WALD + CORBE
BERATENDE INGENIEURE

KÖNIGSBACH-STEIN
ENZKREIS

Flussgebietsuntersuchung für das Einzugsgebiet des Bruchbachs
- Ortslage Stein -

Erläuterungsbericht

November 2017

WALD + CORBE GmbH & Co. KG
Hauptsitz Hügelsheim
Am Hecklehamm 18 76549 Hügelsheim
Tel. +49 7229 1876-00 Fax +49 7229 1876-777

www.wald-corbe.de

Hügelsheim Stuttgart Haslach Speyer

WALD + CORBE
BERATENDE INGENIEURE

Flussgebietsuntersuchung für das Einzugsgebiet des Bruchbachs

- Ortslage Stein -

Erläuterungsbericht

Projektnummer	101.16.047
	101.16.101
Projektbearbeitung	M. Sc. G.Falasca
	M. Sc. F.Breuer
	Dr. techn. T. Fischer-Antze
	Dipl.-Hyd. M. Fritz
	Dr.-Ing. H. Göppert
Bericht	Bericht_20180119.docx

Hügelsheim, im November 2017

WALD + CORBE GmbH & Co. KG

WALD + CORBE
BERATENDE INGENIEURE

WALD + CORBE
BERATENDE INGENIEURE

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung **1**

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung 1

1.2 Vorgehensweise 4

2 Datengrundlagen **10**

2.1 Allgemeines 10

2.2 Digitales Geländemodell 10

2.3 Vermessung (Gewässer, HW-Marken) 10

2.4 Hydraulische Modelle (HWGK, FGU) 11

2.5 Derzeitige Hochwassergefahrenkarten des Landes (2015) 11

2.6 Abgelaufenes Hochwasserereignisse 12

2.6.1 HW-Ereignis vom 01.06.2013 12

2.6.2 HW-Ereignisse in 2016 (07.06.2016, 25.06.2016) 13

2.6.3 Frühere Hochwasserereignisse 15

2.7 Auswertung radargemessener Niederschläge für das Starkregenereignis vom 07.06.2016 15

2.8 Ortsbegehungen 16

2.9 Paralleluntersuchung - Sicherheitsüberprüfung von 8 HRB 16

3 Flussgebietsuntersuchung – Ablauf und Grundlagen **17**

3.1 Organisation 17

3.2 Untersuchungsablauf 17

3.3 Untersuchungsbereich 19

3.4 Vorarbeiten (Vermessungsarbeiten) 19

3.5 Hydrologisches Flussgebietsmodell „FGM-Pfinztal“ 20

3.5.1 Hydrologische Berechnungen mit dem aktualisierten FGM-Pfinztal 20

3.5.2 Theoretische Grundlagen zum Flussgebietsmodell FGM 21

3.6 Hydraulische Modellrechnungen 21

3.6.1 1D Programmsystem HEC-RAS 24

3.6.2 Programmsystem SWMM (Kanalnetzberechnung) 24

3.6.3 2D-Strömungsmodell HYDRO_AS-2D 24

3.6.4 Programmsystem Hystem-Extran (Kanalnetzmodell) 25

3.7 Modellanpassung 26

3.8 Nachrechnung von synthetischen (statistischen) Starkregenereignissen 26

3.8.1 Nachgerechnete statistische Niederschlagsereignisse N (T, T_D) 27
3.8.2 Niederschlagsstatistik (KOSTRA-Niederschläge des DWD) 27
3.9 Lastfall Klimaänderung (T= 100 Jahre) 29
3.9.1 Allgemeines 29
3.9.2 FGM-Nachrechnung des Lastfalles Klimaänderung (T = 100 Jahre) 33
3.10 Ausarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung des HW-Schutzes 33
3.10.1 Grundsätze für die Entwicklung einer HW-Schutzkonzeption 34
3.10.2 Wahl des HW-Schutzgrades 34
3.10.3 Grobe Kostenschätzung der Maßnahmen (Kostenrahmen) 36
3.11 Dokumentation der Untersuchungsergebnisse 37

4 Hydrologisches Flussgebietsmodell (Aktualisierung) 38
4.1 FGM-Aktualisierung: Räumliche Gliederung 38
4.2 FGM-Aktualisierung: Ortsentwässerung 38
4.3 FGM-Aktualisierung: Rückhaltungen (HRB) 38
4.3.1 Grundlage zur Steuerung von Hochwasserrückhaltebecken 38
4.3.2 Rückhaltungen (Bestand) 39
4.3.3 Erkundung möglicher Standorte für Rückhaltungen 52
4.4 FGM-Aktualisierung: Wellenverformung (Flood-Routing) 62
4.5 Nachgerechnete statistische HW-Ereignisse (Regendauer, Jährlichkeit) 62
4.6 FGM-Berechnungsvarianten (Bebauung, HRB-Lösungen) 62
4.7 FGM-Berechnungen für den Ist-Zustand (FGM-Variante „I0“) 67
4.8 FGM-Berechnungen für die vorgeschlagene HRB-Lösungsvariante „P19“ 72
4.9 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T-Werte) 77

5 Hydraulische Berechnungen – Bestandsanalyse 79
5.1 Allgemeines 79
5.2 Teilbereich Wagnerstraße (Heidelsterbach) 81
5.3 Teilbereich Kuchental-, Fallfeldgraben 84
5.4 Teilbereich Bruch-, Gennenbach 87
5.5 Bestandsanalyse - Zusammenfassung 93

6 Abgelaufene HW-Ereignisse 95
6.1 Hochwasserereignis vom 21.12.1993 96
6.2 HW-Ereignis vom 01.06.2013 96
6.3 Weitere (frühere) Hochwasserereignisse 97
6.4 HW-Ereignisse vom 25.06.2016 98

6.5 HW-Ereignisse vom 07.06.2016 99
6.5.1 HW-Dokumentation 99
6.5.2 Einordnung von HW-Marken 100
6.5.3 Auswertung radargemessener Niederschläge 102

7 HW-Schutzkonzeption – vorgeschlagene Lösung 106
7.1 Allgemeines 106
7.2 Wahl des HW-Schutzgrades 106
7.3 Vorgeschlagene HRB-Lösung (FGM-Var. „P19“) 107
7.4 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen 107
7.4.1 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Lindtalgraben 109
7.4.2 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Bruchbach Ost 112
7.4.3 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Bruchbach Mitte 115
7.4.4 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Gennenbach 121
7.4.5 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Fallfeldgraben 124
7.4.6 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Kuchentalgraben 128
7.4.7 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Wagnerstraße (Heidelsterbach) 130
7.4.8 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Königsbacher Berg / Falkenweg / Bussardweg, Hangwasser 132
7.5 Vorgeschlagene HW-Schutzkonzeption Stein - Zusammenfassung 139
7.6 Kostenschätzungen (Kostenannahmen) für die HWS-Maßnahmen 141
7.7 Nutzen-Kosten-Untersuchung der HWS-Konzeption Stein (Ausblick) 142

8 HW-Schutzkonzeption – ergänzende Betrachtungen 144
8.1 Untersuchte Alternativlösungen (verworfen) 144
8.1.1 Optimierung der bestehenden HRB im Osten der Teilgemeinde Stein (FGM.Var. „P10“) 144
8.1.2 HRB-484 Sandgrube (FGM-Var.“P8, P10“) 145
8.1.3 Ausbau des Grundablasses am HRB-71 Gennenbach (FGM-Var. „P20“) 148
8.1.4 Neubau HRB Eisingen (FGM-Var. „P21“) 151
8.2 Nach Abschluss der FGU vorliegende Informationen (mögliche HWS-Maßnahmen, Veränderungen, zu prüfende Aspekte) 153
8.2.1 Vorhandenes Gitter am Bruchbach 153
8.2.2 Neubau eines Stegs am Bruchbach (Station 1924 m) 155
8.2.3 Beobachtete Schwachstelle zwischen den Anwesen „Sandgrube 5 – 7“ 156
8.3 Ausblick und weiteres Vorgehen 157

9 Ergänzende HWS-Maßnahmen **158**

10 Zusammenfassung und Ausblick **164**

Quellenverzeichnis **167**

WALD + CORBE
BERATENDE INGENIEURE

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	HW-Marke in Stein (Rathaus)	2
Abbildung 1.2:	HW vom 07.06.2016 – Überflutungen in Stein (Quelle: Anwohner privat)	3
Abbildung 1.3:	FGM-Pfinztal – Übersichtskarte der FGU-Stein	6
Abbildung 1.4:	FGM-Pfinztal - Übersichtskarte des Bearbeitungsgebiets der FGU-Stein (Bruchbach)	7
Abbildung 1.5:	Übersichtskarte Ortsbereich Stein	8
Abbildung 1.6:	FGM-Pfinztal - Ausschnitt der Systemskizze für den Bereich der FGU-Stein (Bruchbach)	9
Abbildung 2.1:	Ausschnitt der aktuellen HWGK, Stand 2015, Bereich Stein, Bruchbach und Gennenbach	12
Abbildung 2.2:	Stein, HW 07.06.2016, Bereich Neue Brettener Straße (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)	13
Abbildung 2.3:	Stein, HW 07.06.2016, Bereich Neue Brettener Straße/Marktplatz (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)	14
Abbildung 2.4:	Stein, HW 07.06.2016, Bereich Marktplatz (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)	14
Abbildung 2.5:	Stein, HW 07.06.2016, Bereich Bachgasse (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)	15
Abbildung 3.1:	Allgemeines Ablaufschema einer Flussgebietsuntersuchung (FGU)	18
Abbildung 3.2:	Übersichtskarte der hydraulisch nachgebildeten Gewässerabschnitte und Talräume	23
Abbildung 3.3:	Lage der im Untersuchungsgebiet maßgebenden KOSTRA-Rasterelemente 23-82, 24-82	28
Abbildung 3.4:	Vergleich KOSTRA, KOSTRA-2000 (Sommer, Winter) nach DWD (2005)	30
Abbildung 3.5:	Vergleich von FGM-Berechnungen (fiktives Testgebiet) aus KOSTRA (DWD, 1997), KOSTRA-2000 (DWD, 2005/2009) und LF Klimaänderung	32
Abbildung 3.6:	Regionen mit unterschiedlichen Klimaänderungsfaktoren (LfU/LUBW, 2005)	32
Abbildung 3.7:	Schutzgradempfehlung nach LfU/LUBW (2005)	35
Abbildung 4.1:	Abgabearten von Hochwasserrückhaltebecken (nach Ihringer, 2005)	39
Abbildung 4.2:	Übersichtskarte der im Bereich Stein bestehenden (blaues Dreieck) und möglichen (rosa Dreieck) Rückhaltungen (HRB)	41
Abbildung 4.3:	Dammbauwerk HRB Pfitztal (Stauraum linksseitig)	43
Abbildung 4.4:	Stauraum HRB Pfitztal	43
Abbildung 4.5:	Dammbauwerk HRB Lindtal (Stauraum linksseitig)	45

Abbildung 4.6: Seitlicher Zulauf zum Becken mit Rechen 45
Abbildung 4.7: Wasserseitige Dammböschung HRB Neulinger Grund 47
Abbildung 4.8: Hochwasserereignis Juni 1013: Einstau des HRB Neulinger Grund 47
Abbildung 4.9: HRB Kuchental Absperrdamm mit Einlaufbauwerk Grundablass 49
Abbildung 4.10: Hochwasserereignis Juni 2013: Einstau des HRB Kuchental 49
Abbildung 4.11: Bilfingerstraße auf der Dammkrone des HRB Gennenbachtal (Stauraum rechtsseitig) 51
Abbildung 4.12: Bilfingerstraße auf der Dammkrone des HRB Gennenbachtal (Stauraum linksseitig) 51
Abbildung 4.13: Mögliches HRB-484a – Lageskizze 53
Abbildung 4.14: Mögliches HRB-484 Bruchbach – Lageskizze 55
Abbildung 4.15: Mögliches HRB-484 Bruchbach - Fotodokumentation 56
Abbildung 4.16: Mögliches HRB-Fallfeld – Lageskizze 58
Abbildung 4.17: Mögliches HRB-Fallfeld - Fotodokumentation 58
Abbildung 4.18: Mögliches HRB-Eisingen – Lageskizze 60
Abbildung 4.19: Lageplan ausgewählter Gewässerstellen zur Darstellung der HQ_T-Werte 67
Abbildung 4.20: Bruchbach im Bereich Ortseingang Stein, Sandgrube, HW-Ganglinien T=100a der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Regendauern T_D 70
Abbildung 4.21: Bruchbach im Bereich Ortseingang Stein, Sandgrube, HW-Ganglinien T_D=24h der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten T 70
Abbildung 4.22: Gennenbach Zulauf HRB Gennenbach, HW-Ganglinien T=100a der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Regendauern T_D 71
Abbildung 4.23: Gennenbach Zulauf HRB Gennenbach, HW-Ganglinien T_D=1h der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten T 71
Abbildung 5.1: Übersichtskarte der hydraulisch untersuchten Gewässerabschnitte - Unterteilung in Teilbereiche 80
Abbildung 5.2: Teilbereich Heidelsterbach – Überflutungskarte (10a,20a,50a,100a, 100aKlima) für den Ist-Zustand 81
Abbildung 5.3: Teilbereich Heidelsterbach – Wassertiefenkarte (100a) für den Ist-Zustand 82
Abbildung 5.4: Teilbereich Kuchental-, Fallfeldgraben – Überflutungskarte (10a,20a,50a,100a, 100aKlima) für den Ist-Zustand 85
Abbildung 5.5: Teilbereich Kuchental-, Fallfeldgraben – Wassertiefenkarte (100a) für den Ist-Zustand 85

Abbildung 5.6: Teilbereich Bruch-, Gennenbach – Überflutungskarte (10a,20a,50a,100a, 100aKlima) für den Ist-Zustand 88
Abbildung 5.7: Teilbereich Bruch-, Gennenbach – Wassertiefenkarte (100a) für den Ist-Zustand 88
Abbildung 5.8: Detailausschnitt Verdolung Mündungsbereich Bruch-, Gennenbach 90
Abbildung 5.9: Längsschnitt Verdolung Bruchbach, WSP-Lagen HQ10, HQ20, HQ50, HQ100, HQ100K 91
Abbildung 5.10: Längsschnitt Verdolung Gennenbach, WSP-Lagen 93
Abbildung 6.1: Walter-Rathenau-Straße, HW-Ereignis 01.06.2013 (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein) 97
Abbildung 6.2: HW-Ereignis 25.06.2016, Königsbacher Berg, Abfluss über Straße (Quelle Anwohner) 98
Abbildung 6.3: HW-Ereignis 25.06.2016, Königsbacher Berg, Abfluss durch Gärten (Quelle Anwohner) 99
Abbildung 6.4: HW-Ereignis 07.06.2016, Abfluss über Neue Brettener Straße (Quelle Anwohner) 100
Abbildung 6.5: Kuchental-, Fallfeldgraben, HW-Marken und daraus generierte Überflutungsfläche des HW-Ereignisses 2016 101
Abbildung 6.6: Kuchental-, Fallfeldgraben, berechnete Flächenausbreitung bei HQ5000 und aus HW-Marken 2016 generierte Flächenausbreitung 102
Abbildung 6.7: 30min-Niederschlagssummen des Ereignisses vom 07.06.2016 aus angepassten radargemessenen Niederschlägen 103
Abbildung 7.1: Teilbereiche der vorgeschlagenen HWS-Konzeption 108
Abbildung 7.2: Lageplan HRB-38 Lindtal mit vorgeschlagener HWS-Maßnahme LT1 110
Abbildung 7.3: Fließwegberechnung Bereich Lindtal mit vorgeschlagener HWS-Maßnahme LT1 110
Abbildung 7.4: Verklauster Straßendurchlass des Zulaufgrabens, LT1 111
Abbildung 7.5: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Ortseingang Stein, Sandgrube 113
Abbildung 7.6: Vorhandener Straßendurchlass DN1600, HWS-Maßnahme BB1 114
Abbildung 7.7: Wehranlage im Bruchbach, HWS-Maßnahme BB3 114
Abbildung 7.8: Vorgeschlagene Gewässeraufweitung, HWS-Maßnahme BB3 115
Abbildung 7.9: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Stein Zentrum, Querung L611 117
Abbildung 7.10: Ertüchtigung durchlässige HWS-Mauer, Maßnahme BB4 117
Abbildung 7.11: Verlängerung Mauer, HWS-Maßnahme BB6 118
Abbildung 7.12: Umbau Sohlschwelle zu Drossel 1m³/s, HWS-Maßnahme BB5 119
Abbildung 7.13: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Stein Zentrum, Hansenwiesenspange 120

Abbildung 7.14: Entfernung Sohlablagerung und Herstellung Plan-Zustand, HWS-Maßnahme BB7 120
Abbildung 7.15: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Gennenbach 122
Abbildung 7.16: Verdolungseinlauf Gennenbach, Verlegung des Einlaufrechens ohne HW-Abfluss vom 09.10.2008 (Quelle: Anwohner) 123
Abbildung 7.17: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen Fallfeld (vor der Ortslage) 125
Abbildung 7.18: Mögliche HWS-Maßnahmen Fallfeld, Machbarkeitsstudie HRB Fallfeld und HW-Ableitung 126
Abbildung 7.19: Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600, HWS-Maßnahmen FF1 – FF3 127
Abbildung 7.20: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Kuchentalgraben 129
Abbildung 7.21: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Heidelsterbach 131
Abbildung 7.22: Materialabtrag (Erde und Geschwemmsel) beim HW 07.06.2016, Königsbacher Berg 133
Abbildung 7.23: Freigeräumter Einlauf am Königsbacher Berg, massiver Materialeintrag aus angrenzender Ackerfläche, HW 25.06.2016 (Quelle: Gemeinde) 134
Abbildung 7.24: Räumliche Gliederung des FGM-Detailmodells Königsbacher Berg 135
Abbildung 7.25: Systemskizze des FGM-Detailmodells Königsbacher Berg 135
Abbildung 7.26: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Detailmodell Königsbacher Berg 137
Abbildung 8.1: Untersuchte HWS-Maßnahmen „P20“ (verworfen) am Gennenbach 149
Abbildung 8.2: Abflusshindernis am Bruchbach, Gitter und Zaun, Frontalaufnahme 154
Abbildung 8.3: Abflusshindernis am Bruchbach, Gitter und Zaun, Aufnahme seitlich 154
Abbildung 8.4: Neubau nicht vermessener Brücke am Bruchbach 155
Abbildung 8.5: Beschriebene Schwachstelle am Bruchbach, „Sandgrube 5 - 7“ 156
Abbildung 9.1: Hochwasserschutzstrategie des Landes Baden-Württemberg (WBW, 2016) 158

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Klimaänderungsfaktoren (LfU/LUBW, 2005)	33
Tabelle 4.1:	Bestehenden Rückhaltungen im Einzugsgebiet von Stein	40
Tabelle 4.2:	Kennwerte des bestehenden HRB-35 Pfitztal, FGM-Kn. 466 (WALD+CORBE 2017)	42
Tabelle 4.3:	Kennwerte des bestehenden HRB-38 Lindtal, FGM-Kn. 489 (WALD+CORBE, 2017)	44
Tabelle 4.4:	Kennwerte des bestehenden HRB-42 Neulinger Grund, FGM-Kn. 478 (WALD+CORBE, 2017)	46
Tabelle 4.5:	Kennwerte des bestehenden HRB-52 Kuchental, FGM-Kn. 489 (WALD+CORBE, 2017)	48
Tabelle 4.6:	Kennwerte des bestehenden HRB-71 Gennenbach, FGM-Kn. 561 (WALD+CORBE, 2017)	50
Tabelle 4.7:	Erkundete mögliche neue Standorte für Rückhaltungen (HRB)	52
Tabelle 4.8:	Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-484a Bruchbach	54
Tabelle 4.9:	Rückhaltewirkungslinie des mögliches HRB-484a Bruchbach (Basis: FGM-Var. „P0“)	54
Tabelle 4.10:	Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-484b Bruchbach	56
Tabelle 4.11:	Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-Fallfeld	59
Tabelle 4.12:	Rückhaltewirkungslinie des mögliches HRB-Fallfeld (Basis: FGM-Var. „P0“)	59
Tabelle 4.13:	Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-Eisingen	61
Tabelle 4.14:	Rückhaltewirkungslinie des mögliches HRB-Eisingen (Basis: FGM-Var. „P0“)	61
Tabelle 4.15:	Untersuchte FGM-Berechnungsvarianten	64
Tabelle 4.16:	FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T-Werte) der FGM-Varianten „I0“ (Ist-Zustand) an ausgewählten Gewässerstellen	68
Tabelle 4.17:	Füllung der fünf vor Stein bestehenden HRB bei der FGM-Varianten „I0“ (Ist-Zustand). Zellen sind markiert, wenn $S_{(h)T} > S_{(vorh)}$	69
Tabelle 4.18:	FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T-Werte) der favorisierten HRB-Lösungsvariante „P19“ an ausgewählten Gewässerstellen	72
Tabelle 4.19:	Füllung der 5 vor Stein bestehenden HRB bei der FGM-Varianten „P19“ (Plan-Zustand). Zellen sind markiert, wenn $S_{(h)T} > S_{(vorh)}$	73
Tabelle 4.20:	Favorisierte HRB-Lösungsvariante „P19“	74
Tabelle 4.21:	Beckenwirkung HRB-35 Pfitztal (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“	74
Tabelle 4.22:	Beckenwirkung HRB-38 Lindtal (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“	75

Tabelle 4.23:	Beckenwirkung HRB-42 (Neulinger Grund) der favorisierten HRB-Lösung „P19“	75
Tabelle 4.24:	Beckenwirkung HRB-52 Kuchental (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“	76
Tabelle 4.25:	Beckenwirkung HRB-71 Gennenbach (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“	76
Tabelle 4.26:	FGM-Berechnungsergebnisse HQ_T-Werte der FGM-Varianten „I0“ (Ist-Zustand), „P0“ (Beb.-Plan-Zustand) und „P19“ (favorisierte HRB-Lösung) an ausgewählten Gewässerstellen	77
Tabelle 5.1:	Im Heidelsterbach auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)	81
Tabelle 5.2:	Im Kuchentalgraben auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)	84
Tabelle 5.3:	Im Fallfeldgraben auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)	84
Tabelle 5.4:	Im Teilbereich Bruch-, Gennenbach auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)	87
Tabelle 6.1:	Dauer-Intensitäts-Häufigkeits-Diagramm, Bereich Königsbach-Stein	105
Tabelle 7.1:	Vorgeschlagen HRB-Lösungsvariante „P19“	107
Tabelle 7.2:	HW-Abflüsse im Lindtalgraben – FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)	109
Tabelle 7.3:	Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a) im Teilbereich Lindtal	111
Tabelle 7.4:	HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)	112
Tabelle 7.5:	Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a) im Teilbereich Bruchbach Ost	115
Tabelle 7.6:	HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)	116
Tabelle 7.7:	Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a,Klima) im Teilbereich Bruchbach Mitte	121
Tabelle 7.8:	HW-Abflüsse im Bereich Gennenbach, FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)	121
Tabelle 7.9:	Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a,Klima) am Gennenbach	124
Tabelle 7.10:	HW-Abflüsse im Bereich Fallfeldgraben, FGM-Variante „P19“ (ohne ein mögliches HRB-Fallfeld)	124
Tabelle 7.11:	Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen (T = 20a – 100a,Klima) am Fallfeldgraben	128

Tabelle 7.12: HW-Abflüsse, im Bereich Kuchentalgraben, FGM-Variante „P19“ (vorgeschlagene HWS-Lösung) 128
Tabelle 7.13: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a) am Kuchentalgraben 130
Tabelle 7.14: HW-Abflüsse im Bereich Heidelsterbach– FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung) 130
Tabelle 7.15: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a,Klima) am Heidelsterbach 132
Tabelle 7.16: Aufgetretene HW-Abflüsse, FGM-Detailmodell Königsbacher Berg – FGM-Variante „I0“ 136
Tabelle 7.17: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100aKlima), Königsbacher Berg 138
Tabelle 7.18: Vorgeschlagene HW-Schutzkonzeption Stein 139
Tabelle 7.19: Kostenschätzungen (Kostenannahmen) für die HW-Schutzkonzeption Stein (Brutto-Gesamtkosten, ohne Grunderwerb und Ausgleichsmaßnahmen), mit HWS-Fallfeldgraben 141
Tabelle 8.1: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P14“ 145
Tabelle 8.2: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P8“ 146
Tabelle 8.3: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P10“ 147
Tabelle 8.4: Kostenschätzung des Neubaus eines HRB-484 Sandgrube 147
Tabelle 8.5: HW-Abflüsse im Bereich Gennenbach, FGM-Variante „P20“ 149
Tabelle 8.6: Kostenschätzung der HWS-Maßnahmen der Variante „P20“ 150
Tabelle 8.7: HW-Abflüsse im Bereich Gennenbach, FGM-Variante „P21“ 152
Tabelle 8.8: Kostenschätzung der HWS-Maßnahmen der Variante „P21“ 153

Anlagenverzeichnis

Anlage A **Hydrologische Berechnungen**

Anlage A.1 Übersichtslagepläne

Anlage A.1.1 FGM-Übersichtskarte

Anlage A.1.2 FGM-Systemskizze

Anlage A.2 FGM-Modellstruktur

Anlage A.2.1 Modellparameter und Regionalisierungsverfahren

Anlage A.2.2 Teilgebietskenngrößen

Anlage A.2.3 Ortsentwässerungskenngrößen

Anlage A.2.4 Flood-Routing der Gewässer (Fließzeit)

Anlage A.2.4 HRB-Kenngrößen

Anlage A.3 KOSTRA Bemessungsniederschlag

Anlage A.3.1 Übersichtskarte KOSTRA-Raster

Anlage A.3.2 Verwendetes DIH-Diagramm KOSTRA

Anlage A.4 FGM-Berechnungsergebnisse

Anlage A.4.1 FGM-Berechnungsvarianten

Anlage A.4.2 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante U0

Anlage A.4.3 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante U1

Anlage A.4.4 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante U2

Anlage A.4.5 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante I0

Anlage A.4.6 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante P0

Anlage A.4.7 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante P8

Anlage A.4.8 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante P10

Anlage A.4.9 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante P19

Anlage A.4.10 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante P20

Anlage A.4.11 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T) der Variante P21

Anlage A.5 Radargemessene Niederschläge, HW-Ereignis 07.06.2016

Anlage A.5.1 5min-Niederschlagssumme, HW 07.06.2016, 19:18 Uhr

Anlage A.5.2 5min-Niederschlagssumme, HW 07.06.2016, 19:23 Uhr

Anlage A.5.3 5min-Niederschlagssumme, HW 07.06.2016, 19:28 Uhr

Anlage A.5.4 5min-Niederschlagssumme, HW 07.06.2016, 19:33 Uhr

Anlage A.5.5 5min-Niederschlagssumme, HW 07.06.2016, 19:38 Uhr

Anlage A.5.6 5min-Niederschlagssumme, HW 07.06.2016, 19:43 Uhr

Anlage A.5.7 30min-Niederschlagssumme, HW 07.06.2016, 19:18 – 19:43 Uhr

Anlage B Hydraulische Berechnungen

Anlage B.1 Ist-Zustand (Var. I0)

Anlage B.1.1 Übersichtskarte hydraulische Modelle

Anlage B.1.2 WSP-Längsschnitte

Anlage B.1.2.1 WSP-Längsschnitte Federbach

Anlage B.1.2.2 WSP-Längsschnitte Fuchslochgraben

Anlage B.1.2.3 WSP-Längsschnitte Hägenachgraben

Anlage B.1.2.4 WSP-Längsschnitte Arnbach

Anlage B.1.3 Überflutungskarten

Anlage B.1.3.1 Flächenausbreitung HQ_{100} und HW-Marken

Anlage B.1.3.2 Flächenausbreitung HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{50}, HQ_{100} und $HQ_{100,K}$

Anlage B.1.4 Ermittlung der Verdolungsleistungsfähigkeiten

Anlage B.1.4.1 Leistungsfähigkeit Verdolung Federbach

Anlage B.1.4.2 Leistungsfähigkeit Verdolung Fuchslochgraben

Anlage B.1.4.3 Leistungsfähigkeit Verdolung Hägenachgraben

Anlage B.1.5 Berechnungsergebnisse (HW_T-Tabellen)

Anlage B.1.5.1 HW_T-Tabellen Federbach

Anlage B.1.5.2 HW_T-Tabellen Fuchslochgraben

Anlage B.1.5.3 HW_T-Tabellen Hägenachgraben

Anlage B.1.5.4 HW_T-Tabellen Arnbach

Anlage B.2 Plan-Zustand (Var. P9)

Anlage B.2.1 WSP-Längsschnitte

Anlage B.2.1.1 WSP-Längsschnitte Federbach

Anlage B.2.1.2 WSP-Längsschnitte Arnbach

Anlage B.2.2 Überflutungskarten

Anlage B.2.2.1 Flächenausbreitung HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{50}, HQ_{100} und $HQ_{100,K}$ Federbach, Arnbach

Anlage B.2.2.2 Wassertiefen HQ_{100}, Federbach, Arnbach

Anlage B.2.3 Berechnungsergebnisse (HW_T-Tabellen)

Anlage B.2.3.1 HW_T-Tabellen Federbach

Anlage B.2.3.2 HW_T-Tabellen Arnbach

Anlage C **HW-Dokumentation 07.06.2016 + 25.06.2016**

Anlage D **CD**

1 Einführung

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Beim Hochwasserereignis vom 01.06.2013 kam es in der Region Karlsruhe – Stuttgart zu bereichsweise katastrophalen Überflutungen. Stark betroffen waren beispielsweise die Ortsbereiche von Nöttingen, Illingen, Bretten, Gondelsheim, Pforzheim und Mönsheim. Auch auf der Gemarkung von Königsbach-Stein kam es zu massiven Überflutungen. Betroffen waren hier sowohl die Ortslage Stein, als auch die Ortslage Königsbach.

Dass für die Ortslage Königsbach ein unzureichender HW-Schutz vorliegt, wurde bereits in einer früheren Flussgebietsuntersuchung (FGU) für den Kämpfelbach festgestellt (WALD+CORBE, 2001). Im Rahmen dieser FGU wurde eine HW-Schutzkonzeption für den Ortsbereich von Königsbach entwickelt. Teile der Maßnahmen wurden zwischenzeitlich realisiert (z.B. Dammbalkenverschluss am Durchlass Fahrradweg) und haben sich beim Hochwasser vom 01.06.2013 bewährt.

Die bisher im Einzugsgebiet Pfinz-Kämpfelbach durchgeführten HW-Schutzuntersuchungen (FGU) umfassen primär die Ortsbereiche von Remchingen (mit Ortsteilen), Ispringen, Königsbach und Keltern. Ergänzt werden diese großräumigen Untersuchungen um zahlreiche lokale Detailuntersuchungen. Für den Ortsbereich von Stein fehlt bisher eine entsprechende Hochwasserschutzuntersuchung (FGU).

Dass in Stein im Falle großer HW-Ereignisse mit innerörtlichen Überflutungen zu rechnen ist, zeigen nicht nur die Erfahrungen beim HW-Ereignis vom 01.06.2013, sondern auch die im Auftrag des Landes erstellten Hochwassergefahrenkarten (HWGK). Auf Stein fließen vier größere Gewässer zu, von denen der Bruchbach und der Gennenbach beides HWGK-Gewässer sind. Nach den HWGK-Berechnungen kann es an den beiden Gewässern in Stein bereits bei 10-jährlichen HW-Ereignissen zu Überlastungen mit innerörtlichen Überflutungen kommen. Auch die HWGK-Ergebnisse zeigen damit, dass zumindest für die beiden Hauptgewässer ein unzureichender HW-Schutz vorliegt. Der für Innerortsbereiche i.d.R. angestrebte 50- bis 100-jährliche HW-Schutz wird an diesen Gewässern in Stein bei weitem nicht erreicht.

Für die beiden aus Norden auf Stein zufließenden Gewässer Fallfeldgraben und Kuchentalgraben (s**.** Abbildung 1.4) liegen bisher noch keine Angaben zur HW-Gefährdung vor. Beide Gewässer sind innerorts vollständig verdolt. Die beiden Gewässer werden am Ortseingang ins Mischwassernetz eingeleitet. Bei einer am Ortseingang auftretenden Überlastung der Verdolungseinläufe (s. HW 2016) kann das Wasser nicht mehr in die teilweise außerhalb der Taltiefenlinie verlaufenden Verdolungen zurückströmen, was zu großräumigen innerörtlichen Überflutungen führt. Auf die Tatsache, dass auch hier in der Vergangenheit bereits HW-Probleme aufgetreten sind, weist das im Kuchental vorhandene Rückhaltebecken hin.

Neben diesen Hauptgewässern fließt der Ortslage von Norden mit dem Heidelsterbach ein weiteres kleineres Gewässer zu. Dass auch hier Schäden auftreten können zeigen die in 2016 aufgetretenen Hochwasserereignisse. Für eine gesamtheitliche Betrachtung der Ortslage Stein ist auch dieses kleinere Gewässer damit in eine HW-Schutzuntersuchung einzubinden.

