit in Richtung Quellregion und die Erhaltungsziele der Population verbessert werden. Es verbleiben keine erheblichen Beeinträchtigungen der Erhaltungsziele der Groppe.

- *Im Rahmen des Vorhabens kommt es zu einer temporären und dauerhaften Flächeninanspruchnahme des LRT 6510. Durch den Vollstau kann es zudem zu Funktionsverlusten auf weiteren Flächen des LRT 6510 im HRB kommen. Trotz geplanter, schadensbegrenzender Maßnahmen ist auf einer Fläche von insgesamt rd. 3.641 m² des LRT 6510 mit erheblichen Beeinträchtigungen zu rechnen.*
- *Im Rahmen des Vorhabens kommt es zu einer temporären und dauerhaften Flächeninanspruchnahme des LRT 91E0*. Trotz geplanter schadensbegrenzender Maßnahmen ist auf einer Fläche von insgesamt rd. 1.361 m² des LRT 91E0* mit erheblichen Beeinträchtigungen zu rechnen.“*

11 ÜBERPRÜFUNG VON NUTZUNGSKOLLISIONEN

Bei der Überprüfung von Nutzungskollisionen sind zum einen die dauerhaft einer anderen Nutzung entzogenen Flächen

- Dammaufstandsfläche
- Wegeanbindungen
- umgestaltete Gewässerbereiche
- Umwandlung Baumbestand in Grünland

zu bewerten.

Zum Zweiten sind die nur bei Hochwasser im Retentionsraum überstauten Flächen zu betrachten.

11.1 Schutzgebiete

11.1.1 Trinkwasserschutzgebiet

Durch die Realisierung des Beckens sind Schutzgebiete betroffen. Gemäß /U25/ liegen das geplante HRB sowie die geplanten Ausgleichsmaßnahmen außerhalb der Trinkwasserschutzzonen. Lediglich die Maßnahme am Imbach (Geschwemmselabweiser) wird innerhalb der Trinkwasserschutzzone III bzw. IIIA (gelbe Fläche) realisiert. Während der Bauarbeiten ist in diesem Bereich besonders darauf zu achten, dass keine wasser- und bodengefährdende Stoffe ins Erdreich und ins Gewässer eingetragen werden.

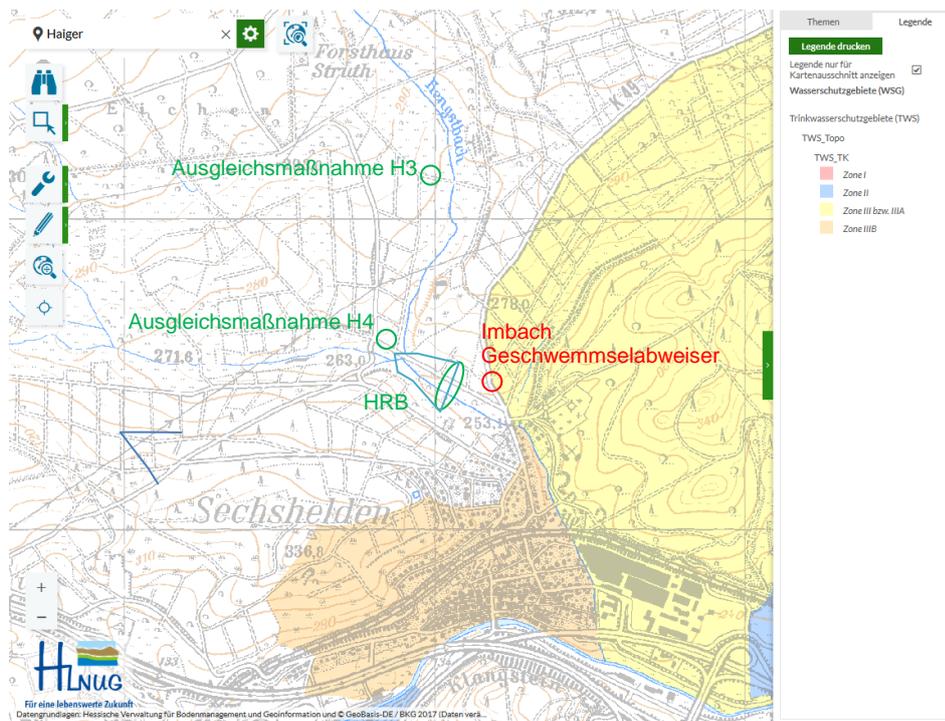


Abbildung 42: Trinkwasserschutzgebiete gem. /U25/

11.1.2 FFH-Gebiet

Zudem liegt die geplante Maßnahme (HRB) innerhalb des FFH-Gebietes „Krombachwiesen und Struth bei Sechshelden“. Hiervon ausgenommen ist die Maßnahme am Imbach (siehe hierzu auch Kap. 10.3 und Anhang N Plan N4.1-3).