Dass für den Ortsbereich von Stein eine große HW-Gefährdung existiert zeigen nicht nur das HW vom 01.06.2013, die in 2016 aufgetretenen Schadensereignisse und die Hochwassergefahrenkarten des Landes, sondern weitere in der Vergangenheit aufgetretene Schadensfälle wie das Ereignis vom Dezember 1993. Dass in der Historie dabei auch Extremereignisse in Stein aufgetreten sind, veranschaulicht die nachfolgende HW-Marke am Rathaus von Stein (s. Abbildung 1.1).

Abbildung 1.1: HW-Marke in Stein (Rathaus)

Da viele der Gewässer innerorts von Stein in unterschiedlich langen Bereichen verdolt sind bzw. dem Mischwassernetz zugeführt werden, waren „machbare“ HW-Schutzlösungen nur über Rückhalt (Hochwasserrückhaltebecken) möglich. Durch die sternförmig auf die Ortslage zufließenden Gewässer konnte eine

Verbesserung des HW-Schutzes über Rückhaltemaßnahmen dabei nur durch den Bau mehrerer Becken erreicht werden. Insgesamt existieren 5 Hochwasserrückhaltebecken vor der Ortslage von Stein. Beim HW vom 01.06.2013 kam es dabei teilweise zur Überlastung von Becken, so dass das Wasser nach dem Überlaufen weitgehend unabgemindert auf die Ortslage zufloss.

Außer dem großräumigen Ereignis vom 01.06.2013 trat in jüngster Vergangenheit mit dem Ereignis vom 07.06.2016 am nördlichen Ortsrand von Stein ein weiteres Ereignis auf. Das lokale Sommergewitter führte in Ortsteilen von Stein zu verheerenden Überflutungen und katastrophalen Schäden. Betroffen waren über 200 Gebäude mit zahlreichen Gewerbe- und Industriebetrieben. Die Verdolungseinläufe am Ortsrand und eines der nördlichen Hochwasserrückhaltebecken (HRB-52 Kuchental) konnten die ankommenden Wassermengen nicht mehr aufnehmen. Bei einem zweiten HRB im Nordosten von Stein gelegenen HRB-38 Lindtal kam es zu einer Verlegung eines Zulaufbauwerks. Das Wasser floss bei diesem Ereignis in den Tallagen flächig auf die Ortslage zu und strömte den Gefälleverhältnissen folgend bis zum Ortsausgang durch die Bebauung von Stein ab. Die bei dem HW-Ereignis gewonnenen Erkenntnisse (kritische Gewässer und Gewässerabschnitte, Fließwege, Schwachstellen, HRB-Überlastungen, HRB-Umströmungen, …) flossen in die vorliegende FGU-Stein ein. Die Entwicklung und Ausarbeitung von HW-Schutzlösungen ohne Einbindung dieses aktuellen HW-Ereignisses wäre der Bevölkerung kaum vermittelbar gewesen. Dabei muss allerdings auch darauf hingewiesen werden, dass ein unbegrenzter Hochwasserschutz nicht herstellbar ist. Bei solchen Naturkatastrophen wird auch nach der Realisierung von HW-Schutzmaßnahmen noch immer mit innerörtlichen Überflutungen zu rechnen sein.

Abbildung 1.2: HW vom 07.06.2016 – Überflutungen in Stein (Quelle: Anwohner privat)

Am 25.06.2016 trat am westlichen Ortsrand von Stein erneut ein lokal sehr begrenztes Starkregenereignis auf. Hierbei wurden Überflutungen (Schäden) hauptsächlich aus dem Bereich des Neubaugebiets Finkenweg und des Falken- und Bussardweges gemeldet (Hangwasser). Diese Bereiche wurden entsprechend im Rahmen der vorliegenden FGU-Stein mit behandelt (Ausarbeitung von HWS-Maßnahmen).

Zusammenfassend zeigen die bei mehreren in der jüngsten Vergangenheit aufgetretenen HW-Ereignisse mit teilweise verheerenden Schäden ebenso wie die Ergebnisse der HWGK-Berechnungen, dass in Stein ein unzureichender HW-Schutz vorliegt. Im Rahmen der vorliegenden FGU-Stein sollten daher Lösungen zur Verbesserung des HW-Schutzes ausgearbeitet werden. Um ganzheitliche Lösungen entwickeln zu können sind dabei alle acht auf die Ortslage zufließenden Gewässer zu betrachten.

1.2 Vorgehensweise

In einem ersten Untersuchungsschritt wurde auf der Grundlage aktueller Daten eine erneute Bestandsanalyse durchgeführt (Ermittlung des derzeitigen HW-Schutzes). Die teilweise auf älteren Datengrundlagen basierenden HWGK-Berechnungen (Bruchbach, Gennenbach) wurden dabei aktualisiert. So wurden beispielsweise die neuesten Ortsentwässerungsdaten in das hydrologische Flussgebietsmodell eingegeben, so dass entlang der Gewässer aktuelle HW-Abflüsse (HQ_T-Werte) vorliegen. Außerdem war anhand der Beobachtungen abgelaufener HW (Fließwege, Überlastungen, HW-Marken, ...) eine (Nach-) Kalibrierung der hydraulischen Modelle möglich.

Zusätzlich zum Bruchbach und Gennenbach wurden die „nicht HWGK-Gewässer“ Kuchentalgraben, Fallfeldgraben und Heidelsterbach in die Untersuchung mit aufgenommen. Dies erforderte neben Neuvermessungen den Aufbau hydraulischer Modelle für diese Seitengewässer.

Mit den so aktualisierten bzw. neu erstellten hydrologischen und hydraulischen Modellen wurden Überflutungskarten für HW-Ereignisse unterschiedlicher Wiederkehrzeiten (Jährlichkeiten) erstellt. Dies ermöglichte eine detaillierte Bestandsanalyse (derzeitiger HW-Schutzgrad) der im Rahmen der vorliegenden FGU-Stein betrachteten acht Haupt- und Nebengewässer.

Auf dieser Grundlage wurden Lösungsvorschläge zur Verbesserung des Hochwasserschutzes ausgearbeitet. Untersucht wurden auf Rückhalt basierende Lösungen (Abgabeoptimierung, Ausbau, Neubau von HRB), auf lokalem Schutz basierende Lösungen sowie kombinierte Lösungskonzepte.

Bei der Ausarbeitung von HW-Schutzlösungen wurde dabei zunächst aufgezeigt, wie die Wirkung der bestehenden fünf Becken verbessert werden kann. Hierzu fanden Optimierungsrechnungen mit dem aktualisierten hydrologischen Flussgebietsmodell FGM-Pfinztal statt.

Eine Verbesserung des HW-Schutzes ist auch über lokale HW-Schutzmaßnahmen (Gewässerausbau, Eindeichung, etc.) möglich. Die Untersuchung und Bemessung von lokalen HW-Schutzmaßnahmen erfolgte über, an die fünf hydraulisch untersuchten Gewässer angepassten hydraulischen Modelle.

Als Ergebnis der Untersuchung liegt eine mit allen Beteiligten (Gemeinde, Landratsamt) abgestimmte HW-Schutzkonzeption vor. Um die Lösungen dabei auch unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten beurteilen und miteinander vergleichen zu können, fanden Kostenschätzungen für die Einzelmaßnahmen sowie für die Gesamtkonzeptionen statt.

Anmerkung: Parallel zur vorliegenden FGU-Stein fanden von WALD+CORBE (2017) vertiefte Sicherheitsüberprüfungen für insgesamt acht Hochwasserrückhaltebecken der Gemeinde Königsbach-Stein statt. Die Sicherheitsüberprüfungen umfassen alle fünf vor der Ortslage von Stein gelegen Becken. Damit standen für die FGU-Stein aktuelle Datengrundlagen (Kennwerte) dieser Rückhaltungen zur Verfügung. Die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung (Sanierungsbedarf) bildeten außerdem die Grundlage für Vorschläge zum möglichen Ausbau der Becken als denkbare HWS-Maßnahmen.

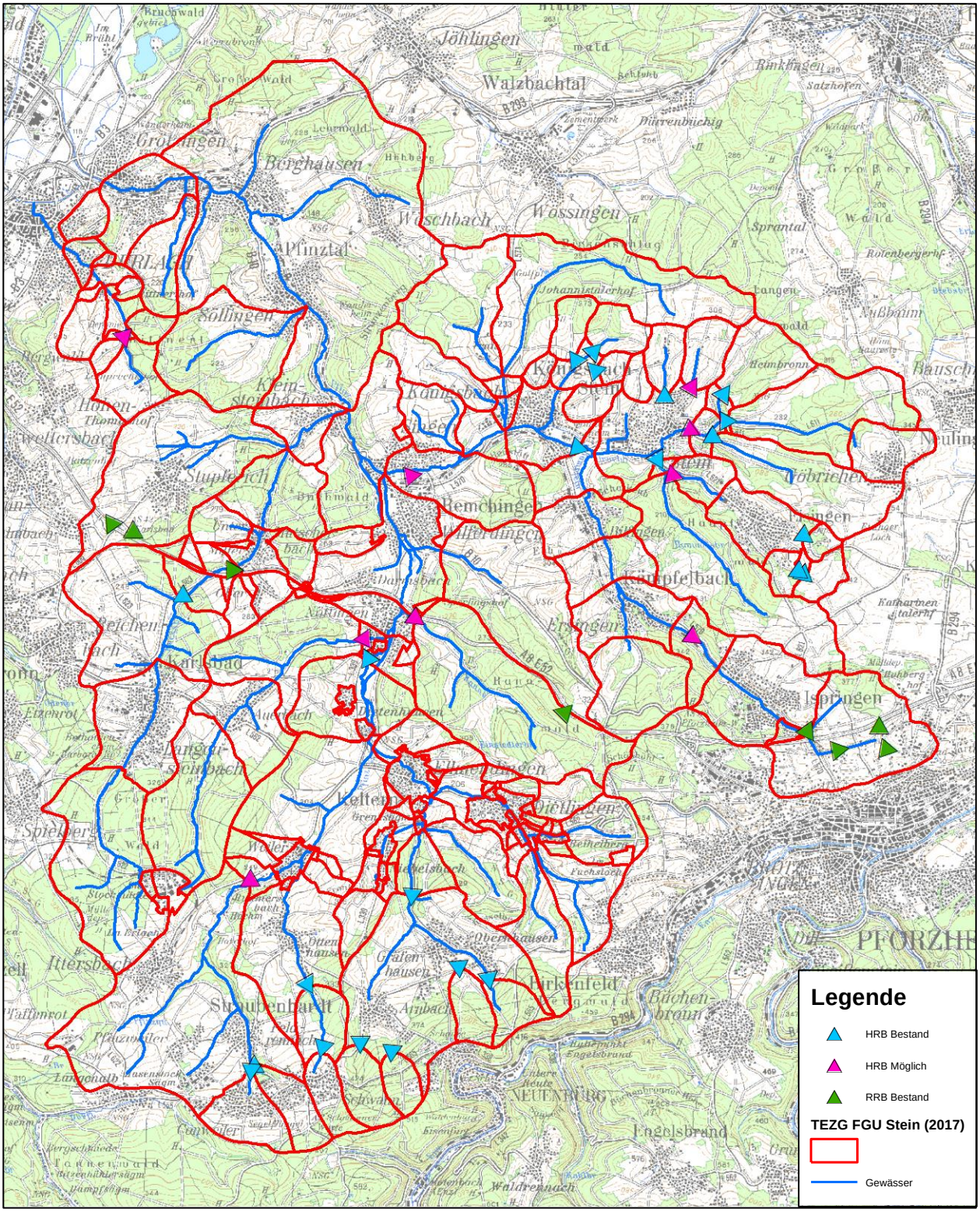

Abbildung 1.3: FGM-Pfinztal – Übersichtskarte der FGU-Stein

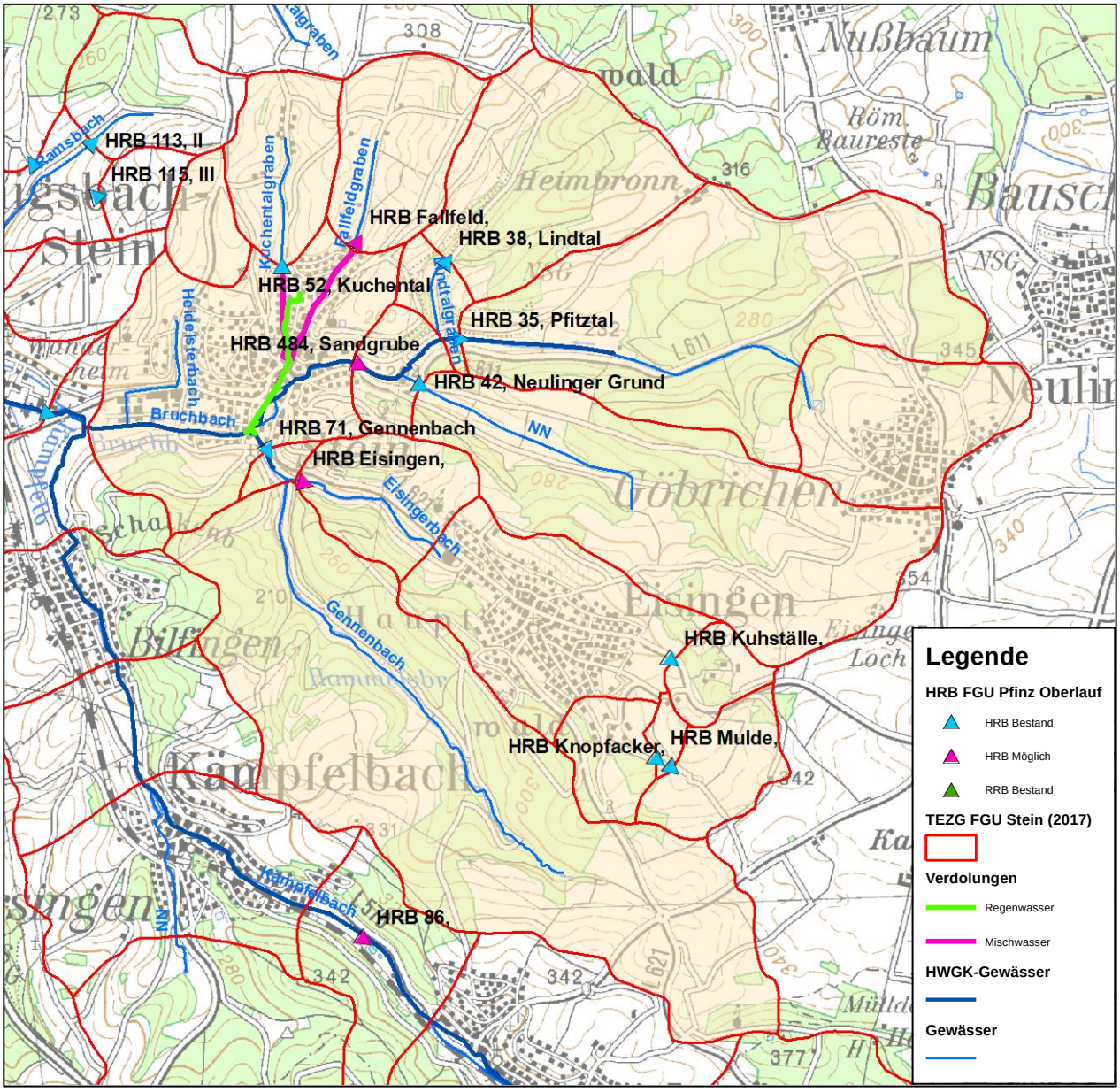

Abbildung 1.4: FGM-Pfinztal - Übersichtskarte des Bearbeitungsgebiets der FGU-Stein (Bruchbach)

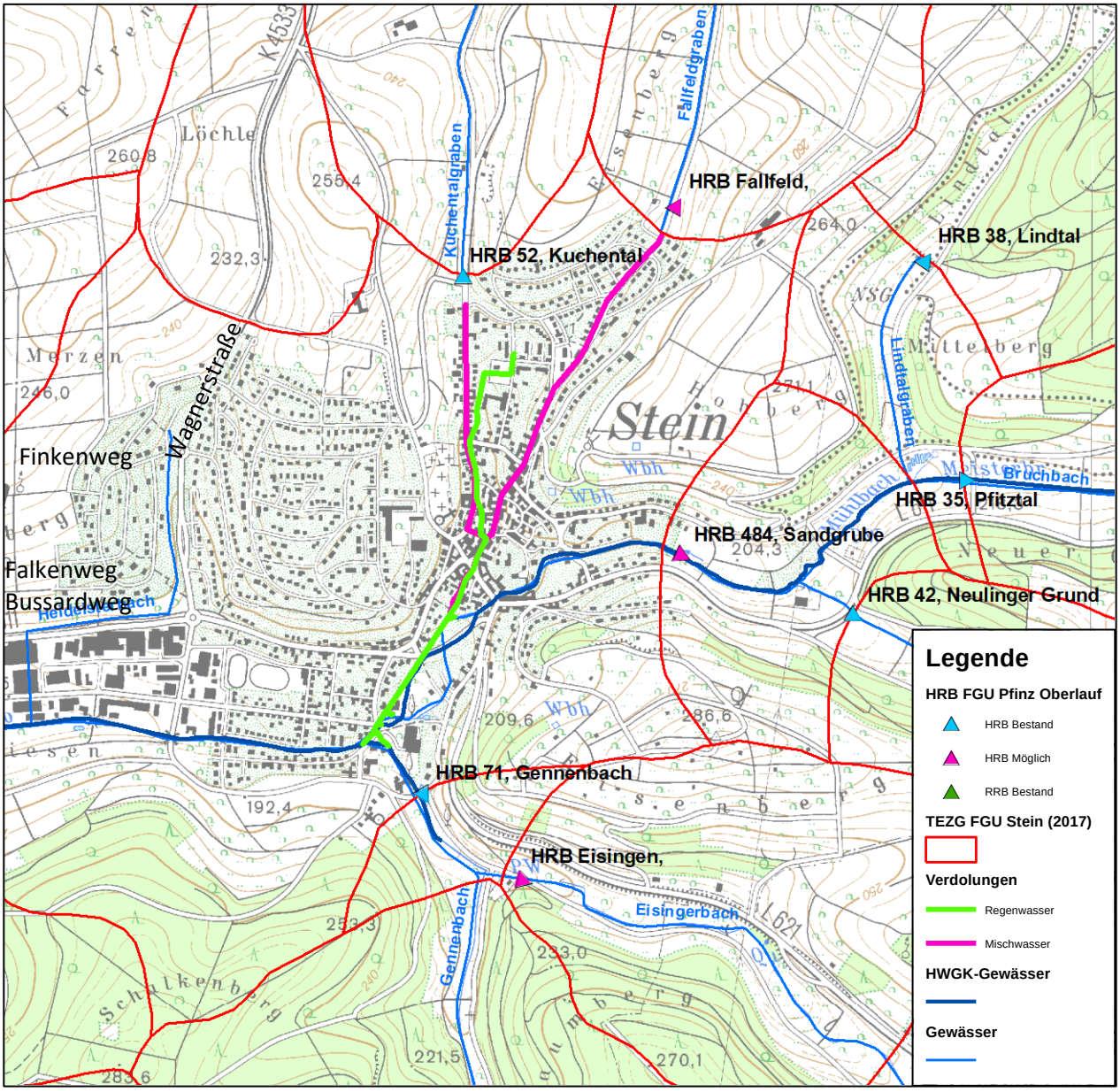

Abbildung 1.5: Übersichtskarte Ortsbereich Stein

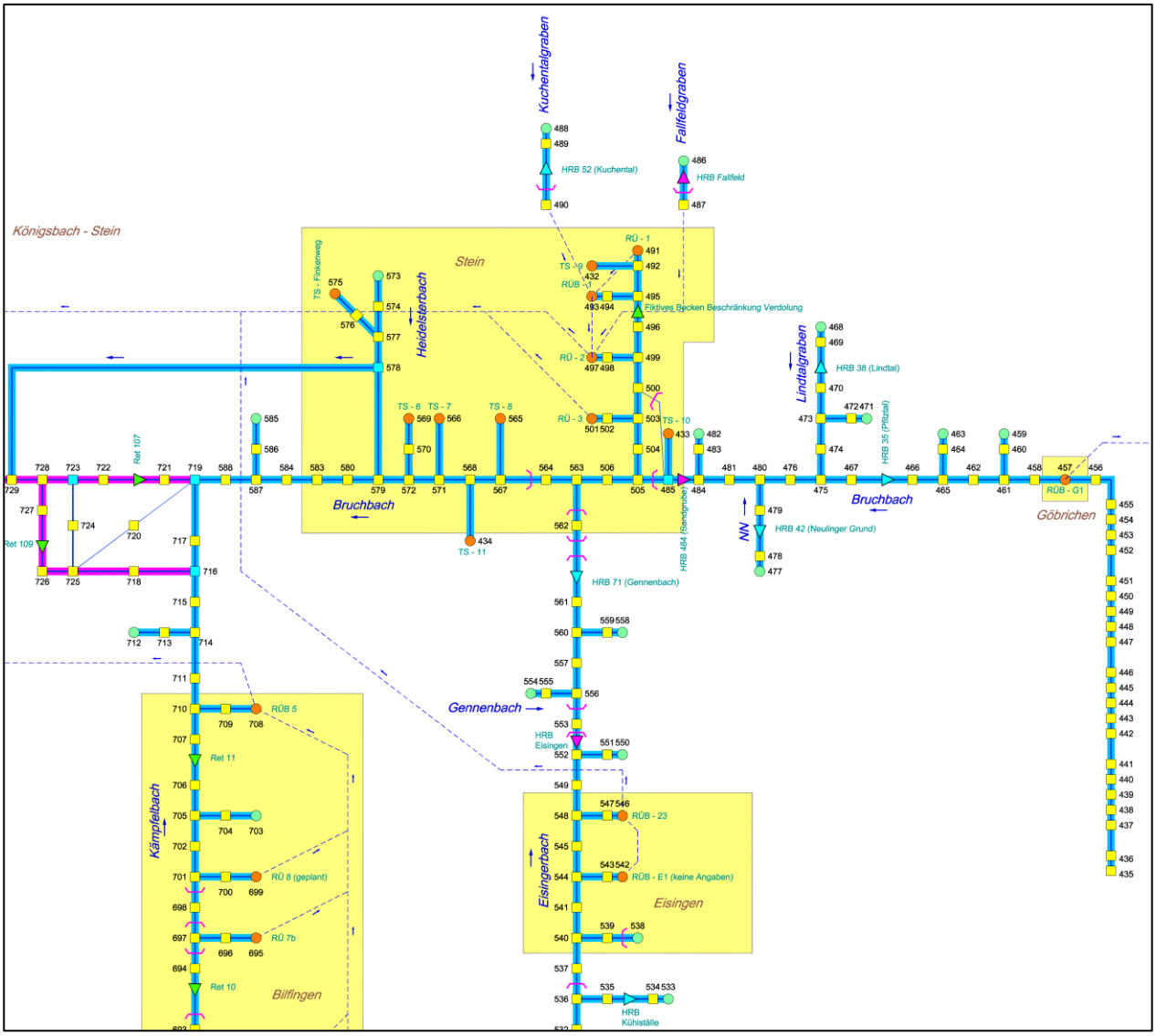

Abbildung 1.6: FGM-Pfinztal - Ausschnitt der Systemskizze für den Bereich der FGU-Stein (Bruchbach)

2 Datengrundlagen

Die im Folgenden aufgeführten Daten bildeten die Grundlagen für die hydrologisch-hydraulischen Berechnungen:

2.1 Allgemeines

- Flussgebietsuntersuchungen FGU im Pfinztal (WALD+CORBE, 1995, 2001a, 2001b, 2012a, 2012b, 2014)
- Ortsentwässerungsdaten für Stein, Eisingen, Göbrichen (Gemeinde Königsbach-Stein, Ing.-Büros)
- Hydraulische Kanalnetzüberrechnung Königsbach-Stein, GEP (WALD+CORBE, 2017)
- Sicherheitsüberprüfung zu 8 HRB Königsbach-Stein (WALD+CORBE, 2017)
- Sicherheitsüberprüfung zu 3 HRB Eisingen (WALD+CORBE, 2017)
- Neuvermessung von HW-Marken
- Informationen aus Ortsbegehungen (HW-Marken, Fließwege, mögliche HRB, …)
- Orthofotos (LRA)
- Aktuelle Bodennutzung digital (LRA)
- ALK digital (Gemeinde Königsbach-Stein)
- Geologie digital (LRA)
- Gewässerentwicklungsplan (Gemeinde Königsbach-Stein)
- Gewässerentwicklungskonzept Kämpfelbach (Gemeinde Königsbach-Stein)
- Planunterlagen zu bereits realisierten HW-Schutzmaßnahmen (Gemeinde Königsbach-Stein, LRA)
- Sonstiges: KOSTRA Bemessungsniederschläge des DWD, …
- Ausbau des Mühlbachs OT Stein, Ingenieurbüro Muff-Hohmann, 2002 (Gemeinde Königsbach-Stein)
- Königsbach-Stein, Umbau Wehranlage Bruchbach, Vorplanung, (WALD+CORBE, 2015)

2.2 Digitales Geländemodell

- Digitales Geländemodell aus der Untersuchung „Hochwassergefahrenkarten Baden-Württemberg“ (HWGK TBG 352)

2.3 Vermessung (Gewässer, HW-Marken)

- HWGK-Vermessungsprofile (HWGK TBG 352)
- Vermessung von Hochwassermarken (11.04.2017)
- Vermessung von Gewässerprofilen, Heidelsterbach, Kuchentalgraben, Fallfeldgraben (11.04.2017)

2.4 Hydraulische Modelle (HWGK, FGU)

Für alle größeren Gewässer des Landes wurden in den letzten Jahren Hochwassergefahrenkarten (HWGK) erstellt. Die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten im Bereich des Pfinztales erfolgte durch WALD+CORBE (2015). Hierzu wurden für folgende hydraulischen Modelle aufgebaut und angepasst:

- 2D Strömungsmodell des Bruchbachs vom HRB Pfitztal bis zur Mündung in den Kämpfelbach
- 1D/2D Strömungsmodell des Gennenbachs vom HRB Gennenbach bis zur Mündung in den Bruchbach

Für den Bruchbach wurden bereits im Rahmen früherer Untersuchungen (WALD+CORBE, 2005) hydraulische Modelle angepasst.

Zudem wurden hydraulische Berechnungen zu den Planungen im Rahmen des Ausbaus des Mühlbachs (Bruchbachs) im Ortsteil Stein von Ingenieurbüro Muff-Hohmann (Muff-Hohmann, 2002) erstellt.

2.5 Derzeitige Hochwassergefahrenkarten des Landes (2015)

Vom Land Baden-Württemberg wurden flächendeckend für alle größeren Gewässer Hochwassergefahrenkarten (HWGK) erstellt. Mit der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten für das Einzugsgebiet der Pfinz (TBG 352) wurde das Büro WALD+CORBE beauftragt.

Die HWGK-Berechnungen wurden im Jahr 2015 abgeschlossen. Die HWGK-Berechnungen basieren auf HW-Abflüssen (HQ_T-Werten) aus dem hydrologischen Flussgebietsmodell der Pfinz (WALD+CORBE, 2012a). Das hydrologische Flussgebietsmodell der Pfinz wird immer wieder an neue Datengrundlagen angepasst. So fanden auch im Rahmen der vorliegenden FGU-Stein Aktualisierungen statt, die entsprechend in den HWGK-Berechnungen noch nicht verfügbar waren. So wurde im früheren FGM-Pfinz der HWGK z.B. der Einfluss von Ortseinleitungen oder Rückhaltungen (Retentionsräume, HRB) im Bereich von Stein nur vereinfacht berücksichtigt.

Auf dieser Grundlage wurden im Bereich der Ortslage Stein ein- bzw. zweidimensionale hydraulische Modelle (s. auch Kapitel 2.4) für die Gewässer Bruchbach und Gennenbach aufgebaut und hydraulische Berechnungen für die HW-Ereignisse HQ_{10}, HQ_{50}, HQ_{100}, HQ_{EXTREM} sowie das Ereignis $HQ_{100,ohne\ Schutz}$ durchgeführt. Die Überflutungsflächen entstanden durch eine Verschneidung der berechneten Wasserspiegellagen mit dem Digitalen Geländemodell des Landes Baden-Württemberg.

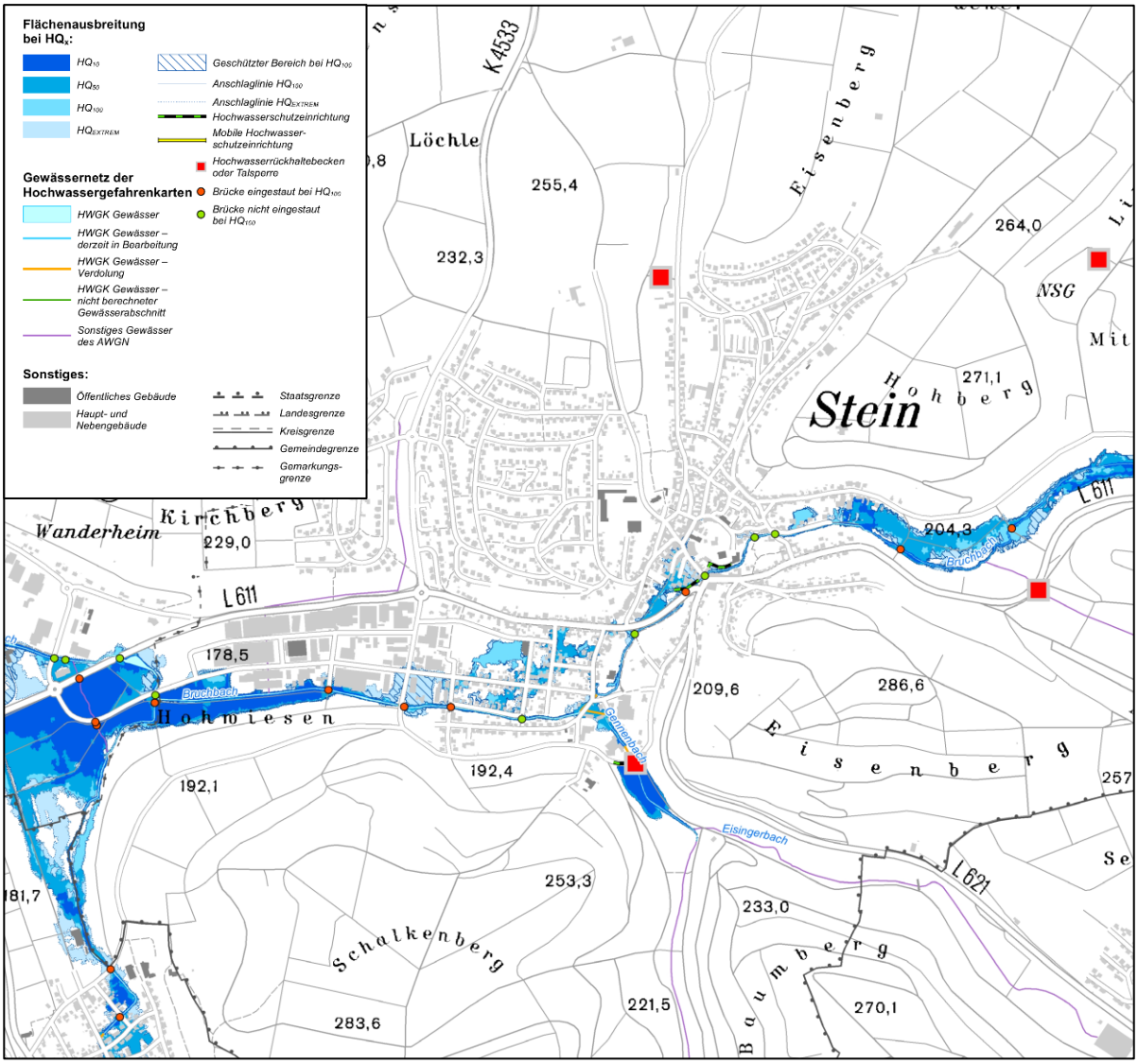

Abbildung 2.1: Ausschnitt der aktuellen HWGK, Stand 2015, Bereich Stein, Bruchbach und Gennenbach

2.6 Abgelaufenes Hochwasserereignisse

2.6.1 HW-Ereignis vom 01.06.2013

Nach dem Ereignis vom 01.06.2013 fanden HW-Dokumentationen durch die Gemeinde und das Büro WALD + CORBE statt. Außerdem fanden unmittelbar nach dem HW Ereignis mehrere Begehungen durch die Gemeinde und das Büro WALD + CORBE statt.

2.6.2 HW-Ereignisse in 2016 (07.06.2016, 25.06.2016)

Bei zwei Starkregenereignissen traten in der Gemeinde Königsbach-Stein am 07.06.2016 und 25.06.2016 bereichsweise massive innerörtliche Überflutungen auf.

Besonders stark betroffen waren beim Ereignis vom 07.06.2016 hierbei Ortsbereiche im Unterstrom des HRB-Kuchental und des Fallfeldgrabens (Alte und Neue Brettener Straße). Die hierdurch hervorgerufenen Überflutungen zogen sich durch die gesamte Bebauung der Ortslage Stein über den Marktplatz und die Bachgasse bis zum Vorfluter Bruchbach hin. Auch Bereiche südlich der L611 (Sägmühlweg, Neuwiesenstraße) wurden hierbei in Mitleidenschaft gezogen.

Bei dem zweiten, sehr lokalen HW-Ereignis vom 25.06.2016 kam es zu Überflutungen im Bereich des Königsbacher Berges und des unterstromig liegenden Falken- und Bussardwegs.

Für die beiden HW-Ereignisse wurden von der Gemeinde Königsbach-Stein HW-Dokumentationen zur Verfügung gestellt. Ergänzt wurden diese um die, bei gemeinsamen Begehungen mit der Gemeinde erhobenen Informationen (HW-Marken, Fließwege, Verlegungen, Geschwemmsellinien, Angaben von Anliegern,…). Zentrale HW-Marken wurden im Rahmen der FGU eingemessen.

Die nachfolgenden Bilder zeigen Fotos der HW-Ereignisse aus dem Jahre 2016 in Stein. Weitere Informationen können der HW-Dokumentation in Anlage C entnommen werden.

Abbildung 2.2: Stein, HW 07.06.2016, Bereich Neue Brettener Straße (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)

Abbildung 2.3: Stein, HW 07.06.2016, Bereich Neue Brettener Straße/Marktplatz (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)

Abbildung 2.4: Stein, HW 07.06.2016, Bereich Marktplatz (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)

Abbildung 2.5: Stein, HW 07.06.2016, Bereich Bachgasse (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)

2.6.3 Frühere Hochwasserereignisse

Zu HW-Problemen kam es bereits bei früheren HW-Ereignissen (HW 1993, 1827, …). Informationen zu historischen HW konnten über an Häusern angebrachten HW-Marken sowie Augenzeugenberichten aus der Anwohnerschaft ermittelt werden.

Zu berücksichtigen bei der Interpretation historischer Hochwasser (Häufigkeit, Schutzgrad, …) sind zwischenzeitliche erfolgte Veränderungen im Einzugsgebiet und an den Gewässern. Dies betrifft Aspekte wie die Bebauung (Neubebauungen, neue Gewerbegebiete), aber auch zwischenzeitlich realisierte HW-Schutzmaßnahmen (HRB,…). Zu berücksichtigen ist auch die sich infolge der (bereits eingetretenen) Klimaänderung ergebende stärkere HW-Gefährdung.

2.7 Auswertung radargemessener Niederschläge für das Starkregenereignis vom 07.06.2016

Vom Starkregenereignis am 07.06.2016 waren vor allem der Kuchental-, der Fallfeld- und der Lindtalgraben massiv betroffen. Eine Auswertung radargemessener Niederschläge dieses Ereignisses ist Bestandteil der vorliegenden Untersuchung. Dabei wurden die im Untersuchungsraum aufgetretenen Niederschläge

ausgewertet und statistisch eingeordnet. Die Untersuchungsergebnisse können dem Kapitel 6.5.3 entnommen werden.

2.8 Ortsbegehungen

Im Rahmen von Ortsbegehungen ohne/mit Vertretern der Gemeinde Königsbach-Stein (08.06.2016, 23.06.2016, 29.12.2016) wurden Informationen zu abgelaufenen HW-Ereignissen (07. und 25.06.2016) gesammelt und dokumentiert (HW-Marken, Fließwege, Überflutungen, Verlegungen, …). Es wurden außerdem bestehende und mögliche Standorte für Rückhaltungen bzw. Gewässerausbaumaßnahmen erkundet und die Festlegung von Wasserscheiden oder der Klärung von Detailfragen (HRB, Gewässerausbaumaßnahmen) diskutiert. Ergänzt wurden diese Begehungen um weitere Begehungen (29.11.2016, 28.03.2017) des Büros WALD+CORBE mit Bürgern und Vertreter der Gemeinde Königsbach-Stein zur Klärung von Detailfragen und Lösungsvorschlägen (HRB, Gewässerausbaumaßnahmen, …).

2.9 Paralleluntersuchung - Sicherheitsüberprüfung von 8 HRB

Parallel zur vorliegenden FGU-Stein fanden von WALD+CORBE vertiefte Sicherheitsüberprüfungen nach DIN 19700 für insgesamt acht Hochwasserrückhaltebecken der Gemeinde Königsbach-Stein statt. Die Sicherheitsüberprüfungen umfassen alle fünf vor der Ortslage von Stein gelegen Becken (HRB-52, HRB-38, HRB-71, HRB-35, HRB-42). Damit standen für die vorliegende FGU-Stein aktuelle Datengrundlagen (Kennwerte) dieser Rückhaltungen zur Verfügung. Die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung (Sanierungsbedarf) bildeten außerdem die Grundlage für Vorschläge zum möglichen Ausbau der Becken als denkbare HWS-Maßnahmen. Detaillierte Informationen zu den Sicherheitsüberprüfungen können den einzelnen Erläuterungsberichten (WALD+CORBE, 2017) entnommen werden.

3 Flussgebietsuntersuchung – Ablauf und Grundlagen

3.1 Organisation

Die Bestandsanalyse und Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes fand in enger Abstimmung mit der Gemeinde Königsbach-Stein und dem Landratsamt Enzkreis statt. Die Lösungsvorschläge wurden im Rahmen von Arbeitsbesprechungen immer wieder abgestimmt.

Ergänzend zu den Arbeitsbesprechungen wurden mehrere Ortsbegehungen durchgeführt. Bei diesen Begehungen wurden gefährdete innerörtliche Gewässerabschnitte begutachtet, Anlieger befragt, HW-Marken und Fließwege abgelaufener HW-Ereignisse (insbesondere HW vom 07.06.2016) aufgenommen, und Lösungen für HW-Schutzmaßnahmen (mögliche HRB-Standorte, Gewässerausbaumaßnahmen) besprochen.

Im Rahmen der FGU-Stein wurde außerdem versucht die Bevölkerung in die Konzeptionsentwicklung einzubinden. So wurden im Rahmen von Begehungen Anlieger befragte und Lösungsvorschläge aufgenommen. Außerdem wurden im Rahmen von Präsentationen im Gemeinderat (07.11.2017) und Bürgerversammlungen (27.09.2016, 16.11.2017) die Anlieger informiert. Auch bei den Bürgerversammlungen konnte die Bevölkerung Lösungsvorschläge einbringen.

3.2 Untersuchungsablauf

Die vorliegende Untersuchung entspricht hinsichtlich des Ablaufes dem einer Flussgebietsuntersuchung. Ein allgemeines Ablaufschema einer solchen Flussgebietsuntersuchung (FGU) zeigt die Abbildung 3.1. Die hier dargestellte Vorgehensweise hat sich bei zahlreichen Flussgebietsuntersuchungen (z.B. Saalbach, Kraichbach, Elsenz-Schwarzbach, Aid, Altdorf, Ehningen, Nufringen, Renningen, Grafenau, Glatt, Murg, Seefelder Aach, Lindach-Lauter, Nürtingen-Tiefenbach, Leintal, Böllinger Bach, Seckach, Schefflenz, Schutter, Schallstadt, Ehebach, Klemmbach, Engen, Mühlbach, etc.) bewährt, so dass auch die vorliegende Untersuchung weitestgehend entsprechend dieses Ablaufschemas durchgeführt wurde.

Der Schwerpunkt solch einer hydrologisch-hydraulischen Untersuchung besteht im Aufbau, der Anpassung („Eichung“) und der Anwendung mathematischer Modelle (Computermodelle), mit denen der Niederschlag-Abfluss-Prozess im gesamten Einzugsgebiet und die Abflussvorgänge in den Gewässern bzw. Verdolungen möglichst genau nachgebildet werden können. Hierzu sind sowohl hydrologische, als auch hydraulische Berechnungsmodelle notwendig. Durch Simulationsrechnungen können mit diesen Modellen dann die Auswirkungen von Veränderungen im Einzugsgebiet (Klimaänderung, Neubau von Rückhaltungen bzw. Überleitungen, Neubebauungen, etc.) sowie die Wirkungen von lokalen Maßnahmen (Mauern, Schutzdämme, Flutmulden, Bypass, Aufdimensionierungen, Aufweitungen, Offenlegungen, etc.) auf die Abflüsse und die Wasserstände in den Gewässern aufgezeigt und analysiert werden.

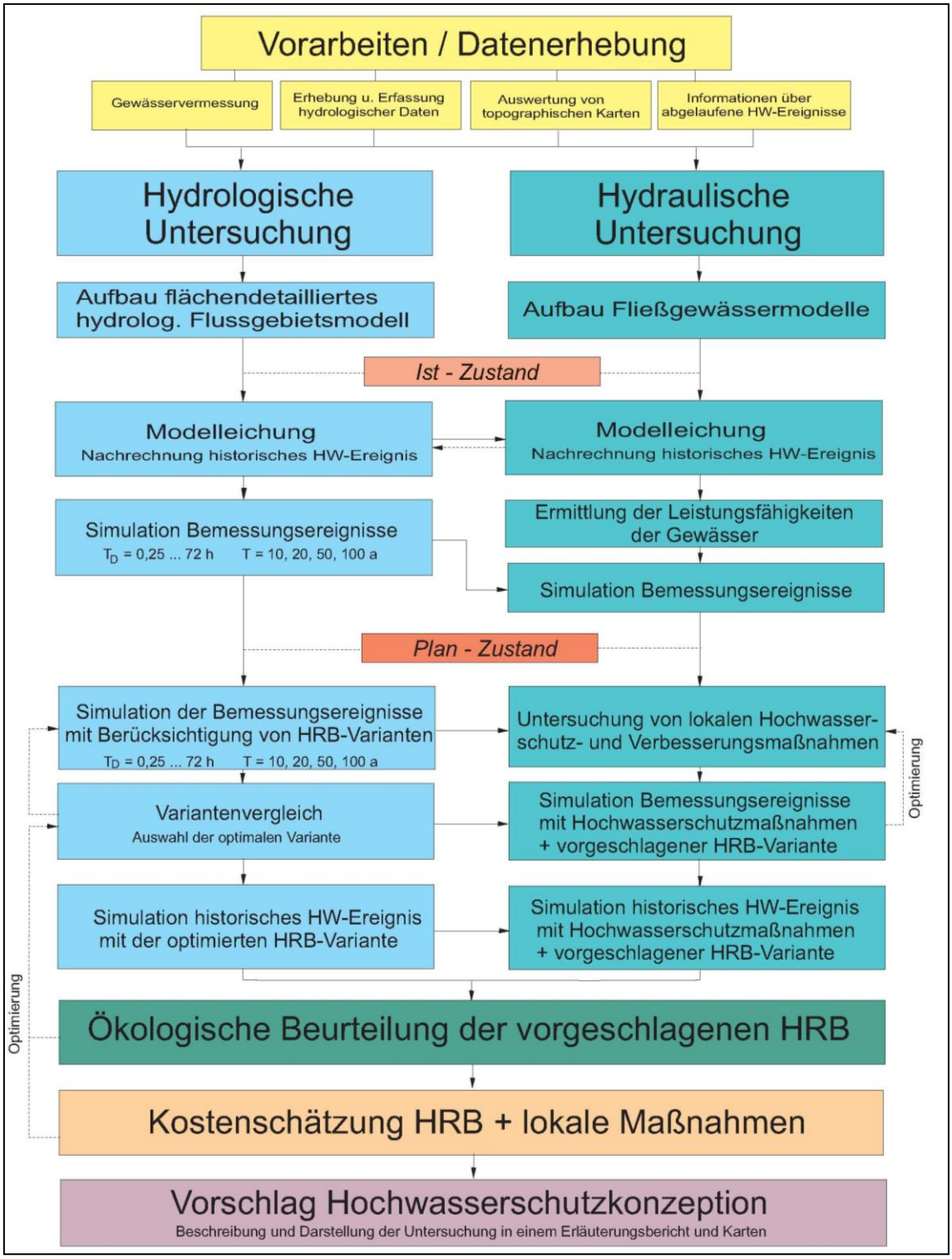

Abbildung 3.1: Allgemeines Ablaufschema einer Flussgebietsuntersuchung (FGU)

3.3 Untersuchungsbereich

Im vorhandenen hydrologischen Flussgebietsmodell wird das Gesamteinzugsgebiet des Pfinztals nachgebildet. Der im Rahmen der FGU-Stein betrachtete hydrologische Untersuchungsbereich (Modellgebiet) umfasst das bis zur Einmündung in den Kämpfelbach kurz vor der Ortslage Königsbach ca. A_E = 29 km^2 große Einzugsgebiet des Bruchbachs. In das vorhandenen Flussgebietsmodell „FGM-Pfinztal“ wurden im Rahmen der FGU-Stein neue Daten (Ortsentwässerung, HRB, ...) eingebaut. Zur Erfassung aller untersuchungsrelevanten Gewässerstellen (Außengebiete, mögliche HRB-Standorte, hydraulisch untersuchte Gewässer, …) musste im hydrologischen Flussgebietsmodell eine flächendetailliertere Nachbildung erfolgen (feinere räumliche Unterteilung). Aus den Berechnungen mit dem aktualisierten hydrologischen Flussgebietsmodell stehen flächendetailliert HQ_T-Werte für die Einzugsgebiete aller auf die Ortslage von Stein zufließender Gewässer (Gennenbach, Bruchbach, Eisingerbach, Heidelsterbach, Neulinger Grundgraben, Lindtalgraben, Fallfeldgraben und Kuchentalgraben) für eine Vielzahl an Gewässerstellen zur Verfügung.

Hydraulische Modelle standen aus der HWGK-Untersuchung des Landes, für die beiden Hauptgewässer Bruchbach und Gennenbach zur Verfügung. Nicht erfasst waren bisher die beiden innerorts verdolten, von Norden auf Stein zufließenden kleineren Nebengewässer Fallfeldgraben und Kuchentalgraben. Für diese Seitengewässer wurden im Rahmen der vorliegenden FGU-Stein ebenfalls hydraulische Modelle aufgebaut und angepasst. Außerdem für den am Ortsrand im Bereich Finkenweg auf die Ortslage zufließende Heidelsterbach.

Bei den in 2016 aufgetretenen Starkregenereignissen hat es sich um Ereignisse kurzer Dauer gehandelt („Sommergewitter“). Solche Ereignisse kurzer Dauerstufen können aufgrund hoher Niederschlagsintensitäten zu hohen Abflüssen im Kanalnetz führen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Kanalnetze i.d.R. lediglich auf 3- bis 5-jährliche Starkregen ausgelegt werden. Bei selteneren Starkregen ist daher mit Überlastungen zu rechnen. Eine Überprüfung (Optimierung) des Kanalnetzes war nicht Bestandteil der FGU-Stein, wurde jedoch zeitgleich von der WALD+CORBE Infrastrukturplanung GmbH durchgeführt, sodass deren Ergebnisse ebenfalls in die FGU-Stein einfließen konnten.

3.4 Vorarbeiten (Vermessungsarbeiten)

Es war eine Reihe von Vorarbeiten und begleitenden Arbeiten durchzuführen, die den Einsatz dieser hydrologischen und hydraulischen Modelle erst ermöglichten. Neben der Auswertung von Karten, Planunterlagen und hydrologischen Daten, handelte es sich dabei in erster Linie um die Erfassung der Gewässer durch Vermessungsarbeiten.

Die von WALD+CORBE im Pfinztal im Rahmen früherer Untersuchungen aufgebauten hydraulischen Modelle sowie die verwendeten Datengrundlagen können den Erläuterungsberichten zu den HWGK- und FGU-Untersuchungen entnommen werden (WALD+CORBE, 1995, 2012a, 2012b, 2014).

3.5 Hydrologisches Flussgebietsmodell „FGM-Pfinztal“

3.5.1 Hydrologische Berechnungen mit dem aktualisierten FGM-Pfinztal

Die Berechnung der bei Hochwasser in den Hauptgewässern abfließenden Wassermengen ist aufgrund der komplexen Verhältnisse (Ortseinleitungen mit Außengebieten, Rückhaltungen, Überleitungen, Retentionsräume, …) nur mit einem flächendetaillierten hydrologischen Flussgebietsmodell (FGM) möglich. Für das Gesamteinzugsgebiet des Pfinztals liegt solch ein flächendetailliertes hydrologisches Flussgebietsmodell „FGM-Pfinztal“ aus früheren Untersuchungen vor (WALD+CORBE, 1995 - 2016). Das Modell wurde über die Nachrechnung und Analyse an Pegeln gemessener HW angepasst. Außerdem fand im Rahmen von Detailuntersuchungen immer wieder eine Aktualisierung des hydrologischen Flussgebietsmodells statt.

Da das bisherige Flussgebietsmodell im Untersuchungsraum Stein nicht alle für die Untersuchung relevanten Gewässerstellen erfasste (z.B. neue Einleitungsstellen) wurde in einem ersten Schritt das hydrologische Modell „FGM-Pfinztal“ im Bereich von Stein in seiner räumlichen Auflösung verfeinert. Außerdem fand eine Aktualisierung der Datengrundlagen (Bebauung, HRB,…) statt.

Das Einzugsgebiet des Untersuchungsraums Stein wird im Flussgebietsmodell jetzt in einem hohen Detaillierungsgrad nachgebildet. Dies war notwendig, um mit dem Modell die bestehenden und möglichen Rückhalte- und Retentionsräume bzw. Überleitungen berücksichtigen und untersuchen zu können. Gleichzeitig war damit aber auch die Möglichkeit gegeben, die gebietscharakteristischen Eigenschaften, wie z.B. die Topographie, die jeweilige Landnutzung und das Gewässernetz sehr detailliert entsprechend den örtlichen Gegebenheiten zu erfassen. Das Modell liefert damit sehr fein gegliedert Angaben zu den entlang der Gewässer auftretenden Hochwasserabflüssen.

Im hydrologischen Flussgebietsmodell „FGM-Pfinztal“ wird der Niederschlag-Abfluss-Prozess unter Berücksichtigung der gebietscharakteristischen Eigenschaften flächendetailliert modelliert. Da alle Teilgebiete im Flussgebietsmodell über das ebenfalls erfasste Gewässersystem miteinander verknüpft sind und der Ablauf der Hochwasserwellen in den Gewässerstrecken unter Berücksichtigung der Zuflüsse aus den Teilgebieten mit hydrologischen Verfahren nachgebildet werden, kann somit der Ablauf eines Hochwasserereignisses im Gesamteinzugsgebiet räumlich detailliert simuliert werden.

Im Flussgebietsmodell werden die Zuflüsse aus der Ortsentwässerung getrennt nachgebildet. Aufgrund des teilweise großen Bebauungsgrades im Untersuchungsraum Stein spielt die genaue Nachbildung dieser Zuflüsse eine große Rolle.

Die FGM-Berechnungen wurden mit dem Flussgebietsmodell „FGM“ der Universität Karlsruhe/KIT (Ihringer, 2005) durchgeführt. Die FGM-Berechnungsergebnisse (Abflussganglinien, HQ_T-Werte) können als Eingangsgröße für Berechnungen mit hydraulischen 1D-Fließgewässermodellen, Kanalnetzmodellen (Bachverdolung) bzw. 2D-Strömungssmodellen eingesetzt werden. Neben der Ermittlung der entlang der Gewässer auftretenden HW-Abflüsse wurde das Flussgebietsmodell auch für die Optimierung von HW-Schutzlösungen (HRB) eingesetzt.

3.5.2 Theoretische Grundlagen zum Flussgebietsmodell FGM

Für die hydrologischen Berechnungen wird das Softwarepaket des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) des KIT-Karlsruhe verwendet (Ihringer, 2005). Eingesetzt wird das Programm FGM (FGM-Version V7), mit dem eine flächendetaillierte Niederschlag-Abfluss-Modellierung für komplexe Flussgebiete möglich ist.

Der Einsatz dieses Programms erfordert die Gliederung des betrachteten Gesamtsystems mit Hilfe von sogenannten Gewässerknoten („FGM-Knoten“) in Teileinzugsgebiete und Gewässerabschnitte. Mittels mathematischer Modellansätze wird dann für jedes Teileinzugsgebiet, das an den Knoten angeschlossen ist, der Niederschlag-Abfluss-Prozess nachgebildet.

Der Abfluss an einem „Knoten“ ergibt sich in den Modellrechnungen durch Überlagerung der Zuflussganglinie des am Knoten angeschlossenen Einzugsgebietes mit den Zuflussganglinien eventuell oberstromiger Knoten. Zwischen zwei Gewässerknoten kann die Verformung der Abflussganglinie entlang der Gewässerstrecke (Flood-Routing), eine Gewässerverzweigung (Abschlag, Überleitung) und der Einfluss eines Rückhalteraumes (HRB, RRB, Polder, Retentionsraum, See, Weiher, etc.) modelliert werden.

3.6 Hydraulische Modellrechnungen

Aussagen zu den sich entlang der Gewässer einstellenden Wasserständen, zur Leistungsfähigkeit der Gewässer, zur Wirkung von Eingriffen und Maßnahmen an den vorhandenen Gewässersystemen sind mit einem hydrologischen Flussgebietsmodell alleine nicht möglich. Diese lassen sich nur mit hydraulischen Modellen (1D-Fließgewässermodell, Kanalnetzmodell, 2D-Strömungsmodell) aufzeigen, mit denen die Abflussvorgänge unter Berücksichtigung sämtlicher Bauwerke und der vorhandenen Abflussquerschnitte simuliert werden können.

Hydraulisch nachgebildet und untersucht wurden im Rahmen der FGU-Stein die Gewässer Gennenbach, Bruchbach/Mühlbach, Heidelsterbach (Wagnerstraße), Fallfeldgraben und Kuchentalgraben. Die hydraulischen Modelle des Bruchbachs und des Gennenbachs konnten dabei grundsätzlich aus der HWGK-Untersuchung übernommen werden. Anpassungen wurden in den Bereichen der Verdolungen vorgenommen, da hierfür im Rahmen der FGU Stein detailliertere Daten zur Verfügung standen. Für die restlichen hydraulisch untersuchten Gewässer mussten neue hydraulische Modelle aufgebaut und angepasst werden. Für die hydraulischen Berechnungen wurden die entlang der Gewässer auftretenden Hochwasserabflüsse (HQ_T–Werte, bzw. T-jährlichen HW-Ganglinien) aus den Berechnungen mit dem hydrologischen Flussgebietsmodells entnommen.

Für alle untersuchten Gewässer wurden zweidimensionalen (2D) Strömungsmodelle aufgebaut, um ein breitflächiges, verzweigtes Abflussgeschehen hydraulisch nachbilden zu können.

In bebauten Gebieten werden Gewässerabschnitte oft unter dem Gelände verdolt abgeführt, um so eine freie Siedlungsentwicklung zu ermöglichen. Hydraulische Berechnungen für längere verdolte Gewässerab-

schnitte fanden mit speziell hierfür geeigneten Kanalnetzmodellen, die in der Lage sind, sowohl den Freispiegelabfluss in der verdolten Haltung als auch einen möglichen Druckabfluss (Kanalrohr ist voll eingestaut) zu berechnen.

Die beiden aus Norden auf die Ortslage zufließenden Gewässer Kuchentalgraben und Fallfeldgraben werden dem Mischwassernetz zugeführt. D.h. es liegen keine Bachverdolungen vor. Die beiden Gewässer sind damit innerorts zunächst nicht mehr Bestandteil der FGU-Stein. Im Gegensatz zu Gewässern mit Bachverdolungen (Zielwert 100-jährlicher HW-Schutz) sind Kanalnetze i.d.R. auf lediglich 3- bis 5-jährliche HW bemessen. Um dennoch Werte zur derzeitigen Leistungsfähigkeit angeben und ggf. darauf aufbauend Lösungsvorschläge für HWS-Maßnahmen ausarbeiten zu können fanden im Rahmen der FGU-Stein ergänzende Kanalnetzberechnungen für die Ortslage Stein statt.

Die Abbildung 3.2 zeigt die im Rahmen der FGU-Stein hydraulisch untersuchten Gewässerabschnitte und Talräume mit den dabei eingesetzten Modellen (1D, 2D, Kanalnetzmodell). Die hydraulischen Berechnungen in Stein wurden dabei mit folgenden Programmpaketen durchgeführt:

- HEC-RAS (1D hydraulisches Modell),
- SWMM (Kanalnetzmodell),
- Hydro_AS-2D (2D hydraulisches Strömungsmodell) und
- (Hystem-Extran: Kanalnetzmodell)

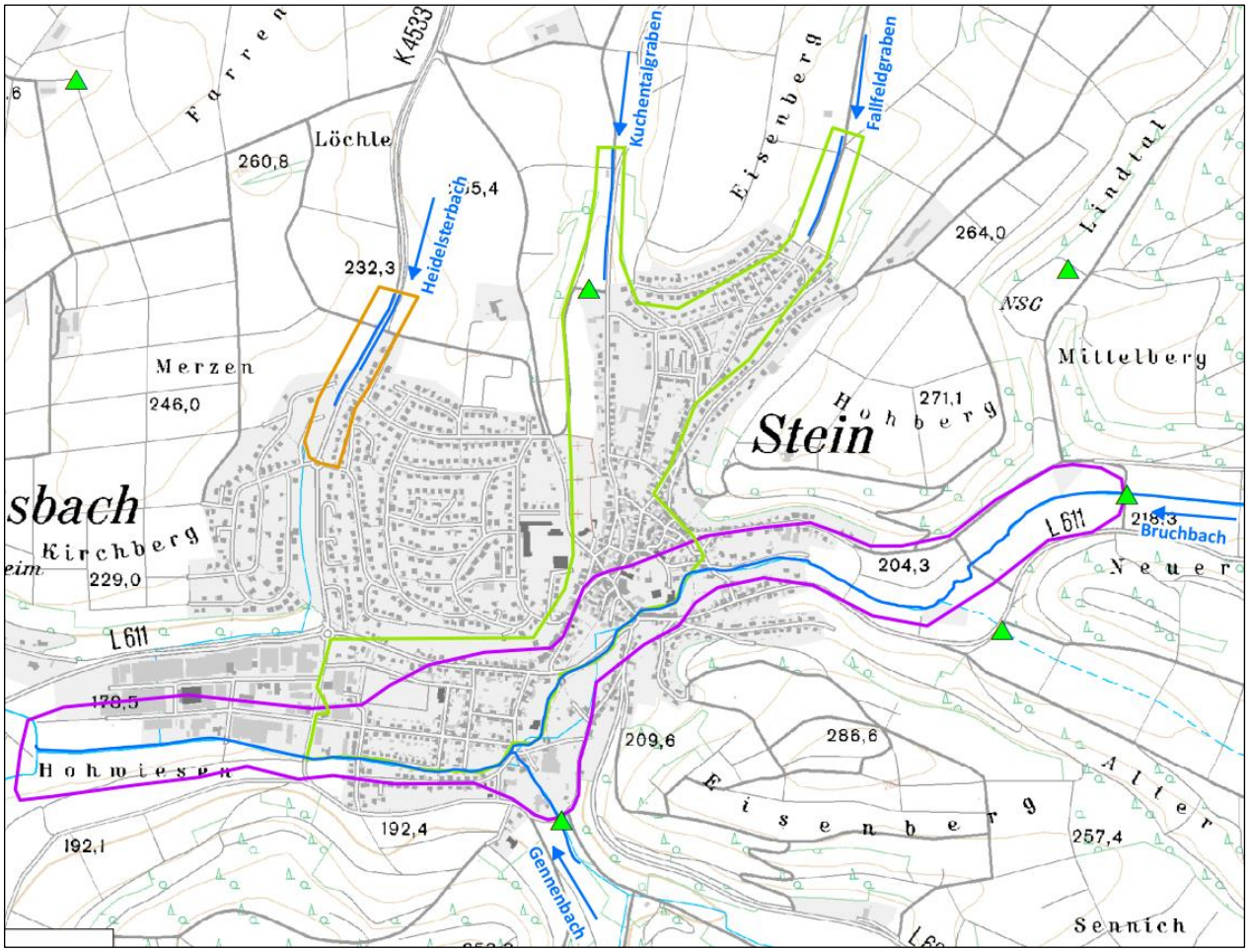

Abbildung 3.2: Übersichtskarte der hydraulisch nachgebildeten Gewässerabschnitte und Talräume

Hydraulische Berechnungen erfolgten zunächst im Rahmen der Bestandsanalyse für den derzeitigen Zustand (Ist-Zustand). Den Berechnungen lagen der derzeitige Ausbauzustand der Gewässer (ohne Gewässerausbaumaßnahmen) sowie die derzeitigen Hochwasser-Abflüsse (ohne neue Rückhaltungen, ohne vorgesehene Neubebauungen) zugrunde. Mit den berechneten Wasserspiegellagen wurden durch eine Verschneidung mit dem DGM Überflutungskarten (Wassertiefenkarten) erstellt.

Aus den T-jährlichen (10a, 20a, 50a, 100a, 100aKlima) Überflutungskarten konnte direkt auf die Überflutungsgefährdung geschlossen werden (Bestandsanalyse). D.h. die Karten zeigen, welche Ortsbereiche (Gebäude) im Hochwasserfall gefährdet sind.

Im Anschluss an die Bestandsanalyse wurden die hydraulischen Modelle zur Optimierung von Hochwasserschutzlösungen eingesetzt. Hierzu wurden in die Modelle mögliche Hochwasserschutzmaßnahmen eingebaut. Die Berechnungsergebnisse wurden ebenfalls in Form von Hochwasser-Längsschnitten und Überflutungskarten dokumentiert.

Nachfolgend werden die eingesetzten Programmsysteme nochmals kurz beschrieben:

3.6.1 1D Programmsystem HEC-RAS

Die 1D hydraulische Modellierung wurde mit dem eindimensionalen Fließgewässermodell HEC-RAS (US Army Corps of Engineers) durchgeführt. HEC-RAS unterscheidet sich von vielen anderen Programmsystemen insbesondere dadurch, dass lokale Fließwechsel berücksichtigt und Sonderbauwerke wie Brücken, Durchlässe und dergleichen im Modell äußerst exakt nachgebildet und simuliert werden können. Komplexe Fließsituationen, wie Übergänge von strömenden auf schießenden Abfluss oder die Ausbildung von Druckabfluss in Brückendurchlässen lassen sich mit Hilfe von HEC-RAS sehr genau erfassen.

Die Geometrie des Gewässers wird im hydraulischen Modell durch einzelne Gewässerquerprofile erfasst, die numerisch betrachtet jeweils einen Berechnungsknoten darstellen. Um die hydraulische Wirkung von Sonderbauwerken erfassen zu können, ist es erforderlich, den Standardgewässerquerprofilen im Bereich von Brücken oder Verdolungen zusätzlich spezielle Bauwerksparameter zuzuordnen. Die Summe aller Berechnungsknoten mit Querschnitts- und Bauwerksparametern, ergänzt um die Angabe von Fließlängen und Rauheitsparametern, bildet das Gesamtmodellsystem für die hydraulische Simulation.

3.6.2 Programmsystem SWMM (Kanalnetzberechnung)

SWMM steht für Storm Water Management Model und wurde von der US-amerikanischen Umweltbehörde EPA entwickelt und herausgegeben. SWMM ist ein umfassendes dynamisches Niederschlag-Abfluss-Simulationsmodell, mit dem Einzelereignisse oder lang andauernde (kontinuierliche) Simulationen der Abflussmengen von überwiegend besiedelten Gebieten berechnet werden können. SWMM ist weltweit verbreitet und wird von vielen Institutionen zur Planung, Analyse und Bemessung von Kanalnetzen verwendet.

Für diese Untersuchung wurde das Kanalnetzmodul von SWMM zur Ermittlung der Verdolungsleistungsfähigkeiten (Rohrhydraulik) verwendet. Es wurden stationäre Berechnungen durchgeführt, die Druckhöhen in den Haltungen berechnet und in jedem Schacht mit den vorliegenden Geländehöhen in Bezug gesetzt. Daraus konnten die Leistungsfähigkeiten in jedem Schacht abgeleitet werden. Zur Bestimmung des maximalen Abflusses in einer Haltung wurde davon ausgegangen, dass stets die gesamte Abflussmenge in der Verdolung abgeführt werden kann.

3.6.3 2D-Strömungsmodell HYDRO_AS-2D

Komplexe Abflussverhältnisse lassen sich mit eindimensionalen Fließgewässermodellen oftmals nicht mehr oder nur stark vereinfacht nachbilden. Dies gilt insbesondere für Bereiche, in denen das Wasser breitflächig in der Tallage abfließt, sich hinter Querriegeln wie Straßendämmen aufstaut, diese überströmt, sich innerorts aufteilt und den Gefälleverhältnissen folgend über das Straßen- und Wegenetz abfließt.

Solch komplexe Abflussverhältnisse lassen sich nur mit zweidimensionalen Strömungsmodellen realistisch erfassen. Mit den Vermessungsprofilen und dem digitalen Geländemodell des Landes stehen in Stein ausreichende Datengrundlagen für den Aufbau eines zweidimensionalen Strömungsmodells zur Verfügung. Eingesetzt wurde das zweidimensionale Strömungsmodell HYDRO_AS-2D, für das im Büro WALD+CORBE langjährige Erfahrungen bei zahlreichen vergleichbaren Projekten vorliegen.