11.1.3 Wasserrahmenrichtlinie

Der Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie liegt als Anhang W6 bei. Betroffener Wasserkörper ist die Obere Dill (Wasserkörper DEHE_2584.2) welche als Fließgewässertyp 5 (grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche) kartiert ist und um Bereich der Einleitung des Hengstbaches der Ader Äschenregion zugeordnet wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass

- keine Verschlechterung des Zustandes des Oberflächenwasserkörpers durch bau- und/oder anlagenbedingte Auswirkungen und auch
- keine Verschlechterung des Zustandes des Oberflächenwasser- und Grundwasserkörpers durch betriebsbedingte Auswirkungen zu erwarten sind, und
- dass die Maßnahme nicht im Widerspruch zu den Bewirtschaftungszielen nach §§ 27 und 47 WHG steht.

11.2 **Nutzung**

Die Belange Naturschutz und landwirtschaftliche Nutzung wurden umfassend bewertet. Im Landschaftspflegerischen Begleitplan sind die vorgesehenen Maßnahmen erläutert und in den zugehörigen Plänen grafisch dargestellt (siehe Anhang N).

Die Beeinträchtigungen der Grundstücke sind im Plan Nr. W-6.1 dokumentiert. Dabei wurde wie folgt unterschieden:

- Grundstücke im Bereich der Sperrstelle (u.a. Damm, Durchlassbauwerk, Wege)
- Grundstücke im weiteren Einstaubereich (Beckenraum) und Gewässerrandstreifen
- Grundstücke im Bereich der Ausgleichsmaßnahmen
- Grundstücke im Bereich des Imbachs
- Grundstücke, die temporär während der Bauzeit in Anspruch genommen werden

Zudem ist der zukünftig von Gehölzbewuchs frei zu haltende Randstreifen dargestellt.

Das zugehörige Eigentümerverzeichnis findet sich im Anhang W4.

In Abstimmung mit dem begleitenden Landschaftsplaner wurde versucht den temporären und dauerhaften Flächeneingriff weitestgehend zu minimieren.

Siedlungsflächen sind von der Maßnahme nicht betroffen.

11.3 Ver- und Entsorgungsleitungen

Es wurden Leitungspläne von Ver- und Versorgungsunternehmen angefordert und eingesehen. Demnach befinden sich im Bereich des HRB Standortes keine Leitungen. Die Ver- und Versorgungsleitungen aus dem Kanalkataster Sechshelden liegen im Bereich der Bebauungen und sind im Bestandslageplan Plan Nr. W-2.2 dargestellt.

11.4 Denkmalschutz

Im Untersuchungsgebiet bzw. im Bereich des zukünftigen Beckenstandortes befinden sich keine Objekte, die dem Denkmalschutz unterliegen.

11.5 Altlasten

Altlasten können im Untersuchungsgebiet ausgeschlossen werden.

11.6 Landesjagdverband

Seitens des Landesjagdverbandes gibt es keine Einwände.

12 BAUABWICKLUNG

12.1 Vorbemerkung

Wie bereits erwähnt, befindet sich das geplante Hochwasserrückhaltebecken innerhalb des FFH-Gebietes, so dass bei der Einrichtung der Baustelle, dem Baustellenbetrieb sowie bei der Räumung der Baustelle die Belange des Natur- und Artenschutzes besonders zu berücksichtigen sind.

Um zu gewährleisten, dass das Baufeld durch den Baubetrieb nicht weiter in Anspruch genommen wird als in der Genehmigungsplanung berücksichtigt, ist dieses während der Bauausführung sichtbar zu begrenzen (Stellung von 1 m hohen mobilen Absperrgittern nach TL-Absperrschranken, rot-weiß lackiert). Im Baustellenplan (siehe Lageplan Plan Nr. W-3.3) ist die Baufeldumgrenzung dargestellt.

Für die Herstellung der zukünftigen Andienungs- und Pflegewege ist ein zusätzlicher Arbeitsbereich (B = 0,6 m) vorgesehen und im Plan Nr. W-3.3 gekennzeichnet. Um die Baustelleneinrichtungs- und Materiallagerflächen ist kein separater Arbeitsraum vorgesehen.

Alle Arbeitsgeräte und Baufahrzeuge sind an die spezifischen örtlichen Gegebenheiten anzupassen (Größe, Tonnagebeschränkungen).

Vor Beginn der Bauarbeiten hat eine Unterweisung des mit der Bauausführung beauftragten Unternehmens und der ökologischen Baubegleitung zu erfolgen. Hierbei sollte auf die besonderen Belange Natur- und Artenschutzes sowie auf die zu schützenden Bereiche und die die sehr nah an der Baufeldgrenze liegenden Schutzzonen hingewiesen werden.

12.2 Baustelleneinrichtung (BE) und -andienung

Die Andienung der Baufelder „HRB“ und „Imbach“ erfolgt über das übergeordnete Wegenetz über die K49. Zur Herstellung der Geschwemmselabweiser und des Schotterrasens am Imbach, wird der vorhandene Feldweg in Anspruch genommen.

Zur Eingriffsminimierung erfolgt die Zu- und Abfahrt des Baufeldes „HRB“ über den von der K49 in westliche Richtung verlaufenden asphaltierten Feldweg (Flurnummer 307). Der Feldweg wird während der Bauzeit für den Verkehr gesperrt. Da die Andienung der an diesem Feldweg liegenden Grundstücke von Westen her weiterhin bestehen bleibt, sind hier keine Konflikte zu erwarten.

Wendehammer ($R = 8,0 \text{ m}$) und Baustraßen ($B = 4,0 \text{ m}$) werden mit einer ca. 45 cm starken Schotterauflage befestigt. Um auch das Baufeld südlich des Hengstbaches andienen zu können, ist der Einbau von zwei weiteren temporären Gewässerüberfahrten (Durchlässe mind. 2x DN 1000) erforderlich.

Zur Herstellung des Durchlassbauwerks wird eine offene Gewässerumleitung des Hengstbaches in südliche Richtung erforderlich. Auch hierfür sind zwei temporäre Gewässerüberfahrten notwendig, um den Baustellenverkehr zu gewährleisten. Die Gewässerumleitung wird nach Fertigstellung des Durchlassbauwerkes zurückgebaut und das Material des provisorischen Gewässerlaufes gegen Dammbaumaterial ausgetauscht, um Unterläufigkeiten zu verhindern.

Die luftseitige Baustraße wird nach Abschluss der Bautätigkeit zurückgebaut, die Oberfläche mit Oberboden bedeckt und mit standortgerechten Rasen eingesät. Wasserseitig wird die Baustraße in zwei getrennte Pflegewege (Nord Schotterrasen und Asphalt, Süd Schotterrasen) umgewandelt.

Die Baustelleneinrichtungsfläche wird im Norden luftseitig angeordnet. Vorgesehen ist eine zusammenhängende Fläche von 1.330 m² wobei 870m² für die BE und als Materiallager und 460 m² als BE- und Baubürofläche angesetzt werden (Vgl. Plan Nr. 3.3). Eine zusätzliche Materiallagerfläche (z.B. für Oberboden) ist auf der Wasserseite oberhalb der zukünftigen HQ₅-Staulinie vorgesehen (Vgl. Plan Nr. 3.1). Die BE- und Lagerflächen werden im Nachgang der Bautätigkeit vollständig zurück gebaut.

Zur Herstellung des Durchlassbauwerks kommt eine temporäre Baustelleneinrichtungsfläche (ca. 980 m²) im Talgrund in unmittelbarer Nähe und nördlich des Hengstbaches zum Liegen. Ein weiterer Arbeitsstreifen (ca. 265 m) findet sich auf der südlichen Seite. Beide Flächen werden bereits direkt nach Fertigstellung des Durchlassbauwerkes (Betonbau) rückgebaut. Zwischen dem südlichen Arbeitsstreifen und der Gewässerumleitung ist ein Bereich zur Realisierung von bauzeitlichen Hochwasserschutzmaßnahmen (z.B. Verwallung) vorgesehen.

12.3 Wasserhaltung HRB

Für die Herstellung des Damm- und insbesondere für das tiefliegende Durchlassbauwerk ist eine geschlossene Wasserhaltung zur Absenkung des Grundwasserstandes erforderlich. Zur Überprüfung des Grundwasserstandes ist vor Beginn der Bautätigkeiten mindestens eine

bauzeitliche Grundwassermessstelle einzurichten, an der in regelmäßigen Abständen der Wasserstand unter Gelände erfasst und dokumentiert werden kann.

Des Weiteren bedarf es mehrerer offenen Wasserhaltungen zur Fassung und Ableitung des Schichtenwassers bzw. der sich aus den anstehenden Böden herausdrückenden Wasser. Aufgrund der wasserempfindlichen Böden zur Herstellung des Durchlassbauwerks ist eine ausreichend große und geböschte Baugrube vorzusehen, in der Drainagegräben mit Pumpensämpfen angeordnet sind. Diese dienen auch zur Vermeidung der Durchfeuchtung der Böschungen (wasserempfindliche Böden). Unter dem Durchlassbauwerk ist ein Bodenaustausch mit tragfähigem und gering durchlässigem Material vorzusehen. Auch bei der Herstellung der Dammaufstandsfläche sind während der Bodenaustausch- und Dammaufbauarbeiten Ableitungsgräben und Pumpensämpfe vorzusehen.

12.4 Bauzeiten und -abläufe

12.4.1 Bauzeiten

Hinsichtlich des Bauzeitfensters sind die Belange des Natur- und Artenschutzes zu berücksichtigen. So sind Rodungsarbeiten außerhalb der Brutzeit in der Zeit vom 01.10 bis 10.02 durchzuführen. Die Gewässerumlegung darf zum Schutz der Laich- und Jungphase der Gruppe nur im Zeitraum zwischen Oktober und März erfolgen.