Hydro_AS-2D zeichnet sich durch zuverlässige Berechnungsalgorithmen aus. Durch die Einbeziehung empirischer Ansätze bietet Hydro_AS-2D die Möglichkeit, auch durchströmte und überströmte Bauwerke zu simulieren. Das in dem Modell integrierte Verfahren basiert auf der Lösung der zweidimensionalen tiefengemittelten Strömungsgleichungen mit der räumlichen Diskretisierung nach der Finiten-Volumen-Methode (FV). Die Zeitdiskretisierung erfolgt nach dem expliziten Runge-Kutta-Verfahren zweiter Ordnung. Die Ermittlung der konvektiven Strömungsanteile basiert in Hydro_AS-2D auf modernen Upwind-Verfahren. Es können Wirbelströmungen, Impulsaustausch zwischen dem Flussschlauch und dem Vorland, Wechselsprünge, Sohlensprünge, örtliche Verluste, Querschnittseinengungen und -aufweitungen, Strömung unter Druckabfluss, steile Geländeneigungen (Wildbäche) etc. problemlos und sehr genau modelliert werden. Eine detaillierte Beschreibung des numerischen Modells ist im Benutzerhandbuch und in einem Tutorial vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft gegeben.

Das System SMS (Surface-Water Modeling System der Firma Aquaveo entwickelt an der Brigham Young University) bildet die Benutzeroberfläche zu Hydro_AS-2D. Es verfügt über umfangreiche Funktionen zur Modellnetzgenerierung und wird für das Modellpre- und Modellpostprocessing eingesetzt.

3.6.4 Programmsystem Hystem-Extran (Kanalnetzmodell)

Die Ortsentwässerung wurde mit dem hydrodynamischen Kanalnetzmodell HYSTEM-EXTRAN der ITWH (Hannover) simuliert. Dabei erfolgt mit dem Berechnungsverfahren HYSTEM die Oberflächenabflussberechnung und mit dem Berechnungsverfahren EXTRAN die hydrodynamische Abflusstransportberechnung.

Die Oberflächenabflussberechnung wird für bestimmte Niederschlagbelastungen unter Berücksichtigung verschiedener Flächenparameter durchgeführt. Die Übertragung des abflusswirksamen Niederschlagsanteils von durchlässiger und undurchlässiger Fläche in die Oberflächenabflusswelle erfolgt mithilfe einer Standardeinheitsganglinie. Das Abflusstransportmodell EXTRAN beschreibt den Wellenablauf im Kanalnetz, der sich aus der Zulaufganglinie des Oberflächenabflussmodells ergibt. Dabei werden komplexe hydraulischer Randbedingungen (Einstau- und Rückstauprozesse, Kanalnetzentlastungen, Netzverzweigungen und –vermaschungen) berücksichtigt. Eingangsdaten für die Berechnung sind neben dem Niederschlag, das Kanalnetz mit Sonderbauwerken und Einzugsgebieten, charakteristische Kennwerte des Entwässerungsgebietes sowie standardmäßig vorgegebene, variierbare Modellparameter.

3.7 Modellanpassung

Sowohl das eingesetzte hydrologische Flussgebietsmodell als auch die hydraulischen Modelle (Gewässer, Verdolung, 2D-Strömungsmodell) müssen angepasst werden. D.h. die Modellparameter müssen so gewählt werden, dass die Modelle die realen Abflussprozesse im Einzugsgebiet und in den Gewässern möglichst gut nachbilden. Eine Anpassung des hydrologischen Flussgebietsmodells FGM-Pfinztal fand bereits im Rahmen der früheren Untersuchungen statt. Durch Vergleiche mit Pegelstatistiken und HQ_T-Regionalisierungswerten konnte gezeigt werde, dass mit dem Modell plausible Ergebnisse erzielt werden.

Die Dokumentationen aus den abgelaufenen Hochwasserereignissen im Untersuchungsgebiet, insbesondere die aufgenommenen HW-Marken, wurden verwendet, um die Rauheitsparameter der hydraulischen Modelle anzupassen bzw. die Berechnungsergebnisse zu plausibilisieren.

3.8 Nachrechnung von synthetischen (statistischen) Starkregenereignissen

Mit hydrologischen Flussgebietsmodellen können grundsätzlich real abgelaufene Starkregen sowie statistische Starkregenereignisse (Einzelereignisse) nachgerechnet werden. Im Einzugsgebiet von Stein trat mit dem Ereignis vom 07.06.2016 ein Starkregenereignis auf, welches in der Ortslage zu erheblichen Schäden führte. Da es sich bei dem Ereignis um ein typisches Sommerereignis gehandelt hat, traten zeitlich-räumlich inhomogene Überregnungen auf. Nur über aufwendig zu bestimmende, an Bodenstationsmessungen angeeichte radargemessene Regen konnte der räumlich-zeitliche Niederschlagsverlauf des Ereignisses nachgebildet werden. Aufgrund fehlender Pegel im Untersuchungsraum Stein wurde auf eine Nachrechnung des abgelaufenen Ereignisses mit dem Flussgebietsmodell allerdings verzichtet. Zu berücksichtigen ist außerdem, dass es sich um ein lokales Extremereignis gehandelt hat, das in dieser Form mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr auftreten wird. Die Auslegung von HWS-Maßnahmen auf ein HW wie am 07.06.2016 ist daher nicht sinnvoll. Die Auswertungen des historischen HW konzentrieren sich auf hydraulische Einordnung der aufgenommenen HW-Marken in Überflutungskarten statistischer Ereignisse ausgewählter Jährlichkeiten sowie die statistische Einordnung der aufgetretenen Niederschläge.

Die Bestandsanalyse (Bestimmung des Gefährdungsgrads) und die Auslegung von HW-Schutzmaßnahmen (BHQ) erfolgt in der Praxis i.d.R. über statistische Niederschlagsereignisse ausgewählter Wiederkehrzeiten (Jährlichkeiten). Mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell wurden entsprechend Aussagen zur Hochwassersituation bei Ereignissen ausgewählter Wiederkehrzeiten gemacht (HQ_T). Hierzu fanden Berechnungen für HW-Ereignisse unterschiedlicher Wiederkehrzeiten (Jährlichkeiten) statt. Bei den Nachrechnungen von synthetischen Einzelereignissen mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell wird davon ausgegangen, dass ein statistisches (T-jährliches) Niederschlagsereignis bei geeigneter Wahl der Randbedingungen (Vorfeuchte, Jahreszeit, ...) ein HW-Ereignis analoger Jährlichkeit auslöst. Da im Voraus nicht feststeht welche Regendauer zu den ungünstigsten Verhältnissen führt, erfolgen je Jährlichkeit Berechnungen für unterschiedliche Regendauern.

3.8.1 Nachgerechnete statistische Niederschlagsereignisse N (T, T_D)

Nachgerechnet wurden im Rahmen der FGU-Stein statistische Niederschlagsereignisse ausgewählter Regendauern T_D und Wiederkehrzeiten (Jährlichkeiten T). FGM-Modellrechnungen wurden für 12 Jährlichkeiten (T = 1a, 2a, 3a, 5a, 10a, 20a, 50a, 100a, 200a, 500a, 1.000a, 5.000a) und jeweils 10 Niederschlagsdauern (T_D = 0,25h, 0,5h, 1h, 2h, 4h, 6h, 12h, 24h, 48h, 72h) durchgeführt. Außerdem für 100-jährliche Niederschläge des LF-Klimaänderung (T = 100a,Klima). Bei 13 Jährlichkeiten und 10 Niederschlagsdauern waren damit insgesamt 130 unterschiedliche Ereignisse zu untersuchen.

3.8.2 Niederschlagsstatistik (KOSTRA-Niederschläge des DWD)

Die KOSTRA Niederschlagsdaten (Bemessungsniederschläge) N (T, T_D) liegen als Ganzjahres-, Sommer- und Winterniederschläge vor. Gewählt wurde als Eingangsgröße der hydrologischen Berechnungen das jeweilige Maximum aus Gesamtjahr, Sommer- und Winterhalbjahr (Jahresmaximum). Die im Flussgebietsmodell erfassten Einzugsgebiete des Teilbereichs Stein liegen dabei in 2 KOSTRA-Rasterelementen (s.a. Abbildung 3.3). Die originalen KOSTRA-Daten stehen zunächst nur für ausgewählte Regendauern T_D und Jährlichkeiten T zur Verfügung. Die KOSTRA-Werte wurden zunächst auf Plausibilität geprüft und ggf. korrigiert. Eine Interpolation bzw. Extrapolation auf die untersuchten 12 Jährlichkeiten (ohne T = 100a,Klima) und 10 Niederschlagsdauern erfolgte mit entsprechenden Programmen. Um in den FGM-Berechnungen den Einfluss der Topografie auf das Niederschlagsgeschehen berücksichtigen zu können fand für jedes FGM-Teileinzugsgebiet eine Korrektur über den mittleren Jahresniederschlag statt (WALD+CORBE, 1995).

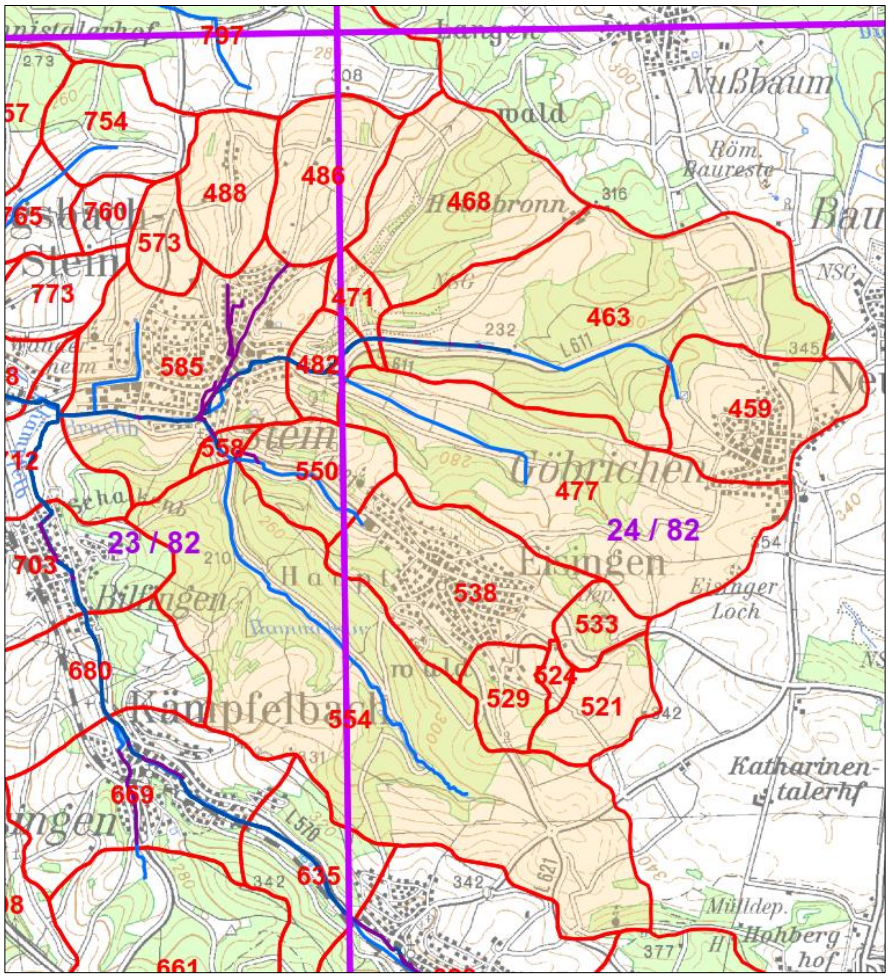

Abbildung 3.3: Lage der im Untersuchungsgebiet maßgebenden KOSTRA-Rasterelemente 23-82, 24-82

Anmerkung: In 2016 fand eine erneute Aktualisierung der KOSTRA-Niederschläge durch den DWD statt (KOSTRA-2010). Testanwendungen des KITs (2016) und des Büros WALD+CORBE ergaben, dass die neuen KOSTRA-2010 Niederschläge bei N-A-Modellierungen zu unplausiblen Ergebnissen führen. Im Schreiben des UM vom 16.01.2017 wird daher für Baden-Württemberg die Einführung von KOSTRA-2010 verschoben. Als Interimslösung wird die Weiterverwendung der KOSTRA-2000 Werte empfohlen. Entsprechend wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die bisher gültigen KOSTRA-2000 Werte verwendet.

Zum 01.11.2017 wurde vom DWD die neueste Version KOSTRA-DWD 2010R 3.2 eingeführt. Diese Version wurde durch das Land Baden-Württemberg geprüft und zur Verwendung freigegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung war die vorliegende FGU-Stein jedoch bereits abgeschlossen, so dass die neueste Version KOSTRA-DWD 2010R 3.2 nicht berücksichtigt werden konnte. Zu berücksichtigen ist dabei, dass das vorliegende, auf KOSTRA-2000 Niederschlägen basierende Modell über Vergleiche mit aktuellen Pegelstatistiken und HQ_T-Regionalisierungswerten auf Plausibilität geprüft wurde. D.h. es kann davon ausgegangen werden, dass das vorliegende Flussgebietsmodell die Abflussverhältnisse (HQ_T-Werte) realistisch nachbildet.

Bei den KOSTRA-Bemessungsniederschlägen handelt es sich um sogenannte „Punktniederschläge“. Insbesondere bei Ereignissen kurzer Regendauern treten diese Niederschläge nicht flächendeckend auf. Es gibt deshalb in der Praxis N-Abminderungsfaktoren (Verworn, 2008), über die diese punktuellen Niederschläge in Gebietsniederschläge umgerechnet werden können. Im vorliegenden Einzugsgebiet des Bruchbachs konnte jedoch aufgrund der geringen Gebietsgröße auf eine N-Abminderung verzichtet werden. (siehe Systemskizze Anlage A.1.2).

3.9 Lastfall Klimaänderung (T= 100 Jahre)

3.9.1 Allgemeines

Vergleich zwischen KOSTRA (DWD, 1997) und KOSTRA-2000 (DWD, 2005/2006)

In welchem Maße die Folgen der Klimaänderung zu der in Baden-Württemberg in den letzten Jahren beobachteten Häufung an Hochwasserereignissen beigetragen hat, kann derzeit nicht sicher beantwortet werden. Dass die Klimaänderung bereits zu höheren Niederschlägen geführt hat und auch zukünftig mit einer weiteren Erhöhung der Niederschläge und damit auch der Hochwasserabflüsse zu rechnen ist, zeigen Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 2005) bzw. des Landes Baden-Württemberg (LfU/LUBW, 2005). Vergleiche der aktuellen KOSTRA-2000 Niederschläge (DWD, 2005/2009) mit den zuvor gültigen KOSTRA-Werten (DWD, 1997) zeigen, dass in Baden-Württemberg bei den Langzeitregen (z.B. 24-Stundenregen) jetzt tendenziell höhere Werte vorliegen (Abbildung 3.4). Ursache hierfür ist die Verlängerung des Messzeitraumes des vom DWD für statistische Auswertungen verwendeten Bezugszeitraumes von bisher 1951-1981 (KOSTRA) auf jetzt 1951-2000 (KOSTRA-2000). Durch die Einbeziehung jüngerer Beobachtungen (1981-2000) werden in den Zeitreihen bereits Jahre mit Veränderungen im Niederschlagsgeschehen (Klimawandel) berücksichtigt.

Die für die meisten Regionen Baden-Württembergs im maßgebenden Winterhalbjahr festgestellte deutliche Erhöhung der Niederschläge durch die neueren KOSTRA-2000 Werte (DWD, 2005/2009) konnte vom DWD zunächst nur für längere Regendauern (z.B. Tageswerte) nachgewiesen werden. Die Ursache hierfür liegt vermutlich in der unterschiedlichen Messnetzdichte (Regenschreiber, Regenmesser) sowie unterschiedlichen meteorologischen Einflussgrößen (Langzeitereignisse, Kurzzeitereignisse). Standen für ca. 3.000 Stationen Tageswerte zur Verfügung, so konnte vom DWD zur Analyse der kurzen Dauerstufen auf lediglich 43 Stationen zurückgegriffen werden. Dass vom DWD für die kürzeren Regendauern keine Erhöhungen infolge des Klimawandels nachgewiesen werden konnte, liegt damit wahrscheinlich nur an der unzureichenden Datengrundlage.

Aus der Tatsache, dass vom DWD für die kürzeren Dauerstufen keine Erhöhung der Niederschläge infolge der Klimaänderung festgestellt werden konnte, darf nicht geschlossen werden, dass keine Veränderungen vorliegen. Bei einem Messnetz mit nur wenigen Schreiberstationen treten nur selten Starkregenereignisse auf, bei denen das Zentrum der Gewitterzelle über dem Schreiber liegt. Vom DWD (2005) wird darauf

hingewiesen, dass eine abgesicherte extremwertstatistische Auswertung der Kurzzeitniederschläge dem zukünftigen Einsatz radargestützter Bodenniederschlagsverteilungen vorbehalten sein wird (RADOLAN-Projekt).

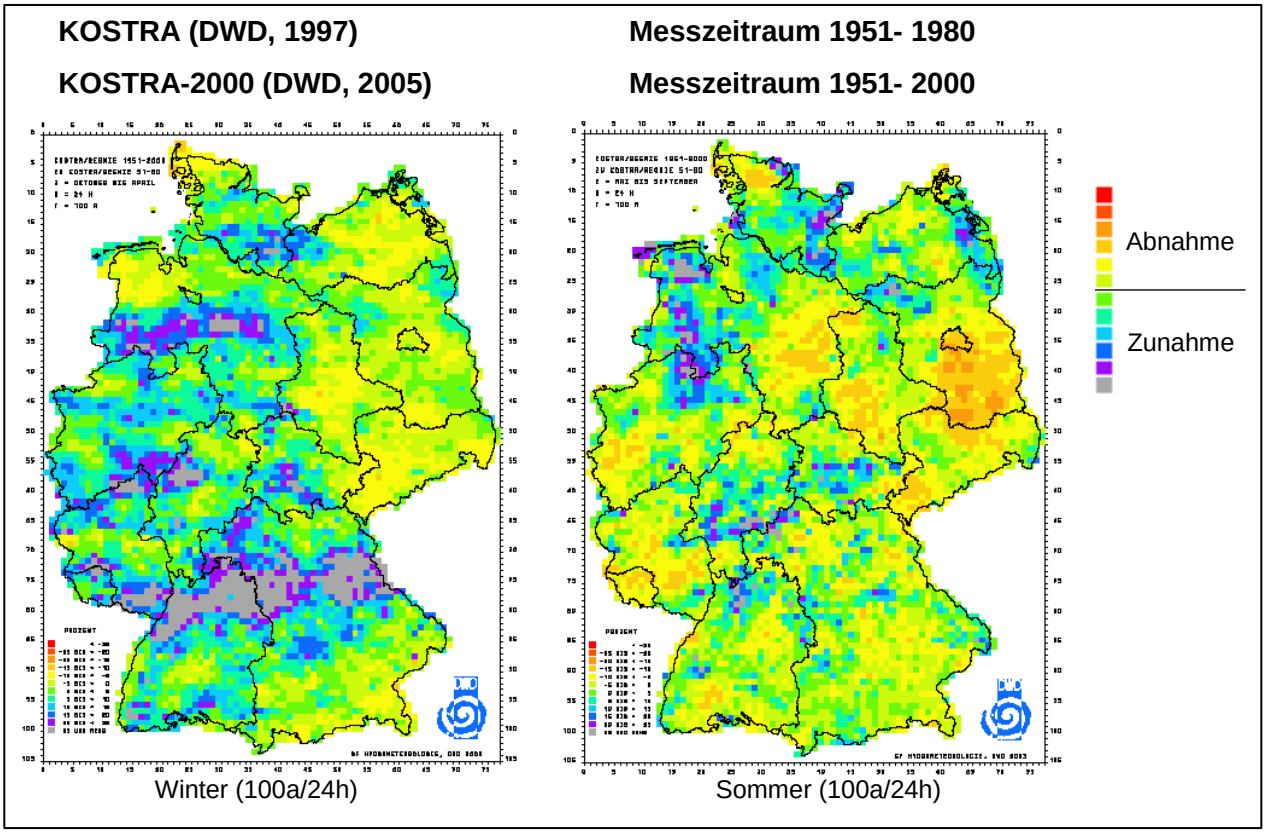

Abbildung 3.4: Vergleich KOSTRA, KOSTRA-2000 (Sommer, Winter) nach DWD (2005)

Anmerkung: Allein aufgrund von physikalischen Überlegungen ist damit zu rechnen, dass die infolge der Klimaänderung stattfindende Temperaturerhöhung auch zu höheren Kurzzeitniederschlägen führen wird (bereits geführt hat). Dies zeigen in Baden-Württemberg auch Erfahrungen bei der Anpassung hydrologischer Flussgebietsmodelle (KIT, WALD+CORBE). Außerdem traten in den letzten Jahren in vielen Bereichen Baden-Württembergs Niederschlagsereignisse von 1h bis 2h Dauer mit Regenhöhen zwischen 80mm und 140mm auf, die sich nicht mehr sinnvoll in die KOSTRA-Tabellen einordnen lassen. Es wird daher insbesondere für Bereiche mit maßgebenden Kurzzeitereignissen (kleinere Einzugsgebiete) empfohlen, HW-Schutzmaßnahmen auf einen möglichst hohen Schutzgrad auszulegen.

Klimaänderungsfaktoren (LfU/LUBW, 2005)

Untersuchungen im Rahmen des Gemeinschaftsvorhabens der Länder Baden-Württemberg und Bayern, sowie dem Deutschen Wetterdienst „Klimaänderungen und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft (KLIWA)“ haben gezeigt, dass Hochwasserereignisse in den letzten 30 Jahren häufiger auftraten und zukünftig aufgrund der Klimaänderung mit einer weiteren Erhöhung der Hochwasserabflüsse zu rechnen ist.

Im Rahmen der KLIWA-Studie durchgeführte Untersuchungen des Büros WALD+CORBE (2004) zeigen, dass bei HW-Schutzkonzepten die Berücksichtigung eines Lastfalles Klimaänderung in den meisten Fällen zu relativ moderaten Kostenerhöhungen führt, wenn dieser Lastfall bereits bei der Planung der Hochwasserschutzmaßnahme berücksichtigt wird. Spätere Anpassungen sind dagegen, insbesondere bei Rückhaltungen, Durchlässen oder Verdolungen mit sehr hohen Kosten verbunden.

Im Leitfaden Bemessungshochwasser (LfU/LUBW, 2005) wird daher vorgeschlagen, den Lastfall Klimaänderung im Rahmen der Maßnahmenplanung mit zu untersuchen. Auf der Basis detaillierter Kostenschätzungen ist unter Nutzen-Kosten-Gesichtspunkten abzuwägen, ob eine Auslegung der Maßnahme auf den Lastfall Klimaänderung erfolgen soll. Neben ökonomischen Gesichtspunkten sind dabei immer die Interessen der Anlieger (Mauerhöhe, etc.), des Naturschutzes sowie Aspekte wie Ortsbild, Landschaftsbild, Machbarkeit usw. bei der Lösungsfindung zu berücksichtigen.

Sind Maßnahmen bzw. Maßnahmengruppen voneinander unabhängig, so kann im Einzelfall über eine Auslegung auf den Lastfall Klimaänderung entschieden werden. Denkbar sind auch Lösungen, bei denen eine Auslegung auf z.B. derzeit 100-jährliche Hochwasserabflüsse erfolgt (HQ_{100} aus FGM-Berechnung), die Planung eine nachträgliche Anpassung auf den Lastfall Klimaänderung aber zulässt.

Aufgrund von derzeit noch bestehenden großen Unsicherheiten in den Klimamodellen kann die Zunahme der Hochwasserabflüsse allerdings nicht ausreichend sicher quantifiziert werden. Vom Institut für Wasser und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe (inzwischen KIT) konnten, in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU/LUBW, 2005), dennoch regionale Klimaänderungsfaktoren abgeschätzt werden. Die derzeitigen Klimaänderungsfaktoren gehen davon aus, dass sich die 100-jährlichen Hochwasserabflüsse im Bereich von Sinsheim bis zum Jahre 2050 um den Faktor 1,15 erhöhen werden.

Werden HRB-Lösungen an den Lastfall Klimaänderung angepasst, so kann eine Erhöhung des HQ_{100}-Wertes um 15 % bei gleicher Beckenabgabe zu einem wesentlich höheren Volumen (Vollstau) führen. Insbesondere im Falle von HRB-Lösungen bei denen lediglich der Scheitelbereich der 100-jährlichen Ganglinie zurückgehalten werden soll, führt eine Auslegung auf den Lastfall Klimaänderung (100 Jahre) häufig zu Volumenerhöhungen von weit über 15 %. Abbildung 3.5 zeigt in einem fiktiven Testgebiet exemplarisch für ein 100-jährliches 24-Stundenereignis, dass eine Erhöhung des Scheitels um ca. 15 % zu einer wesentlich größeren Erhöhung der Fülle und damit der benötigten Beckenvolumen führen kann.

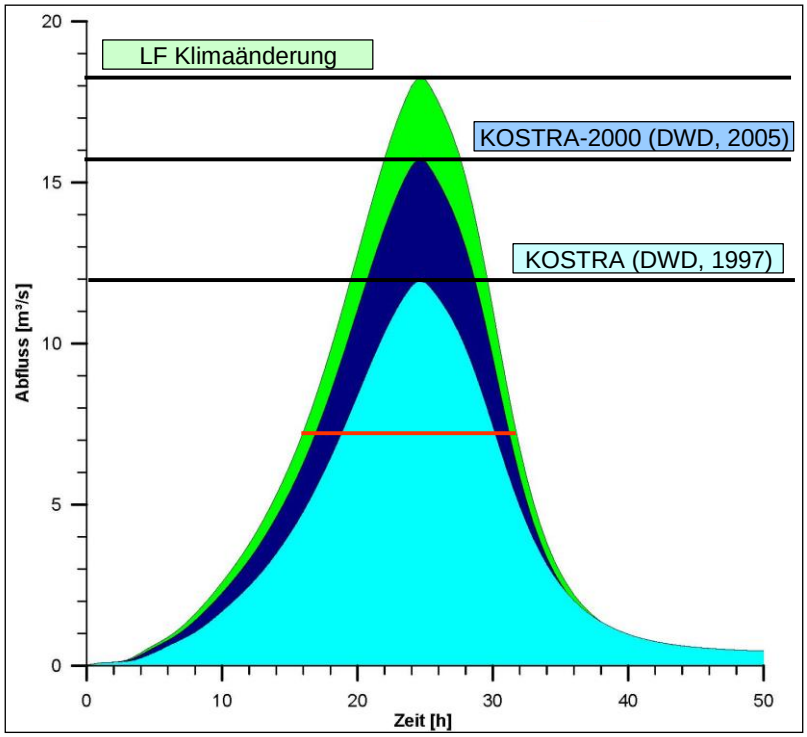

Abbildung 3.5: Vergleich von FGM-Berechnungen (fiktives Testgebiet) aus KOSTRA (DWD, 1997), KOSTRA-2000 (DWD, 2005/2009) und LF Klimaänderung

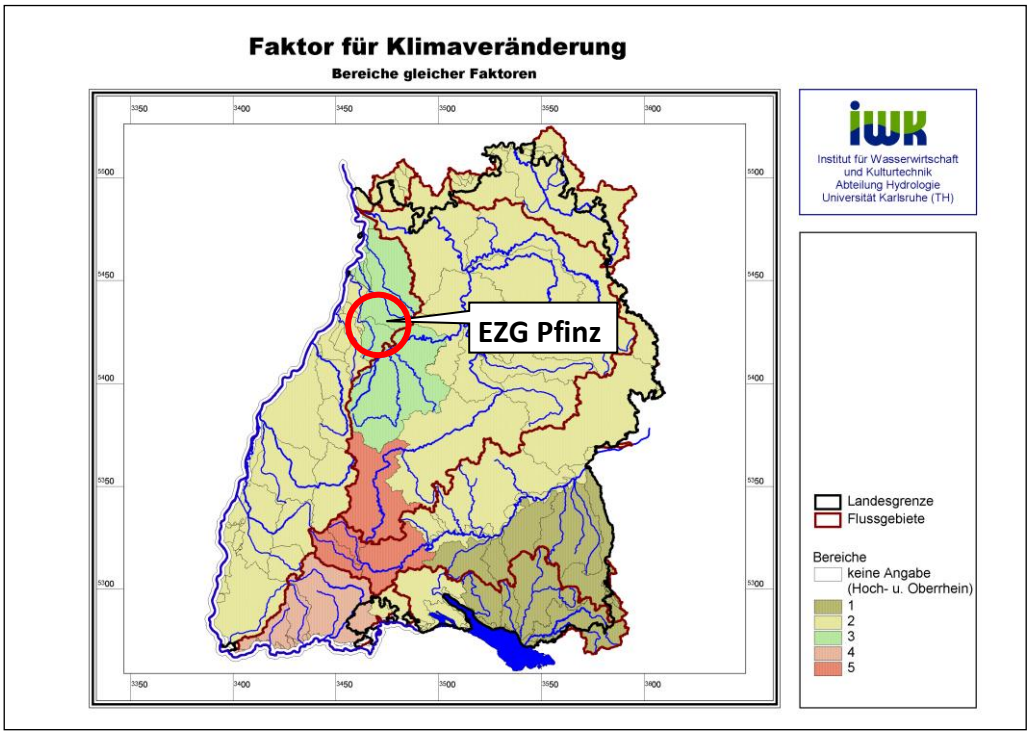

Abbildung 3.6: Regionen mit unterschiedlichen Klimaänderungsfaktoren (LfU/LUBW, 2005)

Tabelle 3.1: Klimaänderungsfaktoren (LfU/LUBW, 2005)

T [Jahre]	Klimafaktoren				
	1	2	3	4	5
2	1,25	1,50	1,75	1,50	1,75
5	1,24	1,45	1,65	1,45	1,67
10	1,23	1,40	1,55	1,43	1,60
20	1,21	1,33	1,42	1,40	1,50
50	1,18	1,23	1,25	1,31	1,35
100	1,15	1,15	1,15	1,25	1,25
200	1,12	1,08	1,07	1,18	1,15
500	1,06	1,03	1,00	1,08	1,05
1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Bemerkung: für Jährlichkeiten T > 1000 a ist der Faktor gleich 1,0					

3.9.2 FGM-Nachrechnung des Lastfalles Klimaänderung (T = 100 Jahre)

Da Nachrechnungen des Lastfalles Klimaänderung primär im Hinblick auf die Bemessung von Hochwasserschutzmaßnahmen von Interesse sind, fanden FGM-Berechnungen ausschließlich für 100-jährliche Hochwasser des Lastfalles Klimaänderung statt. Im Einzugsgebiet des Pfinztals kann nach LfU/LUBW (2005) davon ausgegangen werden, dass sich der 100-jährliche Hochwasserabfluss bis zum Jahre 2050 um ca. 15 % erhöhen wird. Die 100-jährlichen KOSTRA-2000 Niederschläge wurden in Anlehnung an die im Leitfaden Bemessungshochwasser (LfU/LUBW, 2005) beschriebene Vorgehensweise über einen, für alle Regendauern einheitlichen, N-Faktor so angepasst, dass sich an maßgebenden Gewässerstellen des Pfinztals der 100-jährliche HW-Abfluss (HQ_{100}) um 15% erhöht ($HQ_{100Klima}$). Die Anpassung des N-Faktors (f=1,084) erfolgte iterativ über Testrechnungen mit dem FGM.

3.10 Ausarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung des HW-Schutzes

Ergibt die Bestandsanalyse, dass in einem Gewässerabschnitt ein unzureichender HW-Schutz vorliegt, so sind im Rahmen einer FGU Vorschläge zur Verbesserung des HW-Schutzes zu entwickeln. Eine Verbesserung des Hochwasserschutzes kann grundsätzlich durch Rückhaltemaßnahmen (HRB, RRB, Retentions-

raum), Überleitungen (Abschlag), lokale HW-Schutzmaßnahmen (Mauern, Schutzdämme, Flutmulden, Bypass, Überleitung, Aufdimensionierung, Aufweitungen, Offenlegungen, Sohltieferlegungen, Objektschutzmaßnahmen, etc.) oder eine Kombination aus Rückhaltung, Abschlag und lokalen HW-Schutzmaßnahmen erfolgen (Maßnahmen des technischen HW-Schutzes). Aber auch Vorsorgemaßnahmen (Alarm- und Einsatzpläne) können zur Reduzierung von Hochwasserschäden beitragen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung fand zunächst eine Bestandsanalyse und darauf aufbauend die Ausarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung des HW-Schutzes statt. Gesucht wurden Lösungen, wie beim maßgebenden BHQ (z.B. T=100a) der HW-Abfluss schadlos durch die Ortslage abgeführt werden kann.

3.10.1 Grundsätze für die Entwicklung einer HW-Schutzkonzeption

Hydrologische Berechnungen erlauben zunächst noch keine Aussagen über die sich entlang des Gewässers einstellenden Wasserstände. Dies ist nur mit hydraulischen Modellen möglich. Hydraulische Berechnungen fanden zunächst für den derzeitigen Ausbauzustand (ohne mögliche lokale Maßnahmen, ohne neue/sanierte Hochwasserrückhaltebecken) statt. Im Rahmen einer Bestandsanalyse wurden entlang der Gewässer die Gewässerleistungsfähigkeiten ermittelt und lokale Schwachstellen identifiziert. Durch die Überflutungskarten verschiedener Jährlichkeiten bzw. Vergleiche der vorhandenen Leistungsfähigkeiten mit den hydrologischen Berechnungsergebnissen (HQ_T) konnte der derzeitige HW-Schutzgrad bestimmt werden.