Für den qualifizierten Erdbau ist der Witterungseinfluss ein maßgebendes Kriterium für die Durchführbarkeit der Arbeiten. Zu viele/ intensive Regentage oder Trockenheit können einen erhöhten Aufwand bei der Verarbeitung der Erdmaterialien (z.B. erforderliche Konditionierung des Material) mit sich bringen oder gar zu Problemen bzgl. der Tragfähigkeit/ -sicherheit des Bauwerks führen. Auch sind die Temperaturen entscheidend für den Einbau von z.B. Beton bei der Herstellung des Durchlassbauwerks oder des Asphalts beim Wegebau.

In der nachfolgenden Tabelle sind die möglichen Zeitfenster, in den die Rodungsarbeiten und die temporäre Gewässerumverlegung erfolgen darf, sowie die Monate, an denen aus witterungstechnischen Gründen der Einbau von Beton und die Ausführung qualifizierter Erdarbeiten möglich ist, farbig dargestellt.

Tabelle 18: Darstellung mögliche Zeiträume für Bau- und Rodungsarbeiten (farbig dargestellt)

Natur- und Artenschutz	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Rodungsarbeiten (Vogelschutz)	grün	grün	grün	grün	grün								grün	grün	grün
Temp. Gewässerumverlegung	grün	grün	grün	grün	grün	grün							grün	grün	grün

grün = möglicher Zeitraum

Wasserbau	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Qualifizierter Erdbau (i.d.R)	hellblau	hellblau				hellblau	blau	hellblau							
Stahlbeton-/Betonbau (i.d.R)	blau	blau				blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	hellblau	

blau = möglicher Zeitraum hellblau = ggf. eingeschränkt möglich

Die bauzeitlichen Einschränkungen bzw. möglichen baulichen Zeitfenster sind für das bauausführende Unternehmen bindend und sind bei der Planung des Baubeginns zwingend zu berücksichtigen.

Für die Herstellung des Hochwasserrückhaltebeckens und den Geschwemmselabweiser am Imbach werden - bei günstiger Witterung - ca. 10 Monate reine Bauzeit angesetzt.

Seitens der Stadt Haiger ist die Umsetzung der Maßnahme für das Jahr 2020/2021 geplant, wobei die endgültige Fertigstellung bis vor dem 62. Hessentag im Jahr 2022 abgeschlossen sein muss.

12.4.2 Bauablauf

Aufgrund der jahresbedingten Witterungsverhältnisse sollte der eigentliche Baubeginn frühestens Mitte April / Anfang Mai erfolgen. Hiervon ausgenommen sind die erforderlichen Rodungsarbeiten innerhalb des Baufeldes, die mit Rücksicht auf die Belange des Naturschutzes (z.B. Brutverhalten der ansässigen Vögel) spätestens bis März abgeschlossen sein müssen.

Eine endgültige Festlegung des Bauablaufes kann erst nach Abschluss des Genehmigungsverfahrens und der Ausführungsplanung erfolgen. Der letztlich verbindliche Bauablauf wird ohnehin erst nach der Vergabe durch Vorlage des Bauzeitenplans geregelt.

Die nachfolgend in groben Zügen formulierte Vorgehensweise kann daher nur als Anhalt dienen. Die genannten Arbeiten müssen und können (z.B. Geschwemmselabweiser am Imbach und am HRB) z.T. zeitgleich durchgeführt werden.

Vorbereitenden Maßnahmen

- Rodungsarbeiten und Gehölzrückschnitt unter Berücksichtigung der naturschutzrechtlichen Belange
- Bergen von Fischfauna und Groß-Benthos
- Abfischung und Vergrämung der Groppe unter Berücksichtigung der artenschutzrechtlichen Belange

Baufeld einrichten

- Abschieben des Oberbodens im Bereich der Baustelleneinrichtungs-/ Materiallagerflächen, Baustraßen und Bauwerke
- Herstellen von vorgenannten Flächen
- Liefern und Einrichten der Baustelleneinrichtung
- Aufstellen der Bauzäune und Realisierung weiterer Sicherungsmaßnahmen (u. Verkehrssicherung, Landschaftsschutz)
- Herstellung der Gewässerumleitung des Hengstbaches
- Realisierung der vier Gewässerüberfahrten
- Einrichten einer Ölsperre und Fangedämme zur Herstellung des Durchlassbauwerks

Durchlassbauwerk

- Herstellung der Gewässerumleitung des Hengstbaches
- Einbau der Wasserhaltung (Grundwasserabsenkung)