Bei der Auslegung von Hochwasserschutzmaßnahmen sollten, falls machbar und (ökonomisch) sinnvoll, abflussverschärfende Aspekte wie die Folgen der Klimaänderung oder geplante Neubebauungen berücksichtigt werden. Im Anschluss an die Bestandsanalyse erfolgten daher Berechnungen mit Berücksichtigung der zu erwartenden Folgen der Klimaänderung sowie evtl. geplanter Neubebauungen.

Anmerkungen: Bei den hydraulischen Berechnungen wird i.d.R. von der vollen Leistungsfähigkeit der Gewässer (ohne Verlegungen) ausgegangen. Insbesondere an den Ortsrändern (Verdolungseinlauf, Brücken, Stege) und bei kleineren Gewässern kann es im HW-Fall durch mitgeführtes Treibgut und Geschwemmsel zu Verlegungen kommen. Die hydraulischen Berechnungen können daher die tatsächlichen Gefährdungen unterschätzen.

3.10.2 Wahl des HW-Schutzgrades

Hochwasserschutzmaßnahmen werden für einen bestimmten Hochwasserschutzgrad bemessen (z.B. 100-jährliches Hochwasser). Bei der Festlegung des maßgebenden Bemessungsereignisses (Schutzgrad) sind Aspekte wie die Kosten der Hochwasserschutzmaßnahmen, das Nutzen-Kosten-Verhältnis, die Machbarkeit (max. Dammhöhe, max. realisierbares Volumen, max. Mauerhöhe, etc.), das Ortsbild, das Landschaftsbild, die Eigentumsverhältnisse, die Ökologie etc. zu beachten. Hierzu sind Variantenrechnungen

mit einer Auslegung der Maßnahmen für verschiedene Jährlichkeiten (z.B. 100-jährliche Hochwasser, 100-jährliche Hochwasser des Lastfalls Klimaänderung) durchzuführen.

Bei Berechnungen mit hydrologischen Flussgebietsmodellen wird davon ausgegangen, dass bei Verwendung geeigneter Randbedingungen (Vorfeuchte, Jahreszeit, etc.) räumlich verteilte Niederschläge einer bestimmten Jährlichkeit, die auf das Einzugsgebiet niedergehen, in den Gewässern Abflüsse bzw. Wasserstände der gleichen Jährlichkeit hervorrufen. Die in einem Gebiet anzusetzenden Bemessungsniederschläge können z.B. aus dem KOSTRA-Atlas (KOSTRA = Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung) des Deutschen Wetterdienstes abgeleitet werden. Da es für eine Jährlichkeit (Wiederkehrzeit) in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer aber unterschiedliche Niederschlagshöhen bzw. Niederschlagsintensitäten gibt, müssen je Jährlichkeit immer mehrere Niederschlagsdauern mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell untersucht werden, um so die maßgebende Niederschlagsdauer (maximale Abflüsse, maximale Überflutungen, maximale Beckenfüllung) festlegen zu können. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden deshalb 10 Niederschlagsdauern von 0,25 Stunden bis 72 Stunden für die Wiederkehrzeiten von 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1.000 und 5.000 Jahren untersucht.

Die Auslegung der HW-Schutzmaßnahmen erfolgte für unterschiedliche Schutzgrade. Schutzgradempfehlungen für innerörtliche Bereiche können dem Leitfaden Bemessungshochwasser (LfU/LUBW, 2005) entnommen werden. Danach ist für die betrachteten innerörtlichen Bereiche ein 50- bis 100-jährlicher Hochwasserschutz anzustreben (Abbildung 3.7). Die endgültige Festlegung des Schutzgrades von Hochwasserschutzmaßnahmen sollte nach LfU/LUBW (2005) allerdings auf der Basis von Nutzen-Kosten Berechnungen erfolgen. Außerdem sollten bei der Schutzgradfestlegung die aus dem neuen WG/WHG resultierenden Konsequenzen (bauen im Überschwemmungsgebiet) beachtet werden.

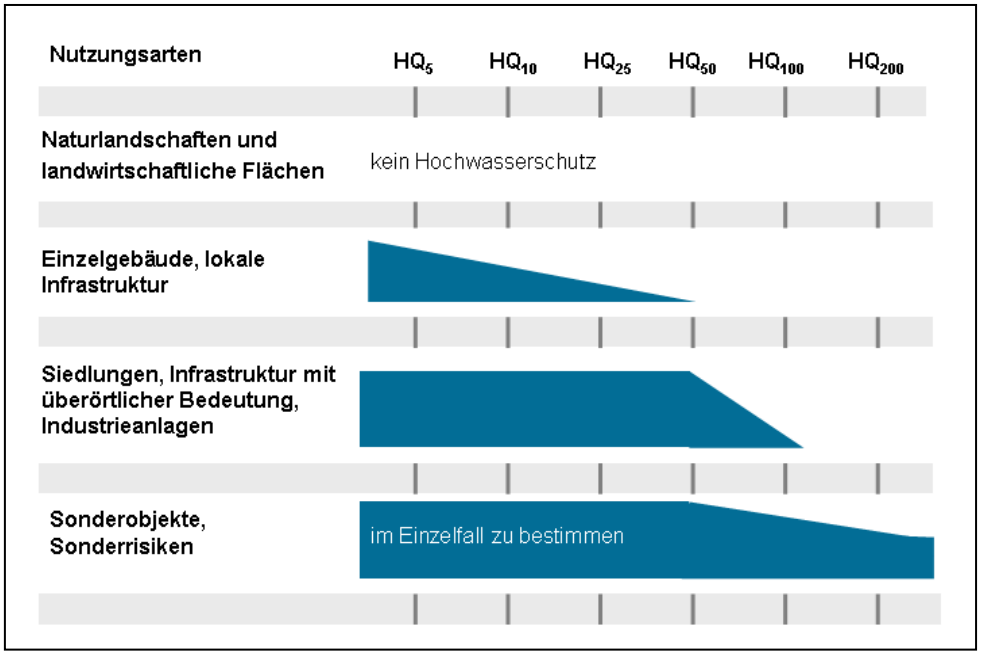

Abbildung 3.7: Schutzgradempfehlung nach LfU/LUBW (2005)

Im Leitfaden Bemessungshochwasser (LfU/LUBW, 2005) wird außerdem empfohlen bei der Erstellung von Hochwasserschutzkonzeptionen die möglichen wasserwirtschaftlichen Konsequenzen des Klimawandels mit zu untersuchen. Hochwasserschutzmaßnahmen (insbesondere Verdolungen, Durchlässe, Brücken, Rückhaltungen, Pumpen) lassen sich nachträglich oftmals nicht mehr oder nur mit einem sehr hohen finanziellen Aufwand an die, infolge der Klimaänderung zu erwartenden, höheren Hochwasserscheitel und Füllen anpassen. Es ist daher zu prüfen, ob die Maßnahmen auf 100-jährliche Hochwasser mit Berücksichtigung eines Klimaänderungsfaktors ausgelegt werden können und eine entsprechende Auslegung ökonomisch sinnvoll ist.

Die Auslegung der entwickelten Hochwasserschutzkonzeptionen erfolgte für unterschiedliche Schutzgrade (Jährlichkeiten). Im Rahmen der Optimierung der Hochwasserschutzkonzeption waren neben den wasserwirtschaftlichen (hydrologischen) Gesichtspunkten auch ökologische, ökonomische und städteplanerische (Ortsbild, Machbarkeit, Platzbedarf, Schutzgebiete, …) Aspekte zu berücksichtigen. Außerdem die Ergebnisse aus den Sicherheitsüberprüfungen für die 5 vor Stein gelegenen HRB.

Die letztendliche Festlegung des Hochwasserschutzgrades (Berücksichtigung der Folgen der Klimaänderung) kann oftmals erst im Rahmen der Planung erfolgen. Grundsätzlich können dabei auch innerhalb einer Ortslage unterschiedliche Schutzgrade gewählt werden, wenn die Maßnahmen sich nicht gegenseitig beeinflussen.

Im Hinblick auf die noch zu erwartenden Folgen der Klimaänderung, zukünftige Neubebauungen und die in der jüngsten Vergangenheit aufgetretenen Schadensfälle (HW 01.06.2013 und 07.06.2016) wird die Wahl eines möglichst hohen Schutzgrades empfohlen

3.10.3 Grobe Kostenschätzung der Maßnahmen (Kostenrahmen)

Mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell kann die Wirkung von Rückhaltemaßnahmen untersucht, über hydraulische Modellrechnungen kann die Wirkung lokaler Hochwasserschutzmaßnahmen aufgezeigt werden. Zur Festlegung einer optimierten Hochwasserschutzkonzeption werden unterschiedliche Maßnahmenkombinationen miteinander verglichen. Bei der Entwicklung einer optimierten Hochwasserschutzlösung waren neben wasserwirtschaftlichen auch ökologische und ökonomische Aspekte zu berücksichtigen. Aber auch städtebauliche Gesichtspunkte (Ortsbild, etc.), aktuelle Planungen (Straßensanierungen. etc.) und die vorliegenden Eigentumsverhältnisse sind zu beachten. Um die unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten optimale Lösungsvariante zu ermitteln, fanden grobe Kostenschätzungen (Kostenrahmen) für alle Einzelmaßnahmen statt. Abschließend wurden die untersuchten Lösungsvarianten einander gegenübergestellt und bewertet. Als Ergebnis der Untersuchung liegt ein mit den Beteiligten (Gemeinde, Landratsamt) abgestimmte Hochwasserschutzkonzeption (Lösungsvorschlag) vor.

Bei den im Rahmen einer FGU angegebenen Kosten (Bruttogesamtkosten, ohne Grunderwerb und evtl. Ausgleichsmaßnahmen) handelt es sich um einen groben Kostenschätzungen im Rahmen einer Konzeptionsentwicklung (Kostenrahmen). Genaue Kostenschätzungen sind erst im Rahmen der Planung auf der

Grundlage ergänzender Informationen (Vermessung, Geotechnik, Abstimmung der Maßnahmen mit der Kommune, dem LRA und den Anliegern, etc.) möglich.

3.11 Dokumentation der Untersuchungsergebnisse

Die Dokumentation der HW-Schutzuntersuchung (FGU-Stein) erfolgt in Form eines umfangreichen Berichtes mit zahlreichen Anlagen. In den Tabellen, Karten und Grafiken der Anlagen werden die Untersuchungsergebnisse detailliert beschrieben.

- Anlage A: Hydrologische Berechnungen
- Anlage B: Hydraulische Berechnungen
- Anlage C: HW-Dokumentation 07.06.2016 + 25.06.2016
- Anlage D: CD

Die Untersuchung wurde primär mit dem Ziel der Entwicklung einer HW-Schutzkonzeption für die Ortslage Stein durchgeführt. Insbesondere das hydrologische Flussgebietsmodell kann jedoch zukünftig für Untersuchungen in weiteren Bereichen (FGU Königsbach, Seitengewässer, Kompensation zukünftiger Neubebauungen) eingesetzt werden.

Die Untersuchungsergebnisse wurden so aufbereitet, dass sie langfristig für Planungszwecke oder weiterführende Untersuchungen genutzt werden können.

Die Ergebnisse der parallel zur FGU-Stein erfolgten vertieften Sicherheitsüberprüfung für 8 HRB-Standorte erfolgt in getrennten Erläuterungsberichten.

4 Hydrologisches Flussgebietsmodell (Aktualisierung)

4.1 FGM-Aktualisierung: Räumliche Gliederung

Das aus früheren Untersuchungen vorhandene hydrologische Flussgebietsmodell musste im Raum Stein in mehreren Bereichen räumlich neu gegliedert werden. In dem Modell müssen alle für die Ausarbeitung einer HW-Schutzkonzeption relevanten Gewässerstellen (mögliche HRB-Standorte, Überleitung, …) erfasst werden.

Außerdem wurden im Rahmen der FGU-Stein auch zahlreiche FGM-Daten aktualisiert. Dies betrifft insbesondere Ortsentwässerungsdaten (Einleitstellen, Kennwerte, Außengebiete) und HRB-Daten (Standorte, Kennwerte) für den Raum Stein.

4.2 FGM-Aktualisierung: Ortsentwässerung

In das hydrologische Flussgebietsmodell FGM-Pfinz wurden in der Vergangenheit immer wieder aktuelle Daten eingepflegt. So wurden in mehreren Voruntersuchungen (WALD+CORBE, 2012a, 2012b, 2014, 2016) im FGM die Ortsentwässerungsdaten von Pforzheim, Remchingen, Königsbach-Stein; Keltern sowie der Ortslagen des ZV-Kämpfelbachtal (Ispringen, Ersingen, Bilfingen, Eisingen) aktualisiert. Die vorliegenden Ortsentwässerungsdaten dieser Bereiche entsprechen in etwa dem derzeitigen Ausbauzustand (Ist-Zustand). Zusätzlich liegt eine FGM-Variante vor, in der die geplanten Neubebauungen (soweit bekannt) berücksichtigt wurden (Plan-Zustand).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Ortsentwässerungsdaten der Ortslage Stein für den etwa derzeitigen Ausbauzustand (Ist-Zustand) neu erhoben und ins Flussgebietsmodell eingegeben. Außerdem standen für Stein Angaben zu einem zukünftigen Ausbauzustand der Ortsentwässerung (Plan-Zustand) zur Verfügung (siehe Anlage A.2.3).

4.3 FGM-Aktualisierung: Rückhaltungen (HRB)

4.3.1 Grundlage zur Steuerung von Hochwasserrückhaltebecken

Rückhaltungen (Hochwasserrückhaltebecken) können auf unterschiedliche Arten betrieben werden. In der nachfolgenden Abbildung sind die wichtigsten Abgabearten zusammengestellt. Während kleinere Rückhaltungen (HRB) oftmals als robuste, kostengünstige Becken mit ungesteuerter Abgabe realisiert werden, werden große Becken meist als gesteuerte Becken betrieben.

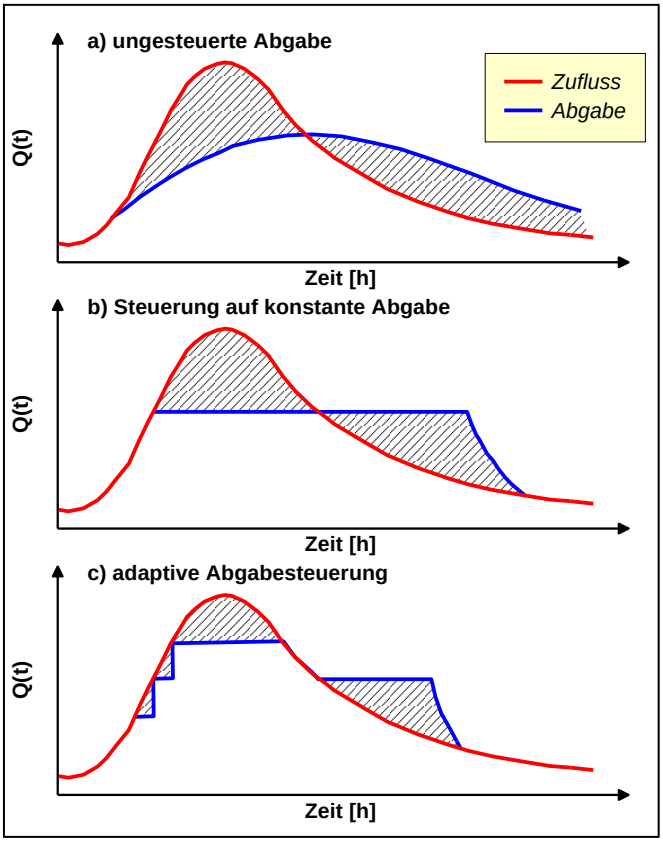

Abbildung 4.1: Abgabearten von Hochwasserrückhaltebecken (nach Ihringer, 2005)

4.3.2 Rückhaltungen (Bestand)

Im hydrologischen Flussgebietsmodell kann die Wirkung von Rückhaltungen (RRB, HRB, etc.) nachgebildet werden. Eine Übersicht über die im Bereich von Stein liegende Rückhaltungen (bestehend und möglich) zeigt die **Abbildung 1.4** (Übersichtskarte) bzw. die Abbildung 1.6 (Systemskizze). In der nachfolgenden Tabelle 4.1 sind nochmals alle bekannten Rückhaltungen zusammengestellt. Durch die parallel zur FGU durch WALD+CORBE durchgeführten Sicherheitsüberprüfungen für alle in den Gemeinden Königsbach-Stein sowie in Eisingen befindlichen Becken, lagen aktuelle HRB-Kennwerte (Grundablass, Speicherinhaltslinie, Abfluss HWEA) für alle maßgebenden Becken oberhalb von Stein vor. Die Daten wurden ausgewertet, die zur Nachbildung der Becken im FGM benötigten HRB-Kennwerte zusammengestellt und ins FGM-Pfinztal eingegeben.

Maßgebend für Stein sind dabei vor allem die Becken HRB 35 (Pfitztal), HRB 38 (Lindtal), HRB 42 (Neulinger Grund), HRB 52 (Kuchental) und HRB 71 (Gennenbach). Die drei vor Eisingen gelegenen Becken (HRB-41, HRB-43, HRB-Kuhställe) sind bezüglich ihrer Wirkung in Stein von untergeordneter Bedeutung. Sie werden nachfolgend entsprechend nicht weiter verfolgt (Ausbau,…).

Tabelle 4.1: Bestehenden Rückhaltungen im Einzugsgebiet von Stein

FGM Kn.	Name	S_{ZV} [m³]	W_{ZV} [m+NN]	Abgabeart	Q_R/Q_{ab} [m³/s]	Bemerkung	Quelle
466	HRB 35 (Pfitztal)	2.700	359,84	Ungesteuert	2,48	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017
469	HRB 38 (Lindtal)	800	358,20	Ungesteuert	3,10	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017
478	HRB 42 (Neulinger Grund)	48.000	--	Gesteuert	6,00	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017
489	HRB 52 (Kuchental)	4.300	382,19	Ungesteuert	0,90	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017
561	HRB 71 (Gennenbach)	1.600	300,62	Ungesteuert	0,80	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017
522	HRB 41	5.200	313,50	Ungesteuert	1,23	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017
527	HRB 43	4.000	298,55	Ungesteuert	1,13	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017
534	HRB Kuhställe	2.500	386,00	Ungesteuert	0,22	Bestand Sicherheitsüberprüfung	WALD+CORBE, 2017

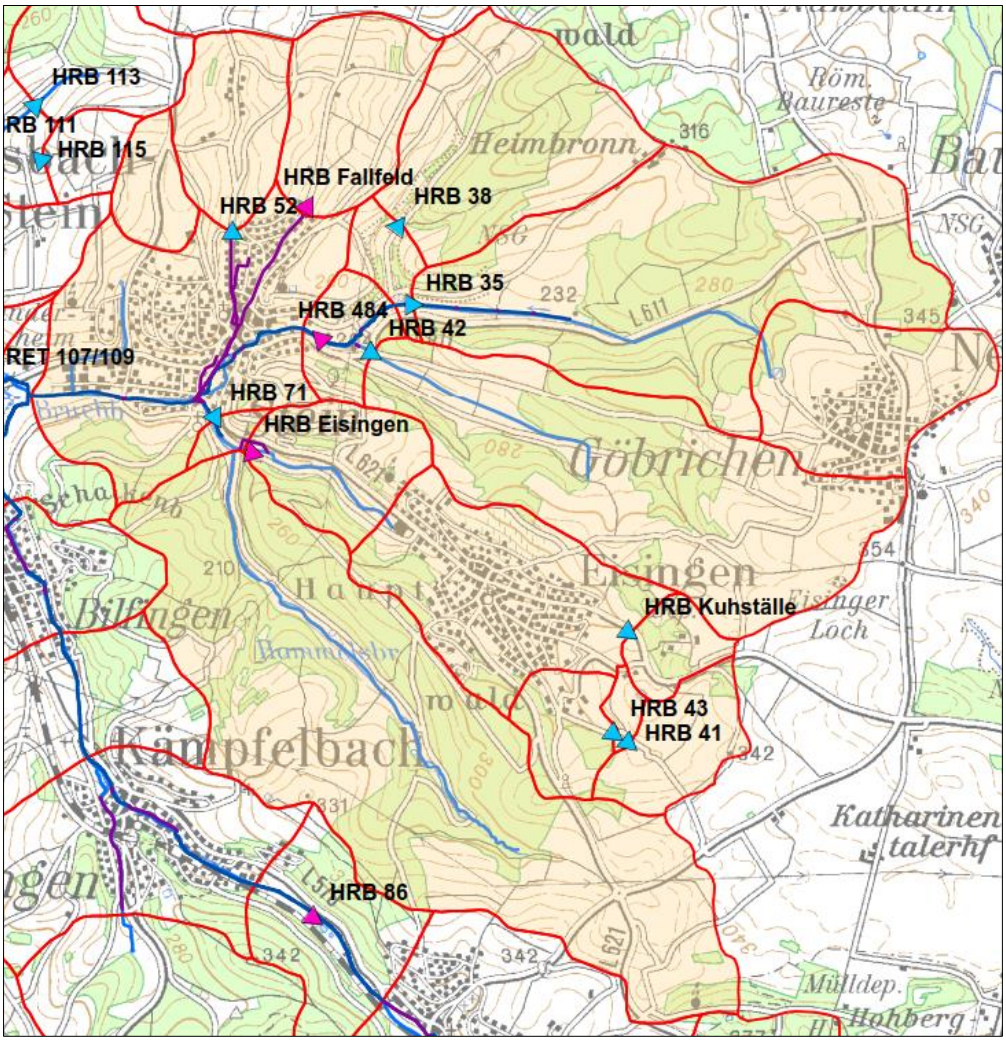

Abbildung 4.2: Übersichtskarte der im Bereich Stein bestehenden (blaues Dreieck) und möglichen (rosa Dreieck) Rückhaltungen (HRB)

HRB 35 (Pfitztal)

Die maßgebenden Kennwerte des bestehenden Beckens HRB-35 Pfitztal sind in der nachfolgenden Tabelle nochmals zusammengestellt. Weitere Angaben (Sanierungsbedarf,…) können der vertieften Überprüfung nach DIN 197000 (WALD+CORBE, 2017) entnommen werden.

Beim HW vom 07.06.2016 konnte an der Ortsbegehung der HRB am folgenden Tag kein Einstau des HRB während des HW-Ereignisses festgestellt werden. Eine Ausuferung des Bruchbachs im Bereich des HRB fand nicht statt.

Tabelle 4.2: Kennwerte des bestehenden HRB-35 Pfitztal, FGM-Kn. 466 (WALD+CORBE 2017)

Anlagenteil	Technische Daten	
Einzugsgebietsgröße am HRB-Standort	5,8	km²
Gewöhnliches Hochwasserrückhaltevolumen I_{GHR}	15.100	m³ bei 214,46 m+NN
Staufläche bei Vollstau Z_V	14.800	m² bei 214,46 m+NN
Maximale Beckenabgabe bei Vollstau, ungesteuert	2,75	m³/s
Stauziel / Vollstau Z_V / Tiefpunkt Dammkrone	214,46	m+NN
Dammbauwerk		
Dammkronenhöhe	214,45 – 219,3	m+NN
Dammhöhe über Gerinnesohle in Dammachse	ca. 3,45 m	
Grundablass		
Rohrleitung (ein- und auslaufseitig)	DN 800	mm
Sohlhöhe am - Rohreinlauf - Rohrauslauf	 211,27 211,04	 m+NN m+NN

Abbildung 4.3: Dammbauwerk HRB Pfitztal (Stauraum linksseitig)

Abbildung 4.4: Stauraum HRB Pfitztal

HRB 38 (Lindtal)

Die maßgebenden Kennwerte des bestehenden Beckens HRB-52 Kuchental sind in der nachfolgenden Tabelle nochmals zusammengestellt. Weitere Angaben (Sanierungsbedarf,…) können der vertieften Überprüfung nach DIN 197000 (WALD+CORBE, 2017) entnommen werden.

Beim HW vom 07.06.2016 kam es im Bereich des HRB Lindtal zu keinem Überströmen des HRB. Durch die Verlegung eines Zulaufbauwerkes im Osten des HRB trat Wasser aus dem Zulaufgraben aus und umströmte das HRB Lindtal. Dieses Wasser floss daraufhin ungedrosselt den Gefälleverhältnissen entlang der Taltiefenlinie folgend dem Vorfluter Bruchbach zu.

Tabelle 4.3: Kennwerte des bestehenden HRB-38 Lindtal, FGM-Kn. 489 (WALD+CORBE, 2017)

Anlagenteil	Technische Daten	
Einzugsgebietsgröße am HRB-Standort	2,0	km²
Gewöhnliches Hochwasserrückhaltevolumen I_{GHR}	3.580	m³ bei 229,15 m+NN
Staufläche bei Vollstau Z_V	3.870	m² bei 229,15 m+NN
Maximale Beckenabgabe bei Vollstau, ungesteuert	0,95	m³/s
Stauziel / Vollstau Z_V / Tiefpunkt Dammkrone	229,15	m+NN
Dammbauwerk		
Dammkronenhöhe	229,15 – 231,20	m+NN
Dammhöhe über Gerinnesohle in Dammachse	ca. 3,25 m	
Grundablass		
Rohrleitung (ein- und auslaufseitig)	DN 500	mm
Sohlhöhe am - Rohreinlauf - Rohrauslauf	 226,33 225,83	 m+NN m+NN

Abbildung 4.5: Dammbauwerk HRB Lindtal (Stauraum linksseitig)

Abbildung 4.6: Seitlicher Zulauf zum Becken mit Rechen

HRB 42 (Neulinger Grund)

Die maßgebenden Kennwerte des bestehenden Beckens HRB-52 Kuchental sind in der nachfolgenden Tabelle nochmals zusammengestellt. Weitere Angaben (Sanierungsbedarf,…) können der vertieften Überprüfung nach DIN 197000 (WALD+CORBE, 2017) entnommen werden.

Beim HW vom 07.06.2016 konnte an der Ortsbegehung der HRB am folgenden Tag kein Einstau des HRB während des HW-Ereignisses festgestellt werden. Eine Ausuferung des Neulinger Grundgrabens im Bereich des HRB fand nicht statt.

Tabelle 4.4: Kennwerte des bestehenden HRB-42 Neulinger Grund, FGM-Kn. 478 (WALD+CORBE, 2017)

Anlagenteil	Technische Daten	
Einzugsgebietsgröße am HRB-Standort	3,8	km²
Gewöhnliches Hochwasserrückhaltevolumen I_{GHR}	18.400	m³ bei 212,31 m+NN
Staufläche bei Vollstau Z_V	20.000	m² bei 212,31 m+NN
Maximale Beckenabgabe bei Vollstau, ungesteuert	0,8	m³/s
Stauziel / Vollstau Z_V / Tiefpunkt Dammkrone	212,31	m+NN
Dammbauwerk		
Dammkronenhöhe	212,31 –213,00	m+NN
Dammhöhe über Gerinnesohle in Dammachse	ca. 3,1 m	
Grundablass		
Rohrleitung (ein- und auslaufseitig)	DN 500	mm
Sohlhöhe am - Rohreinlauf - Rohrauslauf	 209,81 209,04	 m+NN m+NN

Abbildung 4.7: Wasserseitige Dammböschung HRB Neulinger Grund

Abbildung 4.8: Hochwasserereignis Juni 1013: Einstau des HRB Neulinger Grund

HRB-52 Kuchental

Die maßgebenden Kennwerte des bestehenden Beckens HRB-52 Kuchental sind in der nachfolgenden Tabelle nochmals zusammengestellt. Weitere Angaben (Sanierungsbedarf,…) können der vertieften Überprüfung nach DIN 197000 (WALD+CORBE, 2017) entnommen werden.

Beim HW vom 07.06.2016 kam es am HRB Kuchental zu einem breitflächigen Überströmen des Absperrdamms. Ebenfalls konnte im Oberwasser des HRB ein Ausborden des Kuchentalgrabens beobachtet werden. So floss ein großer Teil des Abflusses über die Neue Brettener Straße am HRB Kuchental vorbei und durch die gesamte Ortslage von Stein dem Bruchbach zu.

Tabelle 4.5: Kennwerte des bestehenden HRB-52 Kuchental, FGM-Kn. 489 (WALD+CORBE, 2017)

Anlagenteil	Technische Daten	
Einzugsgebietsgröße am HRB-Standort	0,9	km²
Gewöhnliches Hochwasserrückhaltevolumen I_{GHR}	ca. 1.500	m³ bei 214,35 m+NN
Staufläche bei Vollstau Z_V	ca. 2.700	m² bei 214,35 m+NN
Maximale Beckenabgabe bei Vollstau, ungesteuert	ca. 0,1 – 0,4	m³/s
Stauziel / Vollstau Z_V / Tiefpunkt Dammkrone	214,35	m+NN
Dammbauwerk (Absperrdamm) / HWEA		
Dammkronenhöhe	214,35 – 214,70	m+NN
Dammhöhe über Gerinnesohle in Dammachse	ca. 2 m	
Grundablass		
Rohrleitung (ein- und auslaufseitig)	DN 350	mm
Sohlhöhe Rohreinlauf Rohrauslauf in Sammelschacht	212,52 212,02	m+NN m+NN

Abbildung 4.9: HRB Kuchental Absperrdamm mit Einlaufbauwerk Grundablass

Abbildung 4.10: Hochwasserereignis Juni 2013: Einstau des HRB Kuchental

HRB 71 (Gennenbach)

Die maßgebenden Kennwerte des bestehenden Beckens HRB-71 Gennenbach sind in der nachfolgenden Tabelle nochmals zusammengestellt. Weitere Angaben (Sanierungsbedarf,…) können der vertieften Überprüfung nach DIN 197000 (WALD+CORBE, 2017) entnommen werden.

Beim HW vom 07.06.2016 konnte an der Ortsbegehung der HRB am folgenden Tag kein Einstau des HRB während des HW-Ereignisses festgestellt werden. Eine Ausuferung des Gennenbachs im Bereich des HRB fand nicht statt.

Tabelle 4.6: Kennwerte des bestehenden HRB-71 Gennenbach, FGM-Kn. 561 (WALD+CORBE, 2017)

Anlagenteil	Technische Daten	
Einzugsgebietsgröße am HRB-Standort	11,3	km²
Gewöhnliches Hochwasserrückhaltevolumen I_{GHR}	11.300	m³ bei 189,92 m+NN
Staufläche bei Vollstau Z_V	12.100	m² bei 189,92 m+NN
Maximale Beckenabgabe bei Vollstau, ungesteuert	rd. 2,9	m³/s
Stauziel / Vollstau Z_V / Tiefpunkt Dammkrone	189,92	m+NN
Dammbauwerk		
Dammkronenhöhe Absperrdamm	189,92 – 190,75	m+NN
Dammhöhe über Gerinnesohle in Dammachse	ca. 4,9	m
Grundablass		
Rohrleitung - Einlaufseitig - Auslaufseitig (rund zur Hälfte verlegt)	 DN 1000 DN 1400	 mm mm
Sohlhöhe am - Rohreinlauf - Rohrauslauf theoretisch (Unterkante Rohr) real vorhanden (mit Anlandungen)	 185,57 185,08 185,75	 m+NN m+NN m+NN

Abbildung 4.11: Bilfingerstraße auf der Dammkrone des HRB Gennenbachtal (Stauraum rechtsseitig)

Abbildung 4.12: Bilfingerstraße auf der Dammkrone des HRB Gennenbachtal (Stauraum linksseitig)

4.3.3 Erkundung möglicher Standorte für Rückhaltungen

Der HW-Schutz kann grundsätzlich durch eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Gewässer bzw. Objektschutzmaßnahmen (lokaler HW-Schutz) oder durch Rückhalt von Wasser (HRB, RRB, Retentionsraum) verbessert werden (technischer HW-Schutz). Im Untersuchungsgebiet wurden mögliche Standorte für Hochwasserrückhaltebecken erkundet.

Zum Schutz der Ortslage Stein wurden mögliche neue Standorte für Hochwasserrückhaltebecken erkundet. Es handelt sich dabei um die 4 potenziellen Beckenstandorte HRB-484a, HRB-484, HRB-Fallfeld und HRB-Eisingen (**Tabelle 4.7**). Die Lage der Standorte kann **Abbildung 4.2** entnommen werden. Die Standorte der HRB-484a und HRB-484 werden aufgrund ihrer relativen Nähe zueinander nicht getrennt dargestellt.

Auf der Basis von Zusatzinformationen (DGM, Schutzgebiete, Ortsbegehungen, …) wurde die Lage der möglichen Standorte (Damm, Einstaufläche, …) optimiert. Eine endgültige Festlegen der Dammstandorte (Beckenstandort, Höhe, Dammgeometrie, max. mögliche Einstauflächem, …) ist allerdings erst im Rahmen einer Planung möglich.