- Herstellung der offenen Baugrube unter Einhaltung eines ausreichendes Abstandes zur Böschungsoberkante
- Sicherung der Baugrube vor Hochwasser (wasserseitig)
- Zwischenlagerung des Bodenmaterials separiert nach Materialart und zum Wiedereinbau geeigneten/ nicht geeignet
- Örtlicher Austausch bzw. Bodenverfestigung des ggf. an der Baugrubensohle nicht tragfähigen Bodens
- Einbau der Sickersperre
- Einbau der Bodenaustauschmaterialien
- Herstellung der Sauberkeitsschicht, Bodenplatte, Querriege, Flügelwände und Stauwand
- Herstellung der Brückenplatte
- Wiederverfüllung der Baugrube
- Einbau der Betriebsauslass- und Notschütze
- Modellierung des naturnahen Gewässerprofils mit Niedrigwasserrinne innerhalb des Durchlassbauwerks
- Montage der überströmbaren Rechen
- Herstellung der Anschlussbereiche im Ober- und Unterwasser
- Setzen der Geschwemmselabweiser
- Anschluss des Hengstbaches an das Durchlassbauwerk
- Rückbau der Gewässerumleitung (Gewässerüberfahrten bleiben vorerst bestehen)
- Herstellung aller übrigen Einbauten (z.B. Geländer, Gitterroste, Pegellatten, Ultraschallmesssonde)

Dammbauwerk

- Aushub der Dammaufstandsflächen, Separierung der ausgehobenen Materialien und Zwischenlagerung der zum Wiedereinbau geeigneten Massen
- Abbruch der vorhandenen Wegebefestigung (Asphalt) Feldweg im Bereich der Dammaufstandsfläche und der luftseitigen Baustraße
- Abfuhr ungeeignete Böden
- Bodenverbesserung/ -austausch zur Herstellung der Dammaufstandsfläche
- Verdichten der Dammaufstandsfläche
- Lagenweiser Einbau des Stützkörpers (Überprofil), Abziehen des Überprofils
- Lagenweiser Einbau der Dichtungs-, Schutz und Filterschicht

- Herstellen des Drainagesystems (Sickerrohre und Schächte) und der Entspannungsgruben
- Herstellung des Köcherfundamentes für den Betonstein (Überfallschwelle)
- Einbau der Tragschicht des Dammkronenweges
- Andecken des Oberbodens auf der wasserseitigen Böschung, Ansaat
- Aufbringen der Steinschüttung auf der luftseitigen Dammböschung und anschließend Auftragen von Oberboden, Ansaat
- Einbau der Grundwassermessstellen
- Herstellung der Deckschicht und Bankette des Dammkronenweges
- Einbau der Lage- und Höhenmesspunkte auf der Dammkrone (Überfallschwelle) und dem Durchlassbauwerk

Geschwemmselabweiser Imbach

- Oberbodenabtrag im Bereich des geplanten Unterhaltungsweges
- Herstellung des Unterhaltungsweges (Schotter)
- Einbau der Grundwassermessstellen
- Ausbildung des Schotterrasens im Unterhaltungsweg

Wegeanbindungen

- Oberbodenabtrag im Bereich der südlichen Anbindung an Feldweg und im Bereich der nördlichen Anbindung an die K49
- Aufbruch Asphalt Feldweg (wasserseitig)
- Bodenaushub und Separierung des wiedereinbaufähigen Materials
- Herstellung des Unterbaus
- Einbau der mineralischen bzw. bituminösen Trag- und Deckschichten
- Herstellung Bankette
- Rückbau der Gewässerüberfahrten
- Rückbau luftseitige Baustraße Süd, Oberbodenandeckung und Ansaat
- Teilrückbau luftseitige Baustraße Nord und Herstellung eines asphaltierten Radwegs
- Umwandlung wasserseitige Baustraßen in Pflegewege (Schotterrasen bzw. Asphalt)

Baustelle räumen

- Wiederherstellung aller in Anspruch genommenen Flächen, u.a. Tiefenlockerung der Böden, Oberbodenauftrag
- Räumen und Abtransport der Baustelleneinrichtung
- Rückbau Verkehrssicherung

Landschaftspflegerische Ausgleichsmaßnahmen

- Entwicklung extensiver Wiesen auf 7 Flurstücken
- Anlage eines Kleinstgewässers im Hengstbach innerhalb des Einstaubereichs
- Sohlanhebung im Unterwasser des Wegedurchlasses H4
- Austausch des Wegedurchlass H3, Rohr DN 800 abbrechen und durch Rechteckdurchlass NW 1000 x 1000

12.5 Bauzeitlicher Hochwasser- und Gewässerschutz

Die Baufelder „HRB“ und „Imbach“ liegen im Überschwemmungsgebiet des Hengstbaches bzw. des Imbachs. Während der gesamten Bauzeit ist mit Hochwasser zu rechnen. Je nach Wasserstand (Hochwasserereignis) kann die Einstellung der Baustelle erforderlich werden.