Tabelle 4.7: Erkundete mögliche neue Standorte für Rückhaltungen (HRB)

FGM-Kn.	Name	Gewässer	Bemerkung
484	HRB 484a	Bruchbach	Neu erkundeter möglicher HRB-Standort, Dammtrasse bestehender Weg
484	HRB 484	Bruchbach	Neu erkundeter möglicher HRB-Standort, Dammtrasse im UW Sportplatz
486	HRB-Fallfeld	Fallfeldgraben	Neu erkundeter möglicher HRB-Standort
552	HRB-Eisingen	Eisingerbach	Neu erkundeter möglicher HRB-Standort

Mögliches HRB 484a (Bruchbach)

Die Lage des möglichen Beckens HRB-484a Bruchbach kann der Abbildung 4.13 entnommen werden. Die max. herstellbare Vollstauhöhe wurde nachfolgend zu H_{ZV} = 206,0 m+NN angenommen (Restriktion: Einstauhöhe durch Bebauung, Bauschlotter Str. 75 begrenzt). Für den Beckenstandort wurde auf der Basis eines hochaufgelösten digitalen Geländemodells (DGM) eine Beckeninhaltslinie erstellt. Es handelt sich dabei um Vorabschätzungen, bei denen z.B. das Dammvolumen noch nicht abgezogen wurde. Ebenso eine mögliche Vorfüllung des Beckens. Somit ergibt bei der angenommenen Vollstauhöhe am Standort HRB-484a ein für den HW-Schutz herstellbares Rückhaltevolumen von S_{ZV} = 32.300 m^3 (**Tabelle 4.8**).

Über Optimierungsrechnungen mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell wurden für den möglichen Beckenstandort HRB-484a Bruchbach außerdem Rückhaltewirkungslinien in tabellarischer Form (**Tabelle 4.9**) erstellt. Bei Rückhaltewirkungslinien wird von einem auf eine konstante Regelabgabe Q_R gesteuerten Becken ausgegangen. Aus den Rückhaltewirkungslinien kann für eine gewählte Bemessungsjährlichkeit abgelesen werden, welches Rückhaltevolumen S_{erf} bei einer vorgegebenen Regelabgabe Q_R bereitgestellt werden muss, damit das Becken gerade nicht überläuft. Grundlage sind Berechnungen der FGM-Var. „P0“ (Bebauungs-Plan-Zustand).

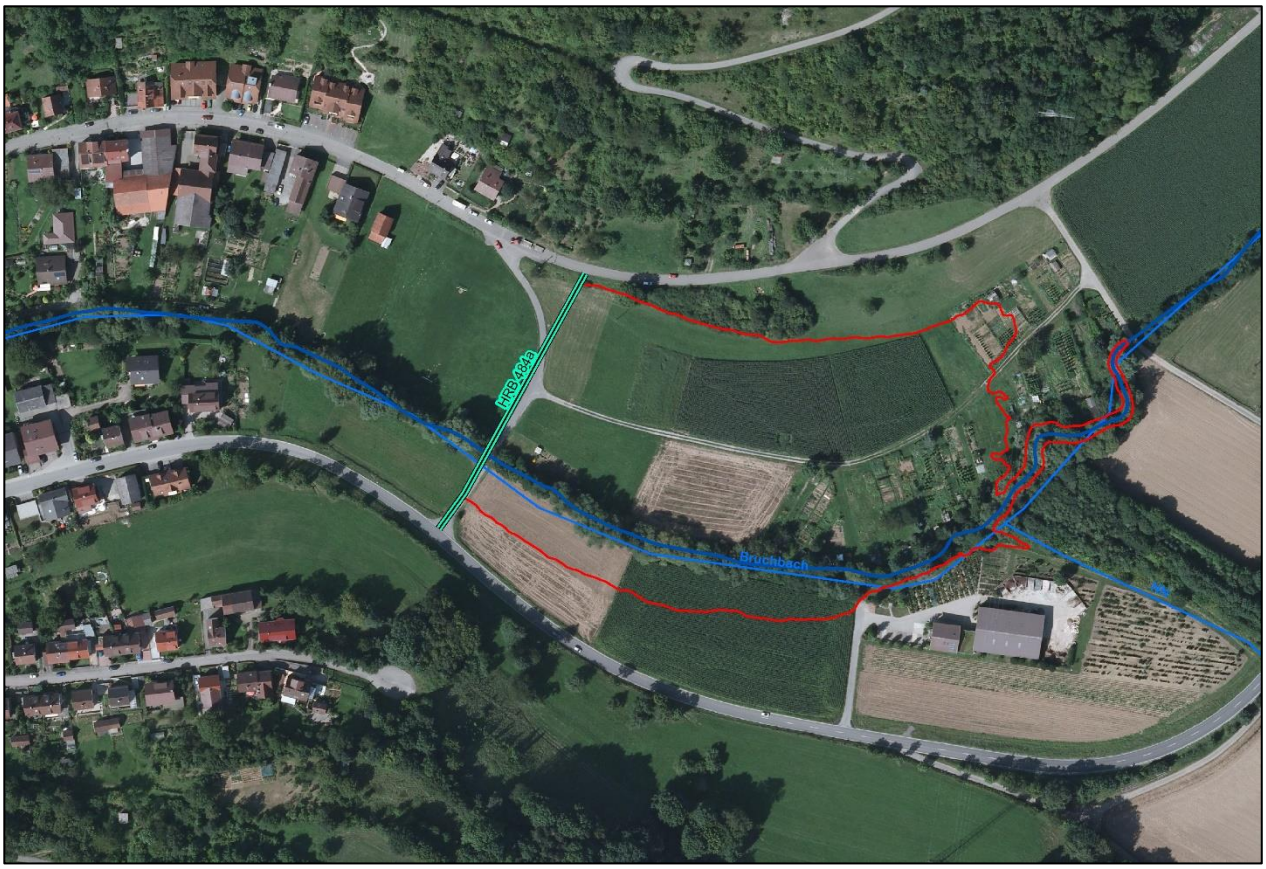

Abbildung 4.13: Mögliches HRB-484a – Lageskizze

Tabelle 4.8: Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-484a Bruchbach

HRB-484a	
Höhe [m+NN]	**Volumen [m³]**
202,9	0
203,5	41
204	528
204,5	3.250
205	9.597
205,5	19.061
206	32.282

Tabelle 4.9: Rückhaltewirkungslinie des mögliches HRB-484a Bruchbach (Basis: FGM-Var. „P0“)

Q_R [m³/s]	HQ_{10}	HQ_{20}	HQ_{50}	HQ_{100}	$HQ_{100, Klima}$
	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]
2,7	2600	6000	53800	112900	164700
3,0	1100	3200	35400	89000	136600
3,3	200	1600	20500	68100	111700
3,49	0	800	12900	56500	97500
3,7	0	100	6800	45100	83400
4,0	0	0	1400	31200	65400
4,3	0	0	0	18600	48200

Mögliches HRB 484 (Bruchbach)

Die Lage des möglichen Beckens HRB-484 Bruchbach kann der Abbildung 4.14 entnommen werden. Die max. herstellbare Vollstauhöhe wurde nachfolgend zu H_{ZV} = 206,0 m+NN angenommen (Restriktion: Einstauhöhe durch Bebauung, Bauschlotter Str. 75 begrenzt). Für den Beckenstandort wurde auf der Basis eines hochaufgelösten digitalen Geländemodells (DGM) eine Beckeninhaltslinie erstellt. Es handelt sich dabei um Vorabschätzungen, bei denen z.B. das Dammvolumen noch nicht abgezogen wurde. Ebenso eine mögliche Vorfüllung des Beckens. Somit ergibt bei der angenommenen Vollstauhöhe am Standort HRB-484b ein für den HW-Schutz herstellbares Rückhaltevolumen von S_{ZV} = 52.200 m^3 (**Tabelle 4.10**).

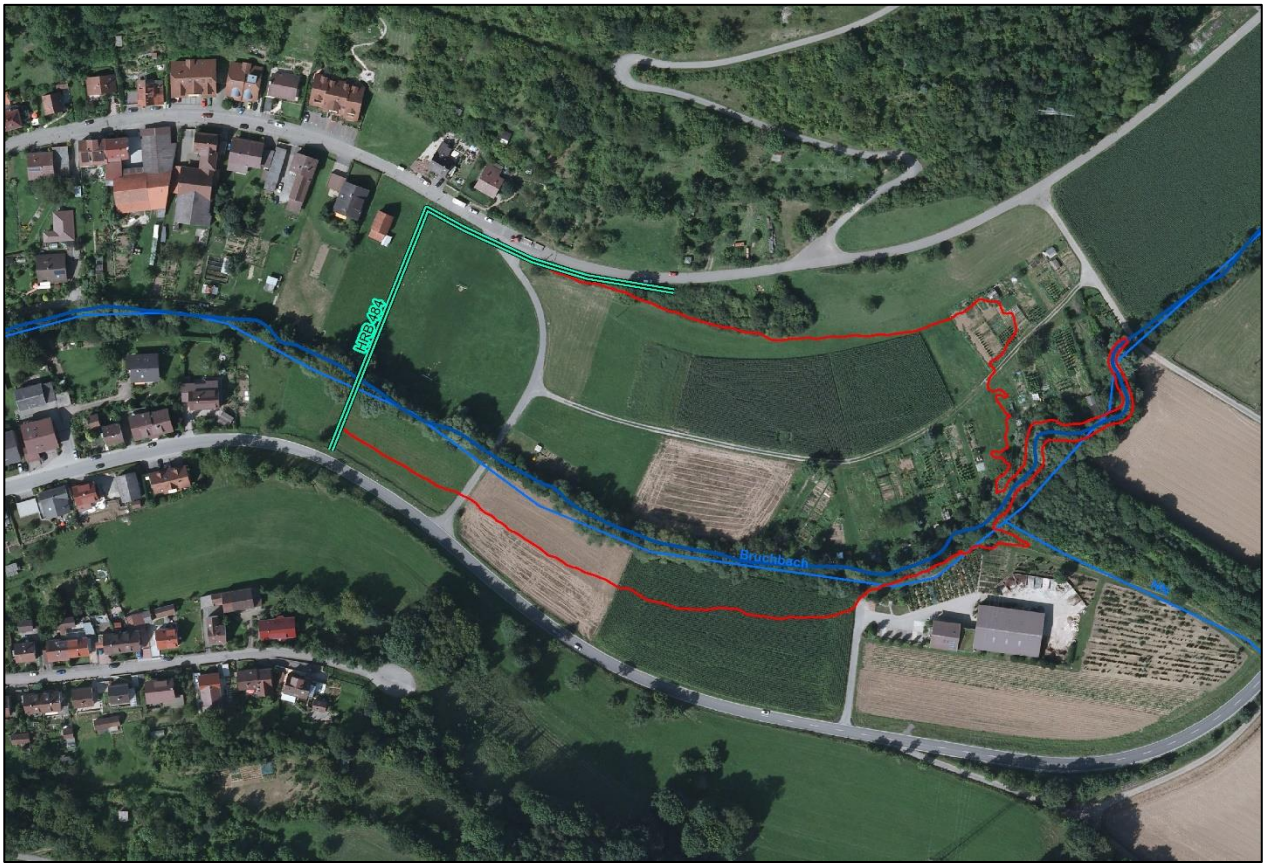

Abbildung 4.14: Mögliches HRB-484 Bruchbach – Lageskizze

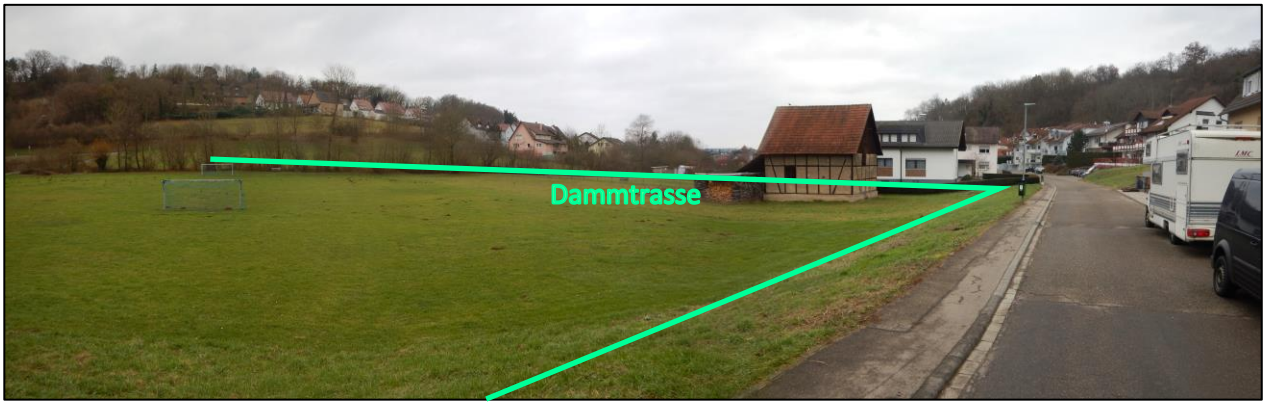

Abbildung 4.15: Mögliches HRB-484 Bruchbach - Fotodokumentation

Tabelle 4.10: Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-484b Bruchbach

HRB-484	
Höhe [m+NN]	**Volumen [m³]**
202,3	0
203	23
203,5	902
204	4.301
204,5	10.714
205	21.026
205,5	34.663
206	52.220

Die Rückhaltewirkungslinie entspricht der des HRB 484a (siehe **Tabelle 4.9**).

Mögliches HRB-Fallfeld (Fallfeldgraben)

Die Lage des möglichen Beckens HRB-Fallfeld kann der Abbildung 4.16 entnommen werden. Die max. herstellbare Vollstauhöhe wurde nachfolgend zu H_{ZV} = 231,0 m+NN angenommen. Für den Beckenstandort wurde auf der Basis eines hochaufgelösten digitalen Geländemodells (DGM) eine Beckeninhaltslinie erstellt. Es handelt sich dabei um Vorabschätzungen, bei denen z.B. das Dammvolumen noch nicht abgezogen wurde. Ebenso eine mögliche Vorfüllung des Beckens. Somit ergibt bei der angenommenen Vollstauhöhe am Standort HRB-Fallfeld ein für den HW-Schutz herstellbares Rückhaltevolumen von S_{ZV} = 47.700 m^3 (**Tabelle 4.11**).

Über Optimierungsrechnungen mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell wurden für den möglichen Beckenstandort HRB-Fallfeld außerdem Rückhaltewirkungslinien in tabellarischer Form (**Tabelle 4.12**) erstellt. Bei Rückhaltewirkungslinien wird von einem auf eine konstante Regelabgabe Q_R gesteuerten Becken ausgegangen. Aus den Rückhaltewirkungslinien kann für eine gewählte Bemessungsjährlichkeit abgelesen werden, welches Rückhaltevolumen S_{erf} bei einer vorgegebenen Regelabgabe Q_R bereitgestellt werden muss, damit das Becken gerade nicht überläuft. Grundlage sind Berechnungen der FGM-Var. „P0“ (Bebauungs-Plan-Zustand).

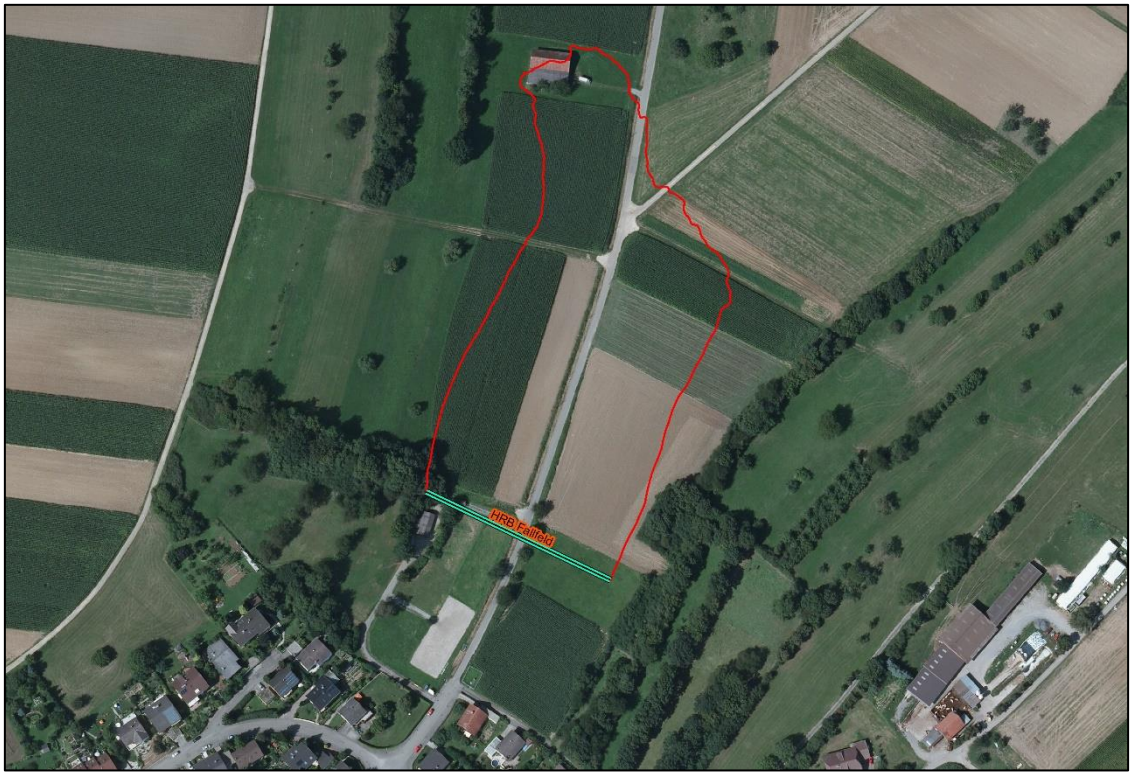

Abbildung 4.16: Mögliches HRB-Fallfeld – Lageskizze

Abbildung 4.17: Mögliches HRB-Fallfeld - Fotodokumentation

Tabelle 4.11: Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-Fallfeld

HRB-Fallfeld	
Höhe [m+NN]	**Volumen [m³]**
224,8	0
225,5	83
226	387
226,5	993
227	2.008
227,5	3.533
228	5.811
228,5	9.192
229	13.853
229,5	19.781
230	27.168
230,5	36.444
231	47.697

Tabelle 4.12: Rückhaltewirkungslinie des mögliches HRB-Fallfeld (Basis: FGM-Var. „P0“)

Q_R [m³/s]	HQ_{10}	HQ_{20}	HQ_{50}	HQ_{100}	$HQ_{100, Klima}$
	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]	S_{erf} [m³]
0,35	200	600	1900	6500	11000
0,4	100	400	1100	2800	7300
0,45	0	300	900	1800	3500
0,502	0	200	800	1500	2200
0,55	0	100	700	1300	1900
0,6	0	100	600	1100	1700
0,65	0	0	400	1000	1500

Mögliches HRB-Eisingen (Eisinger Bach)

Die Lage des möglichen Beckens HRB-Eisingen kann der Abbildung 4.18 entnommen werden. Die max. herstellbare Vollstauhöhe wurde nachfolgend zu H_{ZV} = 203,30 m+NN angenommen. Für den Beckenstandort wurde auf der Basis eines hochaufgelösten digitalen Geländemodells (DGM) eine Beckeninhaltslinie erstellt. Es handelt sich dabei um Vorabschätzungen, bei denen z.B. das Dammvolumen noch nicht abgezogen wurde. Ebenso eine mögliche Vorfüllung des Beckens. Somit ergibt bei der angenommenen Vollstauhöhe am Standort HRB-Eisingen ein für den HW-Schutz herstellbares Rückhaltevolumen von S_{ZV} = 70.800 m³ (**Tabelle 4.13**).

Über Optimierungsrechnungen mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell wurden für den möglichen Beckenstandort HRB-Eisingen außerdem Rückhaltewirkungslinien in tabellarischer Form (**Tabelle 4.14**) erstellt. Bei Rückhaltewirkungslinien wird von einem auf eine konstante Regelabgabe Q_R gesteuerten Becken ausgegangen. Aus den Rückhaltewirkungslinien kann für eine gewählte Bemessungsjährlichkeit abgelesen werden, welches Rückhaltevolumen S_{erf} bei einer vorgegebenen Regelabgabe Q_R bereitgestellt werden muss, damit das Becken gerade nicht überläuft. Grundlage sind Berechnungen der FGM-Var. „P0“ (Bebauungs-Plan-Zustand).

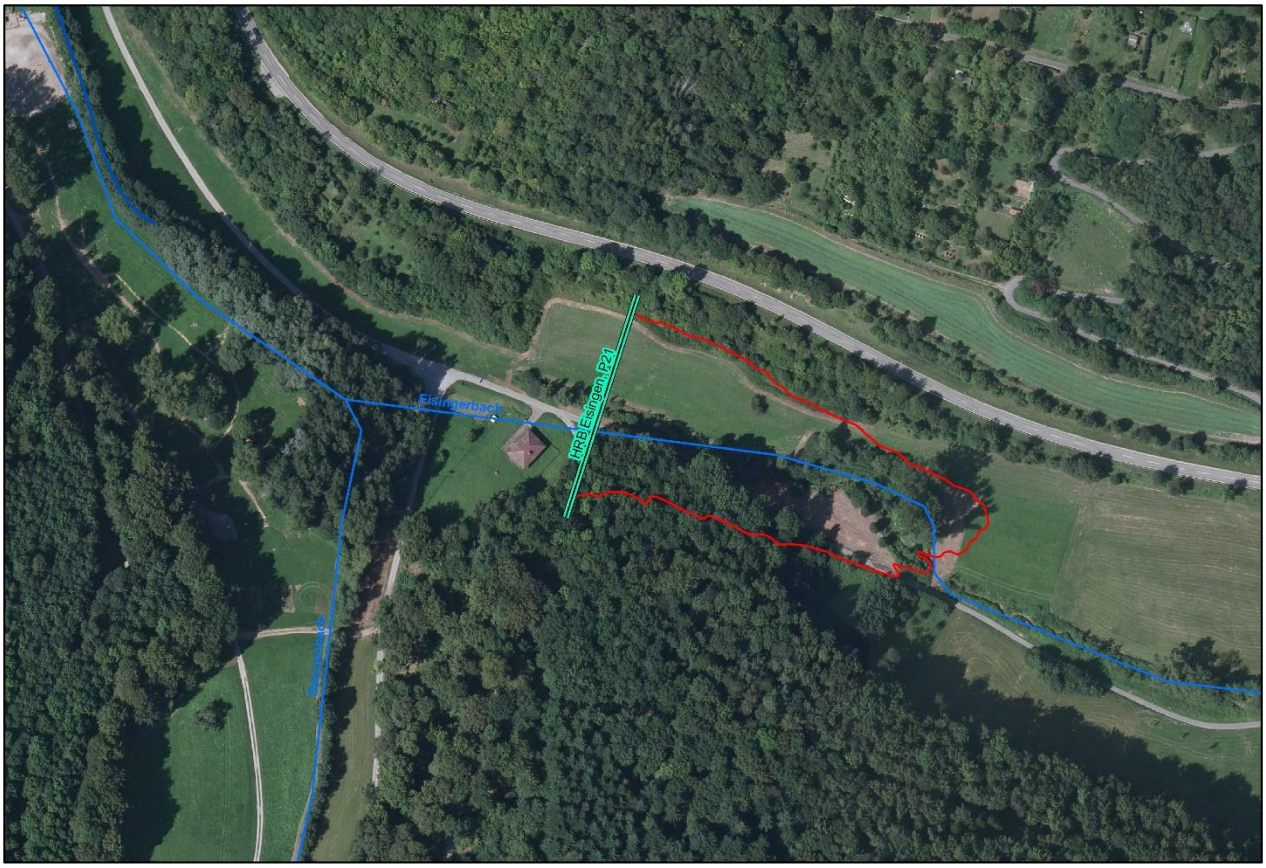

Abbildung 4.18: Mögliches HRB-Eisingen – Lageskizze

Tabelle 4.13: Beckeninhaltslinie des möglichen HRB-Eisingen

HRB-Eisingen	
Höhe [m+NN]	**Volumen [m³]**
193,7	0
194,5	14
195	89
195,5	312
196	804
196,5	1.727
197	3.222
197,5	5.237
198	7.708
198,5	10.601
199	13.958
199,5	17.823
200	22.256
200,5	27.271
201	32.939
201,5	39.345
202	46.558
202,5	54.783
203	64.314
203,3	70.824

Tabelle 4.14: Rückhaltewirkungslinie des mögliches HRB-Eisingen (Basis: FGM-Var. „P0“)

Q_R	HQ_{10}	HQ_{20}	HQ_{50}	HQ_{100}	$HQ_{100Klima}$
[m³/s]	**S_{erf} [m³]**	**S_{erf} [m³]**	**S_{erf} [m³]**	**S_{erf} [m³]**	**S_{erf} [m³]**
1,4	14400	18700	25000	30000	34000
4	7000	10100	14600	18000	21000
8	2200	2600	5800	8000	8400
10	1100	1900	3300	5000	7000
12,86	0	200	600	1200	1700
14	0	0	0	1000	1000

4.4 FGM-Aktualisierung: Wellenverformung (Flood-Routing)

Um die Wellenverformung (Translation) entlang der Gewässer im Flussgebietsmodell möglichst realistisch erfassen und nachbilden zu können, wurden zunächst mit Hilfe der vorliegenden hydraulischen HWGK-Fließgewässermodelle die im Untersuchungsraum Stein bei unterschiedlichen Abflüssen entlang der Gewässer auftretenden Fließzeiten ermittelt. Die Nachbildung der Translation erfolgt im hydrologischen Modell über lineare Speicherkaskaden. Aus den auftretenden Fließzeiten wurden die Parameter der zur Nachbildung verwendeten linearen Speicherkaskade (n, k) abgeleitet. Nachgebildet werden dabei i.d.R. zwei Abflusszustände. Die Nachbildung der Retention fand auf der Grundlage der ermittelten Überflutungskarten (Seeretention) statt. Die Wellenverformung konnte dadurch im hydrologischen Flussgebietsmodell sehr genau erfasst und nachgebildet werden.

Für Gewässerabschnitte ohne verfügbare hydraulische Modelle wurde die zwischen zwei FGM-Knoten auftretende Wellenverformung (Translation, Retention) über das Kalinin-Miljukov-Verfahren bestimmt. Die Querprofile wurden hierzu aus Nachbargebieten übertragen, Gefälleverhältnisse und Fließstrecken aus topografischen Karten bzw. dem DGM abgeleitet.

Teilweise war aufgrund kurzer Fließstrecken eine Nachbildung der Wellenverformung zwischen allen FGM-Knoten nicht sinnvoll. In solchen Fällen wurden Gewässerabschnitte zusammengefasst (aggregiert).

4.5 Nachgerechnete statistische HW-Ereignisse (Regendauer, Jährlichkeit)

Zur Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen (Bestandsanalyse, Ausarbeitung einer HW-Schutzkonzeption, Sicherheitsüberprüfung von HRB, etc.) werden Bemessungsganglinien für Ereignisse verschiedener Jährlichkeiten (Wiederkehrzeiten) benötigt. Da es für eine Jährlichkeit in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer aber unterschiedliche Niederschlagshöhen bzw. Niederschlagsintensitäten gibt, müssen je Jährlichkeit immer mehrere Niederschlagsdauern mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell untersucht und nachgerechnet werden, um so die maßgebende Niederschlagsdauer (maximale Abflüsse, maximale Überflutungen, maximale Beckenfüllung) festlegen zu können. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden mit dem hydrologischen Modell Ereignisse für 10 Niederschlagsdauern von 0,25 Stunden bis 72 Stunden jeweils für die Wiederkehrzeiten von 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1.000 und 5.000 Jahren nachgerechnet.

4.6 FGM-Berechnungsvarianten (Bebauung, HRB-Lösungen)

Im Rahmen der FGU-Stein fanden FGM-Berechnungen für eine Vielzahl an Varianten statt. Diese unterscheiden sich in der Nachbildung der Bebauung (ohne Bebauung, Ist-Zustand, Plan-Zustand) sowie in den HRB-Lösungen (ohne HRB, Ist-Zustand, Plan-Zustände). Für die Bestandsanalysen ist dabei der Ist-Zustand (FGM-Var. „I0“) maßgebend. Zur Erstellung einer optimierten HW-Schutzkonzeption wurden mehrere

HRB-Plan-Varianten berechnet. Diese unterscheiden sich in den im Einzugsgebiet von Stein berücksichtigten 4 möglichen HRB sowie dem möglichen Ausbau von 5 bestehenden HRB. Zur Festlegung einer optimierten HRB-Lösung wurden unterschiedliche Standorte, Rückhaltevolumina, Steuerungsarten (ungesteuert, gesteuert) und Schutzgradauslegungen (T) untersucht (Variante P1 – P21). Vorgeschlagen wird eine Umsetzung der FGM-Variante „P19“.

FGM-Var. „U0“: Ohne Berücksichtigung von HRB (auch bestehende), ohne Berücksichtigung der Bebauung (auch Bestand). Diese FGM-Variante dient primär der Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse. Außerdem kann durch Vergleiche mit der FGM-Berechnungsvariante „I0“ bzw. „P0“ der Einfluss der Bebauung auf den HW-Abfluss aufgezeigt werden.

FGM-Var. „I0“: Mit Berücksichtigung der bestehenden HRB, mit Berücksichtigung der bestehenden Bebauung. Diese FGM-Variante entspricht dem etwa derzeitigen Zustand (Ist-Zustand). Diese Variante liegt den hydraulischen Nachrechnungen des Ist-Zustandes (Bestandsanalyse) zugrunde.

FGM-Var. „P0“: Mit Berücksichtigung der bestehenden HRB, mit Berücksichtigung der bestehenden Bebauung und geplanter Neubaugebiete.

FGM-Var. „P19“: Mit Berücksichtigung der bestehenden HRB, mit Berücksichtigung der bestehenden Bebauung und geplanter Neubaugebiete. Außerdem liegt den bestehenden HRB und möglichen HRB der favorisierte Ausbauzustand (vorgeschlagenes HWS-Konzept: HRB-Lösung) zugrunde. Diese FGM-Variante liegt auch den hydraulischen Nachrechnungen des Plan-Zustandes (mit ergänzenden lokalen HWS-Maßnahmen) zugrunde.

Nachfolgend sind in der Tabelle 4.15 nochmals die wichtigsten FGM-Berechnungsvarianten zusammengestellt. Eine ausführliche Beschreibung der durchgeführten Variantenberechnung kann auch der Tabelle in Anlage A.4.1 entnommen werden.

Tabelle 4.15: Untersuchte FGM-Berechnungsvarianten

FGM Variante	Bebauung	HRB	Bemerkung
U0	Ist-Zustand	Ohne	
U1	Ohne	Ist-Zustand	
U2	Ohne	Ohne	Vergleich mit Regionalisierung
I0	Ist-Zustand	Ist-Zustand	
P0	Plan-Zustand	Ist-Zustand	Wirkung der Änderungen der zukünftigen Bebauung
P1	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T = 100a - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T = 100a - HRB Fallfeld; Neubau T= 100a,K	Optimierung: - Höherlegen Damm
P2	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-52 Kuchental; Optimiert T= 100a,k - HRB-38 Lindtal; Optimiert T= 100a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T=100a,k - HRB Fallfeld; Neubau T=100a,k	Optimierung: - Höherlegen Damm
P3	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100a - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T= 100a - HRB Fallfeld; Neubau T= 100a,k	Optimierung: - Vergrößern Grund-ablass
P4	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-52 Kuchental; Optimiert T= 100a,k - HRB-38 Lindtal; Optimiert T= 100a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T=100a,k - HRB Fallfeld; Neubau T=100a,k	Optimierung: - Höherlegen Damm (HRB-52 Kuchental) - Vergrößern Grund-ablass (andere)
P5	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100a - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T= 100a - HRB Fallfeld; Neubau T= 100 a,k	Optimierung: - Höherlegen Damm und Verkleinern Grund-ablass
P6	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-52 Kuchental; Optimiert T=100a,k - HRB-38 Lindtal; Optimiert T=100a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T=100a,k - HRB Fallfeld; Neubau T= 100a,k	Optimierung: - Höherlegen Damm und Verkleinern Grund-ablass

P7	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB 484a Bruchbach; Neubau T= 100a	
P8	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB 484a Bruchbach; Neubau T= 100a,k	
P9	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB 484b Bruchbach; Neubau T= 100 a	
P10	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB 484b Bruchbach; Neubau T= 100a,k	
P11	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Optimiert T=100 a	Optimierung: - Höherlegen Damm
P12	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Optimiert T= 100a,k	Optimierung: - Vergrößern Grund-ablass
P13	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-38 Lindtal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T= 100 a	Optimierung: - Höherlegen Damm (HRB-38 Lindtal) - Höherlegen Damm und Verkleinern Grund-ablass (HRB-35 Pfitztal; HRB-42 Neulingr Grund)
P14	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-38 Lindtal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T= 100 a,k	Optimierung: - Höherlegen Damm (HRB-38 Lindtal; HRB-42 Neulinger Grund) - Höherlegen Damm und Verkleinern Grund-ablass (HRB-35 Pfitztal)
P15	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Neubau T= 100 a,k - HRB-38 Lindtal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T= 100 a,k	Optimierung: - Höherlegen Damm (HRB-38 Lindtal) - Höherlegen Damm und Verkleinern Grund-ablass (HRB-35 Pfitztal) - Vergrößern Grund-ablass (HRB-42 Neulinger Grund) HRB-71 Gennenbach: Neuer Standort Oberstrom
P16	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Optimiert T= 100 a,k - HRB Eisingen; Neubau T= 100 a,k - HRB-38 Lindtal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T= 100 a,k	Optimierung: - Vergrößern Grund-ablass (HRB-71 Gennenbach; HRB-42 Neulinger Grund) - Höherlegen Damm (HRB-38 Lindtal)

			- Höherlegen Damm und Verkleinern Grundablass (HRB-35 Pfitztal)
P17	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach, Neubau T= 100 a,k	Neuer Standort Oberstrom
P18	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Optimiert T= 100 a,k - HRB-38 Lindtal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-35 Pfitztal; Optimiert T= 100 a,k - HRB-42 Neulinger Grund; Optimiert T= 100 a,k	Optimierung: - Vergrößern Grundablass (HRB-71 Gennenbach; HRB-42 Neulinger Grund) - Höherlegen Damm (HRB-38 Lindtal) - Höherlegen Damm und Verkleinern Grundablass (HRB-35 Pfitztal)
P19	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Neubau T= 100 a,k	Neuer Standort Oberstrom
P20	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Optimiert T= 100 a,k	Optimierung: - Vergrößern Grundablass
P21	Plan-Zustand	Ist-Zustand, außer: - HRB-71 Gennenbach; Optimiert T= 100 a,k - HRB Eisingen; Neubau T= 100 a,k	Optimierung: - Vergrößern Grundablass

4.7 FGM-Berechnungen für den Ist-Zustand (FGM-Variante „I0“)

Mit dem hydrologischen Flussgebietsmodell FGM-Pfinztal fanden zunächst Berechnungen für den in etwa derzeitigen Zustand statt (FGM-Variante „I0“). Die Berechnungsergebnisse des „Ist-Zustandes“ dienen als Grundlage der hydraulischen Nachrechnung des Ist-Zustandes (Bestandsanalyse). Die Berechnungsergebnisse wurden für jeden FGM-Knoten in Form von HQ_T-Tabellen zusammengestellt (siehe Anlage A.4). Nachfolgend erfolgt eine Zusammenstellung für maßgebende Gewässerstellen und Jährlichkeiten (Tabelle 4.16).

Außerdem wurde für die 5 vor Stein gelegenen Becken die Füllung bei einem T-jährlichen HW ermittelt. Daraus lässt sich ableiten, ob auf der Basis des bestehenden Rückhaltevolumens S_{ZV} eine Änderung der Beckenabgabe sinnvoll wäre.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen für maßgebende Gewässerstellen zunächst die bei 100-jährlichen HW-Ereignissen auftretenden Ganglinien unterschiedlicher Regendauern. Aus den Graphiken kann abgeleitet werden, welche Regendauern T_D an den einzelnen Gewässerabschnitten zu den höchsten Abflüssen führen. Für diese maßgebende Regendauer T_D werden dann die bei 10-, 20-, 50-und 100-jährlichen HW sowie 100-jährlichen HW des LF-Klimaänderung auftretenden Ganglinien dargestellt.

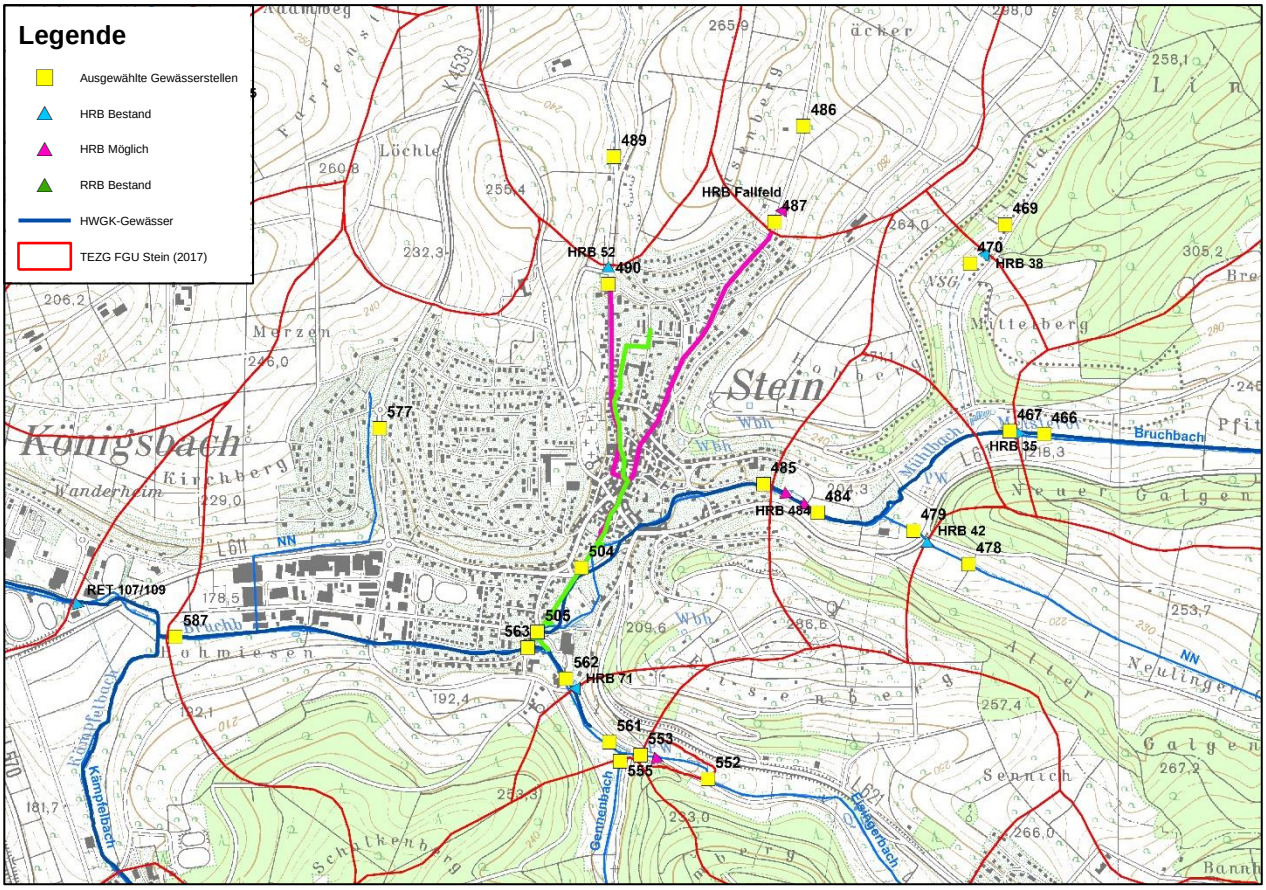

Abbildung 4.19: Lageplan ausgewählter Gewässerstellen zur Darstellung der HQ_T-Werte

Tabelle 4.16: FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T-Werte) der FGM-Varianten „I0“ (Ist-Zustand) an ausgewählten Gewässerstellen

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
466	Bruchbach, Zulauf HRB-35 Pfitztal	6,31	7,37	8,89	10,13	11,03
467	Bruchbach, Auslass HRB-35 Pfitztal	2,35	2,47	2,63	2,76	4,57
469	Lindtalgraben, Zulauf HRB-38 Lindtal	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
470	Lindtalgraben, Auslass HRB-38 Lindtal	0,63	0,72	0,82	0,89	0,96
478	Neulinger Grund Graben, Zulauf HRB-42 Neulinger Grund	1,06	1,49	2,18	2,72	3,14
479	Neulinger Grund Graben, Auslass HRB-42 Neulinger Grund	0,65	0,75	1,28	1,64	1,89
484	Bruchbach Zulauf HRB-484(a)	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
485	Bruchbach Auslass HRB-484(a)	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
486	Fallfeldgraben Zulauf HRB Fallfeld	0,50	0,71	1,01	1,28	1,50
487	Fallfeldgraben Auslass HRB Fallfeld	0,50	0,71	1,01	1,28	1,50
489	Kuchentalgraben Zulauf HRB-52 Kuchental	0,38	0,54	0,77	0,98	1,13
490	Kuchentalgraben Auslass HRB-52 Kuchental	0,21	0,34	0,42	0,46	0,73
504	Regenwasserkanal Bachgasse	3,27	3,93	4,74	5,15	5,37
505	Verdolung Bruchbach, vor Mündung Gennenbach	3,63	4,59	5,80	6,66	7,25

Fortsetzung Tabelle 4.16

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
552	Eisingerbach Zulauf HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
553	Eisingerbach Auslass HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
555	Gennenbach vor Mündung Eisingerbach	1,44	2,05	2,96	3,69	4,25
561	Gennenbach, Zulauf HRB Gennenbach	12,98	13,81	14,66	16,80	17,78
562	Gennenbach, Auslass HRB Gennenbach	3,29	5,82	9,62	12,71	15,01
563	Bruchbach, Verdolung mit Gennen-bach	6,53	9,60	13,90	16,92	19,06
577	Heidelsterbach / Wagner-straße	0,37	0,44	0,59	0,72	0,82
587	Bruchbach, Ortsausgang Stein	6,95	10,14	14,78	18,05	20,44

Tabelle 4.17: Füllung der fünf vor Stein bestehenden HRB bei der FGM-Varianten „I0“ (Ist-Zustand). Zellen sind markiert, wenn $S_{(h)T} > S_{(vorh)}$

Kn. Nr.	HRB	$S_{(vorh)}$ [m³]	$S_{(h)T}$ [m³]				
			10a	20a	50a	100a	100a,K
466	HRB-35 Pfitztal	15.000	5.200	7.500	11.300	15.100	16.600
469	HRB-38 Lindtal	3.500	200	600	1.600	2.600	3.600
478	HRB-42 Neulinger Grund	18.200	5.000	12.900	19.400	19.700	20.000
489	HRB-52 Kuchental	1.400	300	500	900	1.400	1.600
561	HRB-71 Gennenbach	11.200	12.100	14.700	17.100	18.500	19.300

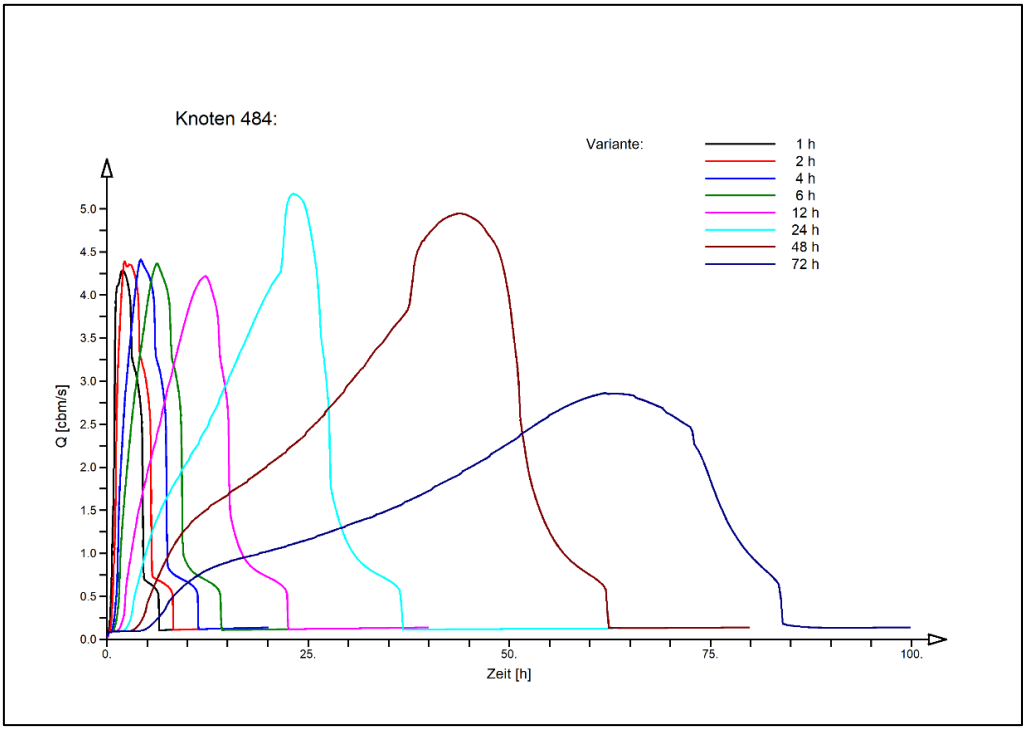

Abbildung 4.20: Bruchbach im Bereich Ortseingang Stein, Sandgrube, HW-Ganglinien T=100a der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Regendauern T_D

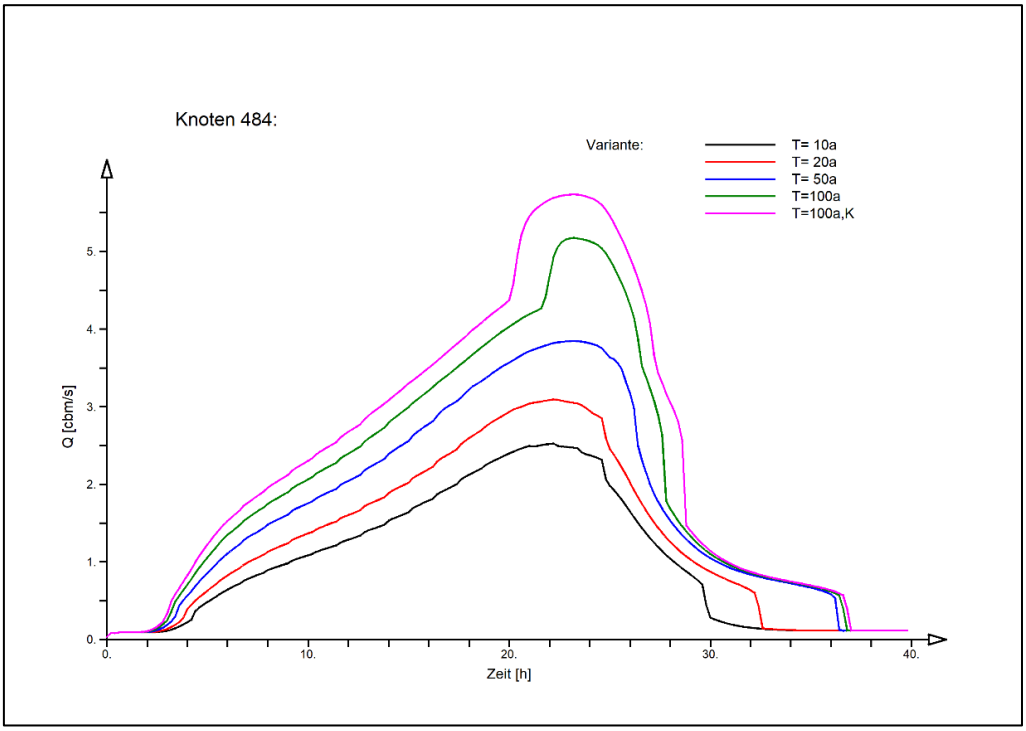

Abbildung 4.21: Bruchbach im Bereich Ortseingang Stein, Sandgrube, HW-Ganglinien T_D=24h der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten T

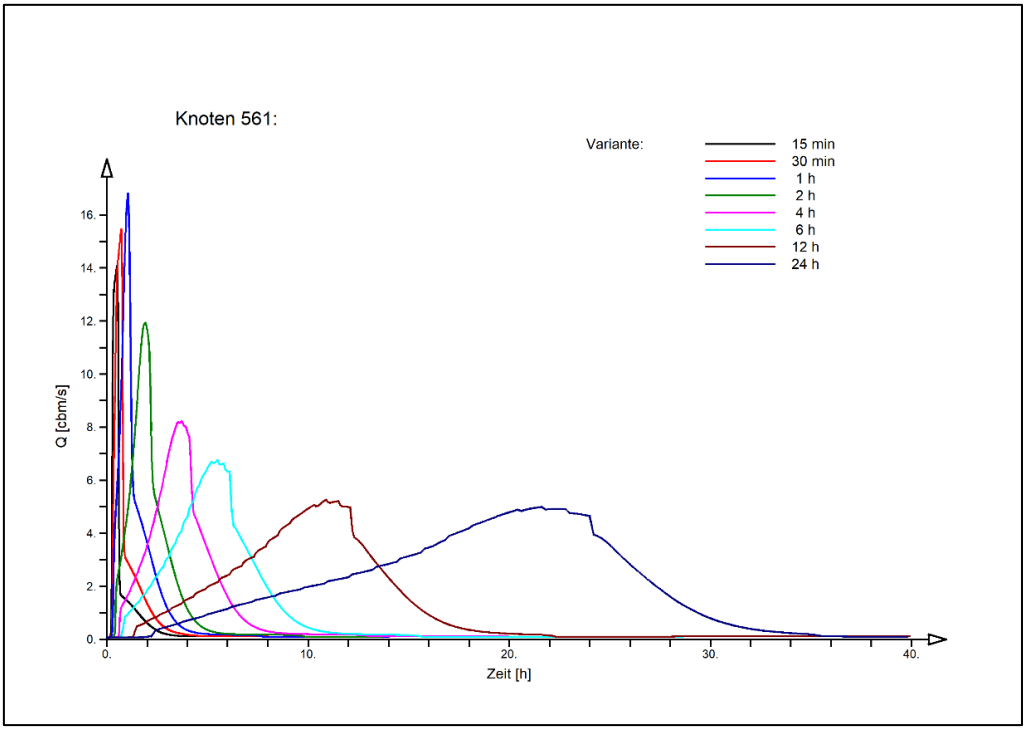

Abbildung 4.22: Gennenbach Zulauf HRB Gennenbach, HW-Ganglinien T=100a der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Regendauern T_D

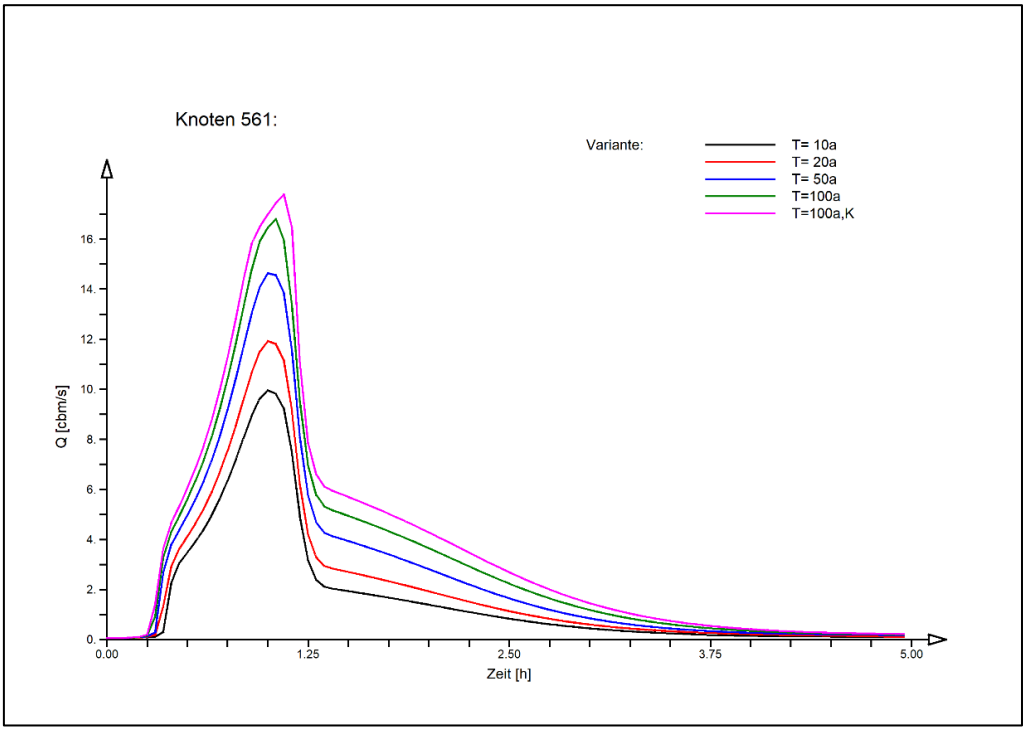

Abbildung 4.23: Gennenbach Zulauf HRB Gennenbach, HW-Ganglinien T_D=1h der FGM-Var. „I0“ (Ist-Zustand) für Ereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten T

4.8 FGM-Berechnungen für die vorgeschlagene HRB-Lösungsvariante „P19“

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung fanden FGM-Berechnungen mit Berücksichtigung der Wirkung unterschiedlicher HRB-Lösungen statt. Die HRB-Lösungen unterscheiden sich in der Beckenabgabe, dem Vollstauvolumen und der Kombination berücksichtigter HRB. Nachfolgend werden die zentralen FGM-Berechnungsergebnisse der favorisierten HRB-Lösungsvariante „P19“ kurz zusammengestellt. Die favorisierte Beckenlösung „P19“ wird im Kapitel 7 nochmals detailliert beschrieben.

Die HQ_T-Werte der FGM-Variante „P19“ Werte dienen als Grundlage für hydraulischen Nachrechnung des Plan-Zustandes. Auf der Basis dieser hydraulischen Berechnungen werden die ergänzenden lokalen HW-Schutzmaßnahmen festgelegt, die benötigt werden um das gewählte Bemessungshochwasser (z.B. T=100a,Klima) in Stein schadlos abführen zu können.

Die Berechnungsergebnisse wurden für jeden FGM-Knoten in Form von HQ_T-Tabellen zusammengestellt (siehe Anlage A.4). Nachfolgend erfolgt eine Zusammenstellung für maßgebende Gewässerstellen und Jährlichkeiten (Tabelle 4.18).

Tabelle 4.18: FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T-Werte) der favorisierten HRB-Lösungsvariante „P19“ an ausgewählten Gewässerstellen

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
466	Bruchbach, Zulauf HRB-35 Pfitztal	6,31	7,37	8,89	10,13	11,03
467	Bruchbach, Auslauf HRB-35 Pfitztal	2,35	2,47	2,63	2,76	4,57
469	Lindtalgraben, Zulauf HRB-38 Lindtal	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
470	Lindtalgraben, Auslass HRB-38 Lindtal	0,63	0,72	0,82	0,89	0,96
478	Neulinger Grund Graben, Zulauf HRB-42 Neulinger Grund	1,06	1,49	2,18	2,72	3,14
479	Neulinger Grund Graben, Auslass HRB-42 Neulinger Grund	0,65	0,75	1,28	1,64	1,89
484	Bruchbach Zulauf HRB-484(a)	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
485	Bruchbach Auslass HRB-484(a)	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
486	Fallfeldgraben Zulauf HRB Fallfeld	0,50	0,71	1,01	1,28	1,50
487	Fallfeldgraben Auslass HRB Fallfeld	0,50	0,71	1,01	1,28	1,50

Fortsetzung **Tabelle 4.18**

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
489	Kuchentalgraben Zulauf HRB-52 Kuchental	0,38	0,54	0,77	0,98	1,13
490	Kuchentalgraben Auslass HRB-52 Kuchental	0,21	0,34	0,42	0,46	0,73
504	Regenwasserkanal Bach-gasse	3,27	3,93	4,74	5,15	5,37
505	Verdolung Bruchbach, vor Mündung Gennenbach	3,63	4,59	5,80	6,66	7,25
552	Eisingerbach Zulauf HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
553	Eisingerbach Auslass HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
555	Gennenbach vor Mündung Eisingerbach	1,44	2,05	2,96	3,69	4,25
561	Gennenbach, Zulauf HRB Gennenbach	12,98	13,81	14,66	16,80	17,78
562	Gennenbach, Auslass HRB Gennenbach	3,29	5,82	9,62	12,71	15,01
563	Bruchbach, Verdolung mit Gennen-bach	6,53	9,60	13,90	16,92	19,06
577	Heidelsterbach / Wagner-straße	0,37	0,44	0,59	0,72	0,82
587	Bruchbach, Ortsausgang Stein	6,95	10,14	14,78	18,05	20,44

Tabelle 4.19: Füllung der 5 vor Stein bestehenden HRB bei der FGM-Varianten „P19“ (Plan-Zustand). Zellen sind markiert, wenn $S_{(h)T} > S_{(vorh)}$

Kn. Nr.	HRB	$S_{(vorh)}$ [m³]	$S_{(h)T}$ [m³]				
			10a	20a	50a	100a	100a,K
466	HRB-35 Pfitztal	15.000	5.200	7.500	11.300	15.100	16.600
469	HRB-38 Lindtal	3.500	200	600	1.600	2.600	3.600
478	HRB-42 Neulinger Grund	18.200	5.000	12.900	19.400	19.700	20.000
489	HRB-52 Kuchental	1.400	300	500	900	1.400	1.600
561	HRB-71 Gennenbach	45.400	10.500	14.100	19.700	27.900	33.700

In der nachfolgenden Tabelle 4.20 ist nochmals die in der FGM-Variante „P19“ optimierte HRB-Lösung zusammengestellt (HRB-Kennwerte). Die Beckenwirkung der einzelnen Standorte kann den nachfolgenden Wirkungstabellen entnommen werden.

Tabelle 4.20: Favorisierte HRB-Lösungsvariante „P19“

FGM-Kn.	HRB	$S_{(vorh)}$ [m³/s]	Auslegung	Abgabeart	$HQ100_{zu}$ [m³/s]	$HQ100_{ab}$ [m³/s]	Bemerkung
466	HRB-35 Pfitztal	15.000	50 a	Ungesteuert	10,13	2,76	Ist-Zustand
469	HRB-38 Lindtal	3.500	100 a	Ungesteuert	1,98	0,89	Ist-Zustand
478	HRB-42 Neulinger Grund	18.200	20 a	Ungesteuert	2,72	1,64	Ist-Zustand
489	HRB-52 Kuchental	1.400	100 a	Ungesteuert	0,98	0,46	Ist-Zustand
561	HRB-71 Gennenbach	45.400	100 a,k	Ungesteuert	16,80	4,12	Neubau

Tabelle 4.21: Beckenwirkung HRB-35 Pfitztal (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“

FGM- Variante			HRB-35 Pfitztal, FGM-Knoten 466				
		Jährlichkeit [a]	10	20	50	100	100K
P19 (12/2017)	$HQ_{Zufluss}$	TD [h]	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50
		HQ_{zu} [m³/s]	6,31	7,37	8,89	10,13	11,03
	S_{max}	S_{max} [m³]	5.200	7.500	11.300	15.100	16.600
	HQ_{Abgabe}	T_D [h]	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
		HQ_{ab} [m³/s]	2,35	2,47	2,63	2,76	4,57

Tabelle 4.22: Beckenwirkung HRB-38 Lindtal (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“

FGM- Variante			HRB-38 Lindtal, FGM-Knoten 469				
		Jährlichkeit [a]	10	20	50	100	100K
P19 (12/2017)	$HQ_{Zufluss}$	TD [h]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		HQ_{zu} [m³/s]	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
	S_{max}	S_{max} [m³]	200	600	1.600	2.600	3.600
	HQ_{Abgabe}	T_D [h]	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
		HQ_{ab} [m³/s]	0,63	0,72	0,82	0,89	0,96

Tabelle 4.23: Beckenwirkung HRB-42 (Neulinger Grund) der favorisierten HRB-Lösung „P19“

FGM-Variante			HRB-42 Neulinger Grund, FGM-Knoten 478				
		Jährlichkeit [a]	10	20	50	100	100K
P19 (12/2017)	$HQ_{Zufluss}$	TD [h]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		HQ_{zu} [m³/s]	1,06	1,49	2,18	2,72	3,14
	S_{max}	S_{max} [m³]	5.000	12.900	19.400	19.700	20.000
	HQ_{Abgabe}	T_D [h]	48,00	48,00	48,00	24,00	24,00
		HQ_{ab} [m³/s]	0,65	0,75	1,28	1,64	1,89

Tabelle 4.24: Beckenwirkung HRB-52 Kuchental (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“

FGM-Variante			HRB-52 Kuchental, FGM-Knoten 489				
		Jährlichkeit [a]	10	20	50	100	100K
P19 (12/2017)	$HQ_{Zufluss}$	TD [h]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		HQ_{zu} [m³/s]	0,38	0,54	0,77	0,98	1,13
	S_{max}	S_{max} [m³]	300	500	900	1400	1600
	HQ_{Abgabe}	T_D [h]	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		HQ_{ab} [m³/s]	0,21	0,34	0,42	0,46	0,73

Tabelle 4.25: Beckenwirkung HRB-71 Gennenbach (Bestand) der favorisierten HRB-Lösung „P19“

FGM-Variante			HRB-71 Gennenbach, FGM-Knoten 561				
		Jährlichkeit [a]	10	20	50	100	100K
P19 (12/2017)	$HQ_{Zufluss}$	TD [h]	0,25	0,50	0,50	1,00	1,00
		HQ_{zu} [m³/s]	12,98	13,81	14,66	16,80	17,78
	S_{max}	S_{max} [m³]	10.500	14.100	19.700	27.900	33.700
	HQ_{Abgabe}	T_D [h]	1,00	1,00	2,00	2,00	48,00
		HQ_{ab} [m³/s]	3,60	3,75	3,96	4,12	4,41

4.9 FGM-Berechnungsergebnisse (HQ_T-Werte)

In der nachfolgenden Tabelle 4.26 sind die HQ_T-Werte maßgebender FGM-Berechnungsvarianten für ausgewählte Gewässerstellen (FGM-Knoten) zusammengestellt. Die Berechnungsergebnisse aller FGM-Knoten (HQ_T-Werte) für alle nachgerechneten Jährlichkeiten können der Anlage 4 entnommen werden.

Tabelle 4.26: FGM-Berechnungsergebnisse HQ_T-Werte der FGM-Varianten „I0" (Ist-Zustand), „P0" (Beb.-Plan-Zustand) und „P19" (favorisierte HRB-Lösung) an ausgewählten Gewässerstellen

Kn. Nr.	Gewässer/ Stelle	HQ100 [m³/s]			HQ100,Klima [m³/s]		
		Var. I0	Var. P0	Var. P19	Var. I0	Var. P0	Var. P19
466	Bruchbach, Zulauf HRB-35 Pfitztal	10,13	10,13	10,13	11,03	11,03	11,03
467	Bruchbach, Auslauf HRB-35 Pfitztal	2,76	2,76	2,76	4,57	4,57	4,57
469	Lindtalgraben, Zulauf HRB-38 Lindtal	1,98	1,98	1,98	2,31	2,31	2,31
470	Lindtalgraben, Auslass HRB-38 Lindtal	0,89	0,89	0,89	0,96	0,96	0,96
478	Neulinger Grund Graben, Zulauf HRB-42 Neul. Grund	2,72	2,72	2,72	3,14	3,14	3,14
479	Neulinger Grund Graben, Auslass HRB-42 Neul. Grund	1,64	1,64	1,64	1,89	1,89	1,89
484	Bruchbach Zulauf HRB-484(a)	5,18	5,18	5,18	6,22	6,22	6,22
485	Bruchbach Auslass HRB-484(a)	5,18	5,19	5,18	6,22	6,22	6,22
486	Fallfeldgraben Zulauf HRB Fallfeld	1,28	1,28	1,28	1,50	1,50	1,50
487	Fallfeldgraben Auslass HRB Fallfeld	1,28	1,28	1,28	1,50	1,50	1,50
489	Kuchentalgraben Zulauf HRB-52 Kuchental	0,98	0,98	0,98	1,13	1,13	1,13
490	Kuchentalgraben Auslass HRB-52 Kuchental	0,46	0,46	0,46	0,73	0,73	0,73
504	Regenwasserkanal Bachgasse	5,15	5,85	5,15	5,37	6,27	5,37
505	Verdolung Bruchbach, vor Mündung Gennenbach	6,66	7,32	6,66	7,25	7,97	7,25

Fortsetzung Tabelle 4.26

Kn. Nr.	Gewässer/ Stelle	HQ100 [m³/s]			HQ100,Klima [m³/s]		
		Var. I0	Var. P0	Var. P19	Var. I0	Var. P0	Var. P19
552	Eisingerbach Zulauf HRB Eisingen	15,32	15,32	15,32	15,95	15,95	15,95
553	Eisingerbach Auslass HRB Eisingen	15,32	15,32	15,32	15,95	15,95	15,95
555	Gennenbach vor Mündung Eisingerbach	3,69	3,69	3,69	4,25	4,25	4,25
561	Gennenbach, Zulauf HRB Gennenbach	16,80	16,80	16,80	17,78	17,78	17,78
562	Gennenbach, Auslass HRB Gennenbach	12,71	12,71	4,12	15,01	15,01	4,41
563	Bruchbach, Verdolung mit Gennenbach	16,92	17,43	11,16	19,06	19,66	11,88
577	Heidelsterbach / Wagner-straße	0,72	0,72	0,72	0,82	0,82	0,82
587	Bruchbach, Ortsausgang Stein	18,05	18,61	12,72	20,44	21,04	13,66

5 Hydraulische Berechnungen – Bestandsanalyse

5.1 Allgemeines

Die Nachrechnung statistischer (T-jährlicher) HW-Ereignisse des Ist-Zustandes ermöglicht eine Abschätzung der derzeitigen HW-Gefährdung (Schutzgrad). Besonders anschaulich lässt sich dies über Überflutungskarten unterschiedlicher Wiederkehrzeiten (Jährlichkeiten) zeigen. Überflutungskarten wurden für 10-, 20-, 50- und 100-jährliche HW-Ereignisse sowie 100-jährliche HW-Ereignisse des LF-Klimaänderung erstellt. Grundlagen bilden die Berechnungsergebnisse des hydrologischen Flussgebietsmodells für den Ist-Zustand (FGM-Var. „I0“: ohne Ausbau/Neubau von HRB). Auf der Basis der derzeitigen Gewässerprofile (ohne lokale HWS-Maßnahmen).

Für die HWGK-Gewässer Bruchbach und Gennenbach lagen vermessene Gewässerprofile aus dem Projekt HWGK-Erstellung im TBG 352 (Pfinz,…) vor. Für die Gewässer Heidelsterbach, Kuchental- und Fallfeldgraben wurden im Zuge der vorliegenden FGU Gewässerprofile aufgenommen.