In Abhängigkeit des bei Auftreten eines Hochwasserereignisses aktuellen Bauzustandes kann es erforderlich sein, entsprechende Sicherungsmaßnahmen durchzuführen. Hierzu sind geeignete Geräte (u.a. Erdbaugeräte und LKW) und Personal vorzuhalten. Das Personal und Gerät des Unternehmers muss im Hochwasserfall uneingeschränkt zur Verfügung stehen. Der Unternehmer hat eine Rufbereitschaft vorzuhalten, d.h. er hat mindestens eine Person (zzgl. Stellvertreter) zu benennen, die jederzeit (Tag/ Nacht/ Wochenende/ Sonn- und Feiertage) erreichbar ist und die Koordination des Hochwassereinsatzes übernimmt.

Der zu beauftragenden Unternehmen ist dazu verpflichtet, sich über steigende Wasserstände bzw. die zu erwartenden Witterungsverhältnisse selbst zu informieren.

Die Lagerung von wassergefährdenden Stoffen im jeweiligen Überschwemmungsgebiet ist grundsätzlich unzulässig. Des Weiteren dürfen im jeweiligen Überschwemmungsgebiet keine aufschwimmbaren Gegenstände oder Materialien gelagert bzw. Baumaschinen und Arbeitsgeräte, etc. abgestellt werden. Dies bedeutet, dass Baumaschinen, Arbeitsgeräte, etc. arbeitstäglich aus dem jeweiligen Überschwemmungsgebiet herauszufahren und außerhalb diesem auf den ausgewiesenen BE-Flächen abzustellen sind.

Bei der Herstellung des Durchlassbauwerkes ist die offene Baugrube durch einen umschließenden Wall (OK Wall mind. 1,0 m über GOK) bzw. über im Bedarfsfall einzubringende Kalandielen (OK Diele 1,0 m über GOK) vor Hochwasser zu schützen.

Die Lage der Baustelleneinrichtung zur Herstellung des Durchlassbauwerkes ist im Plan Nr. 3.3 dargestellt. Das in dem betreffenden Bereich auf einer Höhe von rd. 255,60 bis 256,00 müNHN anstehende Gelände ist hier im mindestens 1,0 m aufzuhöhen (d.h. auf mind. 257,00- 257,50 müNHN). Zur Realisierung dieses „Plateaus“ kann (unter Beachtung der in Bezug auf Fremd-/ bzw. Liefermaterialien definierten Vorgaben) ggf. Stützkörpermaterial verwendet werden. Nach Herstellung des Durchlassbauwerkes ist die gegenüber dem anstehenden Gelände hergestellte Erhöhung wieder zu entfernen.

Der Hengstbach wird in der Zeit der Herstellung des Durchlassbauwerkes umgeleitet. Die Gewässerumleitung ist mit einem ausreichend großen Fließquerschnitt auszuführen (mindestens Gewässerprofil Hengstbach). Dies gilt auch für die Gewässerüberfahrten (mindestens 2 x DN 1000).

Bei der Herstellung des Durchlassbauwerks werden Betonarbeiten erforderlich. Durch die vorherige Umleitung des Hengstbaches und der umschlossenen Baugrube, wird der Eintrag von Betonschlämmen in das Gewässer verhindert. Die in der Baugrube anfallenden Schlämme und Baureste sind aufzunehmen und zu entsorgen.

Baubedingte Gewässertrübungen lassen sich nicht vollständig verhindern, da diese bereits beim Eingreifen in die Gewässersohle bzw. Ufer entstehen. Die Gewässertrübungen treten erfahrungsgemäß nur kurzfristig auf und unterscheiden sich kaum von den Trübungen, die bei Hochwasserereignissen entstehen.

Verschmutzungen bleiben mitunter nicht aus und sind auf ein Minimum zu reduzieren. Verunreinigungen sind in jedem Fall auszuschließen. Da mit Baufahrzeugen am und im Gewässer gearbeitet wird, ist im Unterwasser eine Ölsperre mit ausreichendem Abstand zum Durchlass der K49 vorzusehen. Ferner kann in den Ausschreibungsunterlagen die Verwendung von biologisch abbaubaren (Hydraulik-)Ölen gefordert werden.

13 KOSTEN

13.1 Kostenberechnung

Die Baukosten der einzelnen Titel für das HRB Haiger Sechshelden, sowie die Maßnahmen am Imbach, einschließlich der landschaftspflegerischen Maßnahmen, die zur Herstellung des Bauwerks erforderlich werden bzw. im direkten Zusammenhang mit der Bautätigkeit stehen, sind nachfolgend tabellarisch aufgeführt. Zu Grunde gelegt wurden Mittelpreise vergleichbarer Baumaßnahmen der letzten Jahre. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es in den letzten 3 Jahren zu einem starken Anstieg der Baupreise gekommen ist. Der diesbezügliche Erfahrungswert des unterzeichnenden Büros liegt in der Größenordnung von bis zu 30%. Dieser Sachverhalt wurde berücksichtigt. Die detaillierte Kostenberechnung findet sich im Anhang W5.

Ferner wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Oberboden unter den BE- und Lagerflächen wird im Nachgang wieder eingebaut
- alle BE- und Lagerflächen werden temporär befestigt
- Oberboden unter der Dammaufstandsfläche wird abgefahren
- Dammböschungen werden mit neuem Oberboden (Liefermaterial) angedeckt
- Böden sind unbelastet bzw. sind gem. LAGA-Zuordnungsklasse Z1.2 (max.) zu verwenden
- Messungen an den Sicker- und Grundwassermessstellen erfolgen manuell (keine Datenlogger o.ä.)

Tabelle 19: Zusammenstellung der Baukosten nach Titeln

Titel	Leistung	Kosten (aufgerundet)
1	Baustelleneinrichtung und Verkehrssicherung	325.300,00 €
2	Baugelände vorbereiten	22.180,00 €
3	Erdbau	1.120.200,00 €
4	Wasserhaltung	98.700,00 €
5	Beton- und Stahlbetonarbeiten	776.460,00 €
6	Stahlbau und Einbauten	125.315,00 €
7	Technische Ausrüstung	90.550,00 €
8	Mess- und Kontrolleinrichtungen	111.345,00 €
9	Straßen- und Wegebau	45.820,00 €
10	Landschaftspflegerische Maßnahmen	60.675,00 €
	Baukosten, netto	2.776.545,00 €
	19% Mehrwertsteuer	527.543,55 €
	Baukosten, brutto	3.304.088,55 €

Die Baukosten belaufen sich auf **3,3 Mio. €, brutto**.

Hinzuzurechnen sind die erforderlichen wasserbaulichen sowie natur- und artenschutzrechtlichen Ausgleichsmaßnahmen. Diese belaufen sich auf zusammen rd. 413.500,00 €, brutto.

Tabelle 20: Zusammenstellung der Kosten für die Ausgleichsmaßnahmen

Titel	Leistung	Kosten (aufgerundet)
11	Wasserbauliche Ausgleichsmaßnahmen	325.300,00 €
12	Natur- und Artenschutzrechtliche Ausgleichsmaßnahmen	22.180,00 €
	Baukosten, netto	347.480,00 €
	19% Mehrwertsteuer	66.021,20 €
	Baukosten, brutto	413.501,20 €

Damit ergeben sich die **anzusetzenden Gesamtkosten** (Baukosten und Ausgleichsmaßnahmen) **zu rd. 3,7 Mio. €, brutto.**

Nicht enthalten sind anfallende Kosten für:

- Grunderwerb
- Entschädigungs-/ Ausgleichszahlungen
- Kampfmittelsondierung
- Ingenieurhonorare
- Gebühren zur Durchführung des Genehmigungsverfahrens und Bescheidserlangung
- Kosten zur Aufstellung des Beckenbuches einschließlich Betriebsvorschrift und Sicherheitsbericht Teil A sowie zur Durchführung des Probestaus

13.2 Unterhaltungskosten

Unterhaltungskosten fallen zum einen für die

- Überwachung des Beckenbetriebes in hochwasserfreien Zeiten und während/nach Einstauereignissen (u.a. Kontrollmessungen, regelmäßige Begehungen),
- die regelmäßigen Wartungen und Instandsetzungen (u.a. Mahd der Böschungen, Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Schütze) sowie für
- die Verwaltung der Anlage (Abstimmungen mit Aufsichtsbehörden, Erstellung von Sicherheitsberichten Teil B, Koordination von Leistungen Dritter) an.

Das Überwachungs-, Wartungs- und Instandsetzungsprogramm wird in der Betriebsvorschrift festgelegt. Die Zuständigkeiten hierfür liegen beim Betreiber. Dieser kann einzelne Leistungen an Dritte delegieren (z.B. Kontrollmessung der Lage-/ Höhenfestpunkte). Ungeachtet dessen fallen Personalkosten (z.B. für den Stauwärter und Verwaltung) an. Hierbei ist es erfahrungsgemäß so, dass keine volle Stelle für die Erfüllung dieser Aufgaben (für ein HRB) geschaffen wird.

Die zu erwartenden Unterhaltungskosten werden zu 16.000,00 € / Jahr („Grundkosten“) abgeschätzt.

Grundlage für diese Abschätzung bilden die Erfahrungswerte von Wasserverbänden mit vergleichbaren Hochwasserrückhaltebecken. Berücksichtigt ist die Reinigung der Geschwemm-selabweiser am HRB und am Imbach 2 x pro Jahr.

Die Höhe der Unterhaltungskosten kann je nach Häufigkeit der Einstauereignisse im Becken nach oben variieren, da die Einsatzzeit des Betriebspersonals sich in solchen Fällen erhöht. Anmerkung: Die Durchführung eines Probestaus ist separat zu betrachten und wurde nicht mit eingerechnet.

Zusätzlich können weitere Kosten für Maßnahmen, die nach einem Hochwasserereignis erforderlich werden, anfallen. Für die landschaftspflegerischen bzw. naturschutzrechtlichen Ausgleichsmaßnahmen wurden seitens MODUS Consult GmbH (/U30/) nachfolgende Kosten ermittelt.

Tabelle 21: Zu erwartende Kosten während des Beckenbetriebes; Resultat des Naturschutzes (Kompensation)

	Leistungsbeschreibung	Kostenschätzung		
		Menge	Kosten je Einheit	Kosten
V6_{FFH}	Begleiten der Sukzession durch ggf. eingreifen nach einem Ausfall von Gehölzen nach einem Hochwasser			5.205 €
	Entfernen fremder Baumarten (Annahme 5 Durchgänge à rd. 600 €, innerhalb von 25 Jahren)	280 m ²	11,00 €/m ²	3.080 €
	Heister liefern (Annahme auf 1/10 von 2.800 m ² notwendig= 280 m ²)	125 St.	2,00 €/St.	250 €
	Heister pflanzen	125 St.	5,00 €/St.	625 €
	Herstellungs- und Entwicklungspflege von Heistern	125 St.	10,00 €/St.	1.250 €
V7_{FFH}	Aufräumen des Beckens nach einem Einstau (Entfernung dicker Schlammauflagen, Treibgut, Müll usw.)			75.000 €
	Entfernen dicker Schlammauflagen, Treibgut, Müll usw. nach einem Hochwasser über 25 Jahre (Annahme: auf durchschnittlich 10.000 m ² , 1x/ Jahr, 1 Mann mit Bagger 800 €, 1 Mann mit Schaufel 320 €, 1x abfahren 800 € pro Tag, Entsorgung für 1.000 €)	25 St.	3.000,00 €/St.	75.000 €

Weitere Kosten, die hier aufgrund der unvorhersehbaren Mengen der Materialien und oder der Hochwasserereignisse nicht abgeschätzt werden können, sind einzukalkulieren für:

- Einbau von Sohlsubstrat im Kolk, nach dessen Ausspülen während eines Hochwasserereignisses
- (unwahrscheinlicher) Abtrag des Oberbodens auf der luftseitigen Böschung; hier Räumen des abgetragenen Oberbodens, Wiederauffüllung der Böschung und Ansaat
- Verkehrssicherungsmaßnahmen und Personalkosten Dritter bei einem Hochwasserereignis > HQ5

13.3 Kosten-Nutzen-Betrachtung

Bereits im Ergebnisbericht des „Hochwasserkonzeptes Hengstbach Sechshelden“ (/U1/, siehe Anhang W1) wurde im Kapitel 8 eine Kosten-Nutzen-Berechnung durchgeführt. Betrachtet hierbei wurde u.a. ein Hochwasserrückhaltebecken, welches mit einem Speichervolumen von 55.000 m³ einen 100-jährlichen Schutzgrad für die Ortschaft sicherstellt. Die Baukosten wurden zum damaligen Zeitpunkt, d.h. vor 8 Jahren über einen spezifischen (Brutto)-Kostenfaktor von 22 €/m³ mit 1,21 Mio. €, brutto abgeschätzt. Der Wert des Kosten-Nutzen-Verhältnisses (NKV) ergab sich zu 1,12.

Mit Blick auf die im vorgenannten Kapitel berechneten (Brutto)-Baukosten zeigt sich, auch ohne erneute Berechnung, dass die geplante Maßnahme einen NKV-Wert unter 1 aufweist und damit unter rein ökonomischen Kriterien als unwirtschaftlich anzusehen ist. Grund hierfür liegt u.a. auch bei der massiven Baupreissteigerung zu sehen.

Demgegenüber steht der Schutz der Bevölkerung, der vor der reinen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in den Vordergrund zu stellen ist (Daseinsvorsorge). Dem Bau des Hochwasserrückhaltebeckens und der weiteren Maßnahmen im Unterwasser sollte daher eine sehr hohe Priorität eingeräumt werden.

13.4 Honorarzone

Gemäß /U24/ ist für die geplante Maßnahme die Honorarzone anzugeben.

Das zu planende Objekt ist mit einem Speichervolumen von 69.200 m³ und einer Höhe von 9,6 m (Gründungssohle, Vgl. Kap. 6.1) gemäß der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (kurz HOAI 2013) und der darin enthaltenen Objektliste in Anlage 12 zu §43, Kapitel 12.2 in die Gruppe 3 „Bauwerke und Anlagen des Wasserbaus“ in die Honorarzone III (HRB und Talsperren bis 5 m Dammhöhe über Sohle oder bis 100.000 m³ Speicherraum) einzustufen.