Aus Gründen der Transparenz findet nachfolgend eine Beschreibung (Diskussion) der Berechnungsergebnisse getrennt für einzelne Teilbereiche statt. Eine ausführliche Zusammenfassung der hydraulischen Berechnungsergebnisse kann der Anlage B entnommen werden.

In den hydraulischen Berechnungen wurde von unverlegten Gewässerprofilen ausgegangen. Insbesondere am Ortseingang kann es im HW-Fall durch mitgeführtes Geschwemmsel und Treibgut zu Verlegungen kommen. Besonders stark gefährdet sind dabei kleinere Verdolungseinläufe und Durchlässe. Die tatsächliche Gefährdung kann damit noch wesentlich größer sein, als in den nachfolgenden Berechnungen dargestellt.

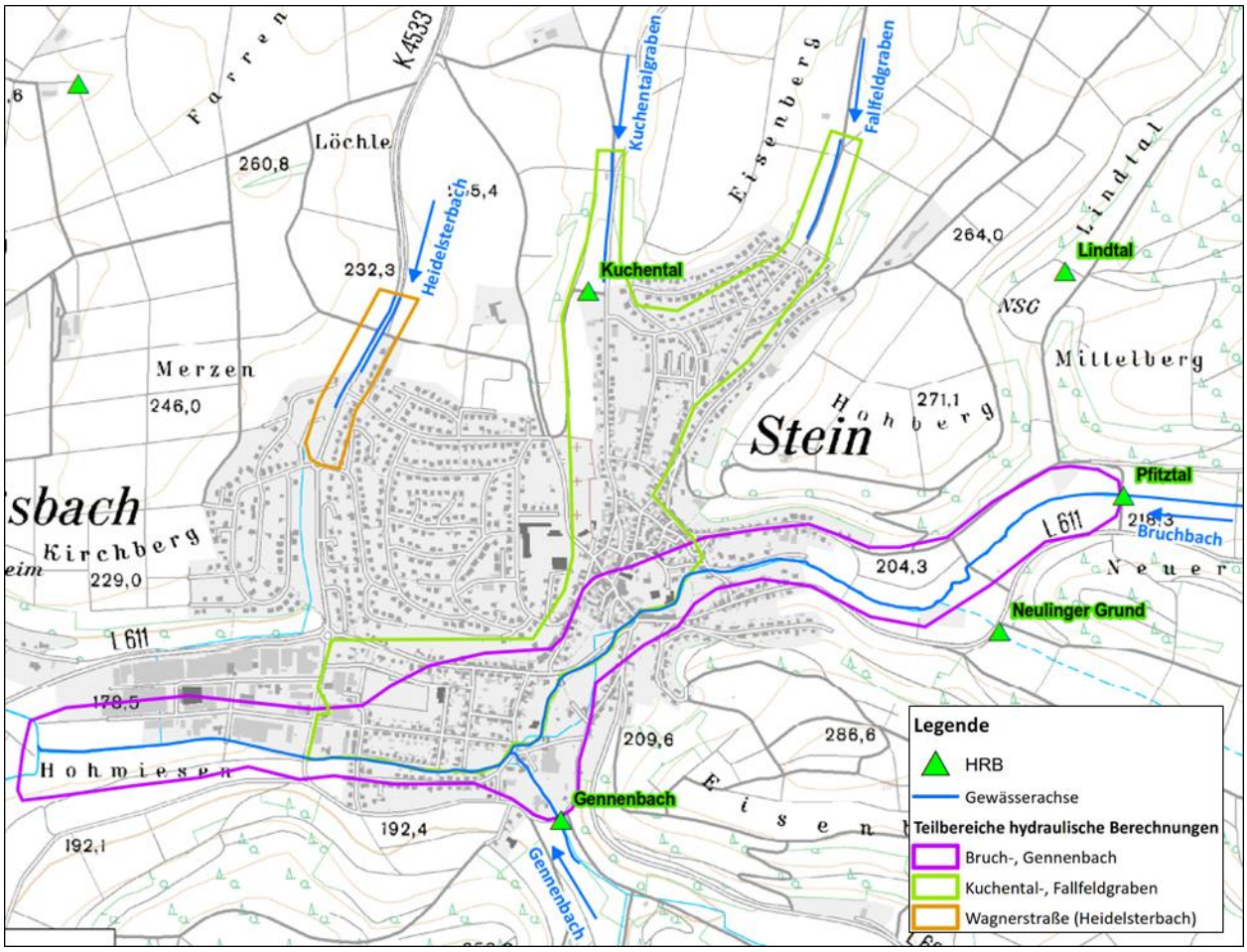

Abbildung 5.1: Übersichtskarte der hydraulisch untersuchten Gewässerabschnitte - Unterteilung in Teilbereiche

5.2 Teilbereich Wagnerstraße (Heidelsterbach)

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte des Ist-Zustandes. Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Heidelsterbaches zusammengestellt (FGM-Var. „I0“).

Tabelle 5.1: Im Heidelsterbach auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)

FGM-Kn	Lage	HQ10	HQ20	HQ50	HQ100	HQ100K
573	Wagnerstraße (Heidelsterbach)	0,21	0,29	0,43	0,54	0,64
	Wagnerstraße A (rechter Strang)*	0,13	0,18	0,27	0,34	0,41
	Wagnerstraße B (linker Strang)*	0,08	0,11	0,16	0,20	0,23

*in Fließrichtung

Die nachfolgende Karte zeigt die durch den Heidelsterbach im Falle 10-, 20-, 50- und 100-jährliche HW-Ereignisse sowie 100-jährliche HW-Ereignisse des LF-Klimaänderung derzeit auftretende Überflutungen (**Abbildung 5.2**). Außerdem ist in Abbildung 5.3 die im Falle eines 100-jährlichen HW-Ereignisses auftretenden Wassertiefen dargestellt. Detaillierte Darstellungen sind in den Anlagen B.2.2 und B.2.3 im Maßstab 1:2.000 gegeben. Grundlagen bilden die Berechnungsergebnisse des hydrologischen Flussgebietsmodells für den Ist-Zustand (FGM-Var. „I0“).

Abbildung 5.2: Teilbereich Heidelsterbach – Überflutungskarte (10a,20a,50a,100a, 100aKlima) für den Ist-Zustand

Abbildung 5.3: Teilbereich Heidelsterbach – Wassertiefenkarte (100a) für den Ist-Zustand

Schutzgrad und Schwachstellenanalyse:

Im Folgenden wird die Überflutungssituation des Heidelsterbaches auf der Basis der dargestellten Überflutungskarten in den Anlagen B.2.2 und Anlage B.2.3 näher erörtert.

Im oberen Untersuchungsbereich verläuft der Heidelsterbach in zwei Strängen entlang der Wagnerstraße, sowohl links- als auch rechtsseitig. Nach etwa 200 Metern wird der in Fließrichtung linksseitige Strang des Heidelsterbaches durch eine straßenquerende Verbindung (Verdolung) in den in Fließrichtung rechtsseitigen Strang (Hauptstrang) geleitet. Der Verdolungseinlauf liegt in Form eines im Gelände eingelassenen Ablaufs vor, dessen Leistungsfähigkeit bei HW-Ereignissen bei zusätzlich stattfindender Verlegung als sehr niedrig angenommen werden muss. Im Rahmen der hydraulischen Berechnungen wurde der Verdolungseinlauf für die untersuchten HW-Ereignisse als verlegt angenommen. Die restlichen Durchlässe entlang des Heidesterbaches wurden in den hydraulischen Berechnungen berücksichtigt. Nach dem im Jahr 2016 abgelaufenen HW-Ereignis (s. auch Kapitel 6) wurden von betroffenen Anwohnern erste Schutzmaßnahmen getroffen. Mittlerweile wurde zum Schutz von zwei Grundstücken eine wenige Dezimeter hohe Schutzmauer entlang der Wagnerstraße realisiert. Diese wurde bei den hydraulischen Berechnungen des Ist-Zustands berücksichtigt.

Die hydraulischen Berechnungen zeigen, dass derzeit am Heidelsterbach bei 10-jährlichen HW-Ereignissen mit ersten Überflutungen auf der Wagnerstraße zu rechnen ist. Bei 10- und 20-jährlichen HW-Ereignissen gelangt das ausbordende Wasser nach wenigen hundert Metern wieder in den Heidelsterbach zurück. Im Falle größerer HW-Ereignisse sind weite Bereiche der Wagnerstraße durch Überlastungen betroffen. Vor

allem die Durchlässe, die sich entlang des Hauptstrangs (in Fließrichtung rechtsseitig) befinden, sind für HW-Ereignisse größer HQ20 zu klein dimensioniert. Im Bereich der straßenquerenden Überleitung ist der Hauptstrang des Heidelsterbaches außerdem sehr schmal, wodurch eine Ausbordung weiter begünstigt wird. Bei Ausbordungen auf die Wagnerstraße treten bei HQ100 nur Wassertiefen in der Klasse von 0 bis 20 cm auf, die am unteren Rand des Untersuchungsgebiets beim Kreisverkehr nur noch wenige Zentimeter betragen.

Die generelle Hochwasserproblematik des Heidelsterbachs ist auch bei dem im Jahr 2016 abgelaufenen HW-Ereignis deutlich geworden (s. auch Kapitel 6). Hierbei sind mehrere Gebäude beschädigt worden, die sich mittlerweile überwiegend in eigener Initiative durch die Errichtung einer Mauer entlang der Wagnerstraße geschützt haben.

Der für Ortsbereiche nach LfU/LUBW (2005) anzustrebende HW-Schutz wird entlang des Heidelsterbaches damit nicht erreicht. Eine Verbesserung des HW-Schutzes ist entsprechend anzustreben.

5.3 Teilbereich Kuchental-, Fallfeldgraben

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte des Ist-Zustandes. Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Kuchental- und Fallfeldgrabens zusammengestellt (FGM-Var. „I0“).

Tabelle 5.2: Im Kuchentalgraben auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)

FGM-Kn	HQ10	HQ20	HQ50	HQ100	HQ5000
487	0,38	0,54	0,77	0,98	2,62

Tabelle 5.3: Im Fallfeldgraben auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)

FGM-Kn	HQ10	HQ20	HQ50	HQ100	HQ5000
489	0,50	0,71	1,01	1,28	3,45

Die nachfolgende Karte zeigen die durch den Kuchental- und Fallfeldgraben im Falle 10-, 20-, 50- und 100-jähliche HW-Ereignisse derzeit auftretende Überflutungen (Abbildung 5.4). Außerdem sind die im Falle eines 100-jährlichen HW-Ereignisses auftretenden Wassertiefen dargestellt (Abbildung 5.5). Detaillierte Darstellungen sind in den Anlagen B.3.2 und B.3.3 im Maßstab 1:2.000 gegeben. Grundlagen bilden die Berechnungsergebnisse des hydrologischen Flussgebietsmodells für den Ist-Zustand (FGM-Var. „I0“).

Abbildung 5.4: Teilbereich Kuchental-, Fallfeldgraben – Überflutungskarte (10a,20a,50a,100a, 100aKlima) für den Ist-Zustand

Abbildung 5.5: Teilbereich Kuchental-, Fallfeldgraben – Wassertiefenkarte (100a) für den Ist-Zustand

Schutzgrad und Schwachstellenanalyse:

Im Folgenden wird die Überflutungssituation des Kuchental- und Fallfeldgrabens auf der Basis der dargestellten Überflutungskarten in den Anlagen B.3.2 und B.3.3 näher erörtert.

Beide Gräben weisen mehrere Durchlässe auf bis sie schließlich vor der Ortslage in Verdolungen (Mischsysteme) eingeleitet werden. Im Kuchental befindet sich bereits ein HRB, das bis zu einem 100-jährlichen HW-Ereignis dimensioniert ist.

Die hydraulischen Berechnungen zeigen, dass derzeit am Fallfeldgraben bei 10-jährlichen HW-Ereignissen mit ersten Überflutungen zu rechnen ist. Im Fallfeldgraben werden die Überflutungen durch Aufstaueffekte oberhalb der Durchlässe verursacht. Auf Grund der Straßenneigung kann das auf der Fallfeldstraße abfließende Wasser nicht wieder vollständig in den Fallfeldgraben zurück fließen. Auch wenn die Verdolung im Falle eines 10-jährlichen HW-Ereignisses das Wasser abführen könnte, kommt es zu flächigen Überflutungen der Fallfeldstraße, die sich innerhalb der Ortslage weiter ausbreiten.

Im Falle großer (100-jährlicher HW-Ereignisse) ist mit großflächigeren Überflutungsbereichen zu rechnen. Eine mögliche weitere Ausbreitung in die Ortslage bei Überlastung des Fallfeldgrabens kann nicht detailliert ermittelt werden, da das angewandte 2D-Strömungsmodell zur Simulation des Oberflächenabflusses ein mögliches Zusammenwirken mit der Ortskanalisation nicht im Stande ist zur Gänze abzubilden. Eine mögliche Interaktion zwischen Oberflächen- und Kanalnetzabfluss war keine Fragestellung der Flussgebietsuntersuchung Stein und müsste mittels einer Untersuchung durch ein gekoppeltes hydraulisches Modellsystem (Oberflächenabfluss-Kanalnetz-Modell) beantwortet werden.

Die Überflutungssituation im Kuchental beschränkt sich auf Ausbordungen im Bereich des Kuchentalwegs und kleinen Bereichen der Neuen Brettener Straße, bevor das ausbordende Wasser wieder in den Kuchentalgraben gelangt. Das HRB wird bereits im Falle eines 10-jährlichen HW-Ereignisses oberhalb der beiden unteren Durchlässe geflutet. Bis HQ100 findet grundsätzlich keine Überlastung des HRB Kuchental statt. Aus konstruktiven Gründen, im Sinne einer robusten HW-Schutzkonzeption wird jedoch empfohlen, die teilweise heute schon vorhandenen in Fließrichtung rechtsseitigen Uferscharten oberhalb der Wegdurchlässe zu verlängern bzw. zu vertiefen, s. a. Kapitel 7.4.6.

Der für Ortsbereiche nach LfU/LUBW (2005) anzustrebende HW-Schutz wird entlang des Fallfeldgrabens damit nicht erreicht. Eine Verbesserung des HW-Schutzes ist entsprechend anzustreben. Im Bereich des HRB Kuchental besteht ein HW-Schutz vor 100-jährlichen HW-Ereignissen. Hier besteht kein dringender Handlungsbedarf um den vorhandenen HW-Schutz zu verbessern.

5.4 Teilbereich Bruch-, Gennenbach

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte des Ist-Zustandes. Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Bruch- und Gennenbachs zusammengestellt (FGM-Var. „I0“).

Tabelle 5.4: Im Teilbereich Bruch-, Gennenbach auftretende HW-Abflüsse – FGM-Variante „I0“ (Ist-Zustand)

HW Abflüsse (HQT) im **Bruchbach**, Ist-Zustand, Variante I0

FGM-Kn	Lage	HQ10	HQ20	HQ50	HQ100	HQ100K
467	uh. HRB 35	2,35	2,47	2,63	2,76	4,57
475	uh. Landgebiete 468, 471	2,93	3,18	3,45	3,64	5,54
480	uh. HRB 42	3,47	3,77	4,11	5,01	6,19
484	uh. Landgebiet 482	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
485	uh. TS-10	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
505	uh. Kuchental-, Fallfeldgr.	3,63	4,59	5,80	6,66	7,25
563	uh. Gennenbach	6,53	9,60	13,90	16,92	19,06
567	uh. TS-8	6,53	9,60	13,90	16,93	19,09
568	uh. TS-11	6,54	9,60	13,90	16,93	19,09
571	uh. TS-7	6,54	9,60	13,90	16,93	19,09
572	uh. TS-6	6,54	9,60	13,90	16,94	19,09
579	uh. TS Finkenweg	6,54	9,62	13,94	16,98	19,16
587	uh. Landgebiet 585	6,95	10,14	14,78	18,05	20,44

HW Abflüsse (HQT) im **Gennenbach**, Ist-Zustand, Variante I0

FGM-Kn	Lage	HQ10	HQ20	HQ50	HQ100	HQ100K
562	uh. HRB 71	3,29	5,82	9,62	12,71	15,01

Die nachfolgende Überflutungskarte zeigt die durch den Bruch-, Gennenbach im Falle 10-, 20-, 50- und 100-jährlicher HW-Ereignisse sowie 100-jährliche HW-Ereignisse des LF-Klimaänderung derzeit auftretende Überflutungen. Außerdem ist die im Falle eines 100-jährlichen HW-Ereignisses auftretende Wassertiefenkarte dargestellt. Detaillierte, großmaßstäbige Darstellungen sind in den Anlagen B.4.3 und Anlage B.4.4 im Maßstab 1:3.000 gegeben. Grundlagen bilden die Berechnungsergebnisse des hydrologischen Flussgebietsmodells für den Ist-Zustand (FGM-Var. „I0“).

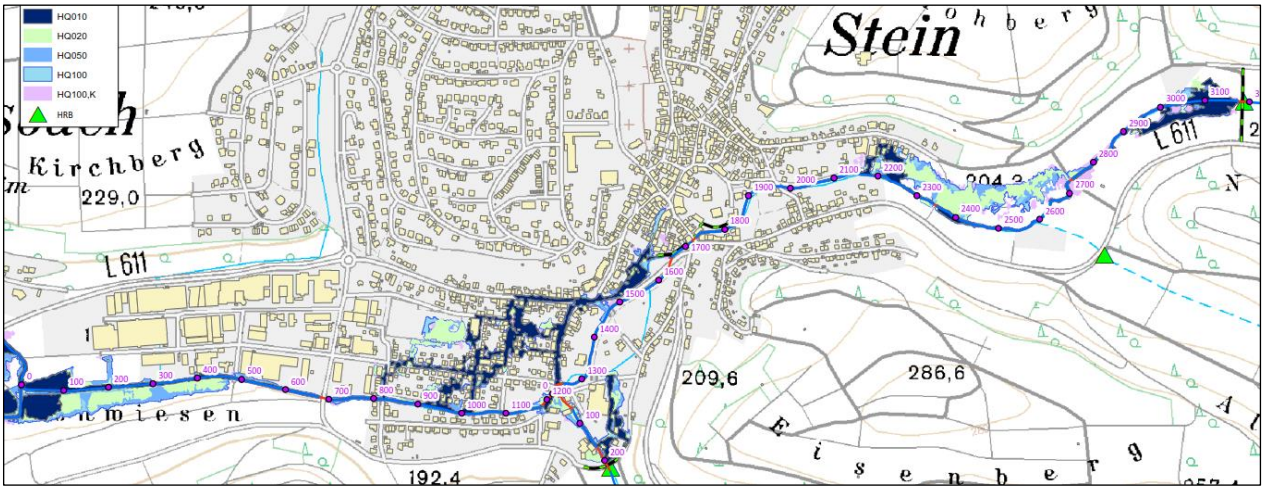

Abbildung 5.6: Teilbereich Bruch-, Gennenbach – Überflutungskarte (10a,20a,50a,100a, 100aKlima) für den Ist-Zustand

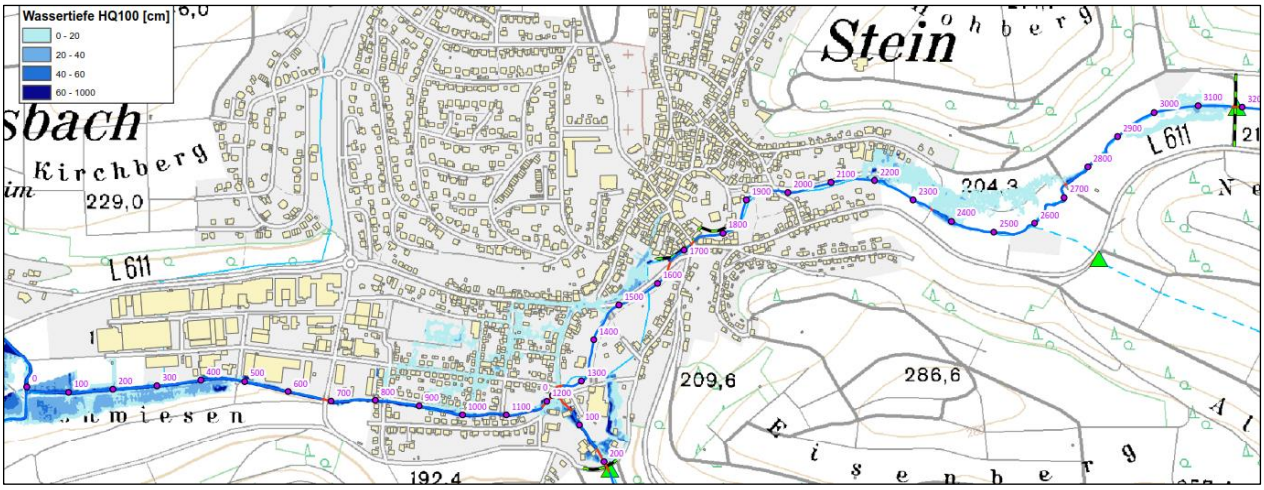

Abbildung 5.7: Teilbereich Bruch-, Gennenbach – Wassertiefenkarte (100a) für den Ist-Zustand

Schutzgrad und Schwachstellenanalyse Bruchbach:

Im Folgenden wird die Überflutungssituation des Bruchbachs auf der Basis der dargestellten Überflutungskarten in den Anlagen B.4.3 bis Anlage B.4.4 näher erörtert.

Unterhalb des HRB Pfitztal (HRB 35) finden Ausbordungen des Bruchbachs bereits bei HQ10 statt. Die Ausbordungen betreffen Wiesen und Ackerflächen in unbebautem Gebiet und weisen eine Ausdehnung von etwa 300 m auf. Daran anschließend verbleibt der Abfluss des Bruchbachs bis HQ100 im Wesentlichen im Flussbett.

Bei Station 2738 m befindet sich ein Straßendurchlass, der ab HQ20 überlastet ist. Ausgehend von der Überlastungsstelle findet eine langgestreckte rechtsseitige Ausbordung auf einer Länge von etwa 600 m statt, die sich bis an den Bebauungsrand des Ortsteils Stein erstreckt. Weitere rechtseitige Ausbordungen finden im Oberwasser des nächsten Straßendurchlasses bei Station 2349 m statt. Im Bereich der beginnenden Bebauung der Ortslage Stein kommt etwa bei Station 2250 m eine rechtsseitige Ausbordungsfläche bei HQ10 hinzu, die grenzwertig die Bebauung erreicht.

Hier verläuft der Bruchbach über eine alte Wehranlage und dann mit einer abrupten nahezu rechtwinkligen Richtungsänderung. WALD + CORBE hat bereits im Jahr 2015 eine lokale Gewässerbettaufweitung an dieser Stelle vorgeschlagen, die jedoch bislang nicht umgesetzt wurde.

Im weiteren Verlauf, bis zur Brücke Mühlstraße (Station 1986 m) treten keine weiteren rechnerischen Ausbordungen auf. Der Abflussquerschnitt des Bruchbachs im OW der BR Mühlstraße weist jedoch bei HQ100 bzw. HQ100,K keine Reserven mehr auf (bordvoller Abfluss). Bei etwas höheren Abflüssen (auch zu sehen an der HWGK, bei der in diesem Bereich etwas höhere Abflüsse vorlagen), treten hier lokal rechtsseitige Ausbordungen auf. Außerdem wird auch nach Hinweisen aus der Bevölkerung der Bruchbach im OW der Brücke Mühlstraße als lokal eingeschränkt leistungsfähig eingeschätzt. Aus diesem Grund soll der Bruchbach bis zur Brücke Mühlstraße bei der HW-Schutzkonzeption betrachtet werden (s. a. Kapitel 8.2.3).

Im weiteren Verlauf treten bis zum Bypass des Bruchbachs bei Station 1663 m, oberhalb des Durchlasses unter der L611, keine Ausbordungen auf.

Bei Station 1636 m wird ein Teil des HW-Abflusses des Bruchbachs über eine 6 m breite Schwelle abgeschlagen. Der Teilabfluss verläuft etwa 55 m frei fließend, im Anschluss daran verdolt bis zur Bruchbachverdolung im Bereich der Mündung des Gennenbachs in den Bruchbach (Station 1241 m, Schacht 30470, s. auch Anlage B.4.5).

Der Verdolungseinlauf des Bypass weist einen Rohdurchmesser DN800 auf. Die hydraulischen Berechnungen der Verdolung des Bypass zeigen, dass beim Verdolungseinlauf eine Leistungsfähigkeit von etwa 1,3 m^3/s gegeben ist. Dies führt bei der Darstellung der Überflutungssituation im Bestand dazu, dass Überflutungen ausgehend vom frei fließenden Bypasskanal bereits ab HQ10 auftreten. Bei einer konservativen stationären Betrachtungsweise würde eine Überlastung des Bypasskanals zu einer signifikanten Überflutungssituation des unterstromigen Siedlungsgebiets zwischen Königsbacher Straße und Bruchbach führen.

Der ausgebaute Bruchbach weist im weiteren Verlauf, zwischen dem Durchlass der L611 und dem Verdolungseinlauf bei Station 1253 m keine weiteren vom Bruchbach ausgehenden Ausbordungen auf. Direkt im Unterwasser des Straßendurchlasses L611 wurden in der Vergangenheit grenzwertige Wasserstände im Bruchbach beobachtet, so dass hier im Sinne eines robusten HW-Schutzkonzeption auf einigen Metern eine Uferverwallung/Mauer vorgeschlagen wird (s. a. Kapitel 7.4.3).

Im Mündungsbereich des Gennenbachs in den Bruchbach verlaufen beide Gewässer verdolt. Der Bruchbach auf einer Länge von 71 m und der Gennenbach auf einer Länge von 63 m. Der Mündungsbereich Bruchbach/Gennenbach ist in der untenstehenden Abbildung dargestellt.

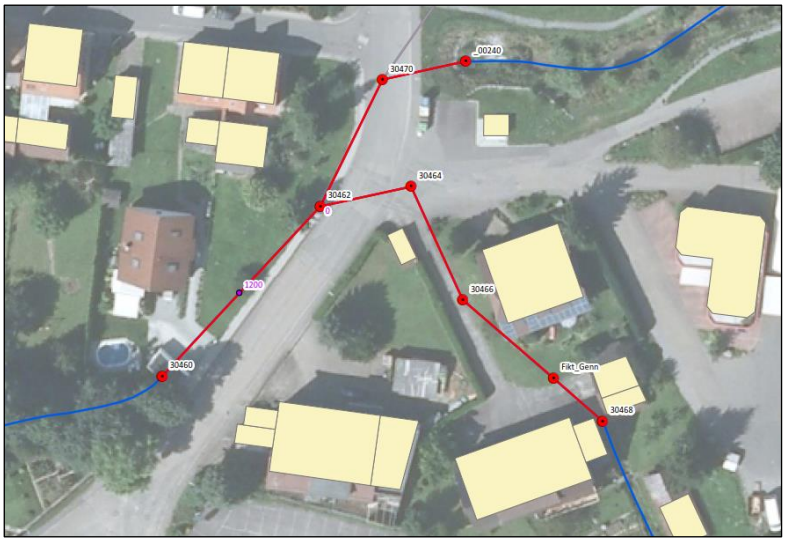

Abbildung 5.8: Detailausschnitt Verdolung Mündungsbereich Bruch-, Gennenbach

Ein Längsschnitt der Bruchbachverdolung ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Verdolung des Bruchbachs weist durchgehend einen Durchmesser von 2000 mm auf. In der ersten Haltung, vom Verdolungseinlauf bis zum Schacht 30470, liegt ein vergleichsweise steiles Gefälle, daran anschließend ein flacheres Gefälle vor. Die Abflusssteigerungen in der Verdolung sind aus der Hydrologie (HQTAB-Werte) berücksichtigt.

Die Verdolung kann alle untersuchten HW-Szenarien (HQ10 bis HQ100K) schadlos abführen. Das Szenario HQ10 verläuft im Freispiegelabfluss, die größeren Szenarien (HQ20 bis HQ100K) teilweise im Druckabfluss. Aufgrund ausreichender Überdeckung sind jedoch keine Überlastungen der Schächte zu erwarten.

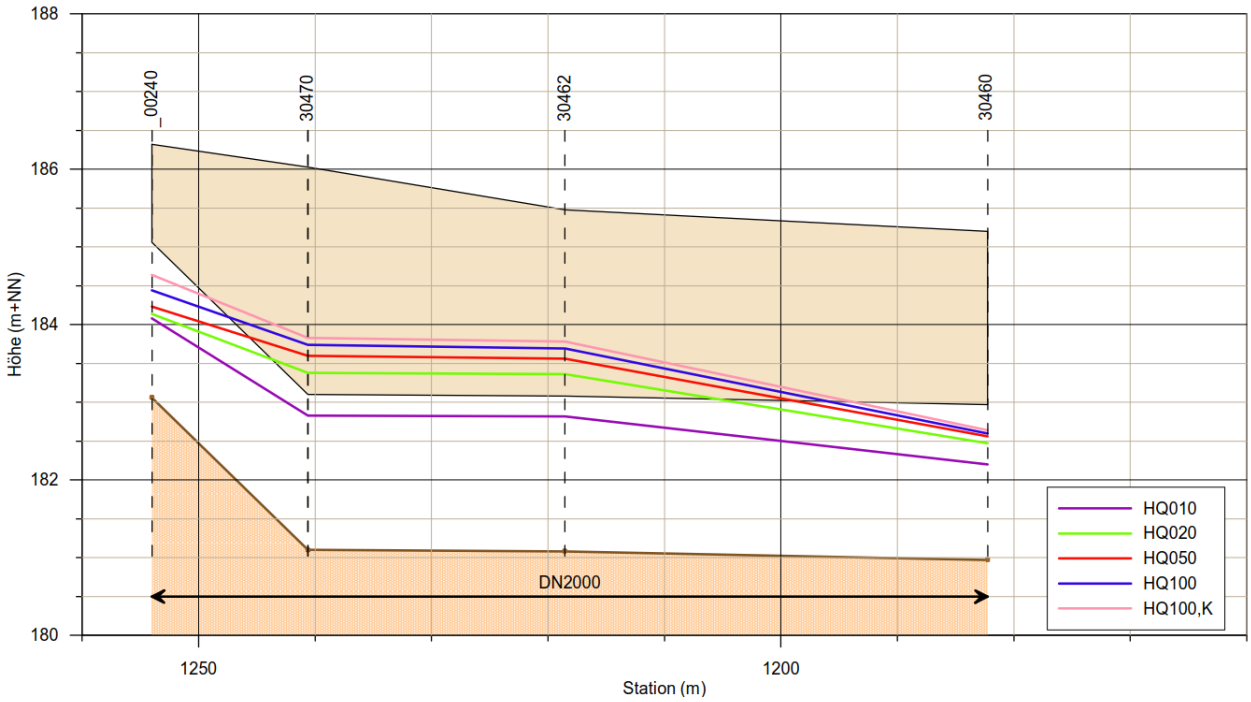

Abbildung 5.9: Längsschnitt Verdolung Bruchbach, WSP-Lagen HQ10, HQ20, HQ50, HQ100, HQ100K

Im weiteren Verlauf, vom Verdolungsauslauf bei Station 1183 m, bis zur Brücke Dieselstraße bei Station 695 m, treten keine Ausbordungen des Bruchbachs auf. Ausgehend von der Überlastung des Bypass-Kanals treten von Norden kommend, Rückströmungen in den Bruchbach auf.

Daran anschließend wurden auf Grund des am unteren Untersuchungsrand vorhandenen Plötzergeländes instationäre Berechnungen für die verbleibenden 700 m des Bruchbachs und des Vorfluters Kämpfelbach durchgeführt. Berücksichtigt wurde ein mittlerweile stattgefundener Rückbau der Brücke Siemensstr (Station 483 m). im Bereich der ehemaligen Brücke treten noch gewisse Ausbordungen auf. Die rechtsseitige Bebauung wurde mittlerweile durch Objektschutzmaßnahme vor Ausbordungen geschützt.

Im weiteren Verlauf, bis zur Station 212 m, treten überwiegend linksseitige Ausbordungen in die dort vorhandenen Wiesenflächen ab HQ20 auf. Daran anschließend ist im Mündungsbereich Bruchbach, Kämpfelbach mit beidseitigen Ausbordungen ab HQ10 zu rechnen. Etwa zwischen Station 200 m und Station 100 m, verbleibt rechtsseitig eine Fläche frei, da dort mittlerweile Auffüllungen und eine Bebauung durch eine ortsansässige Firma stattgefunden haben.

Schutzgrad und Schwachstellenanalyse Gennenbach:

Der Gennenbach wurde auf einer Länge von 211 m, vom Damm des HRB Gennenbach, bis zur Einmündung in den Bruchbach, hydraulisch untersucht. Der Gennenbach weist auf der Untersuchungsstrecke einen Grundablass mit einer Länge von 61 m, einen frei fließenden Abschnitt von 102 m und eine Verdolung von 63 m auf. Nach den Ergebnissen der hydrologischen Berechnungen ist das HRB Gennenbach bereits bei

HQ10 überlastet. Eine Überlastung führt zu einer Überströmung des HRB-Damms, die zu einem oberflächigen Straßenabfluss entlang der Bilfinger Straße führt.

Ein Teilabfluss fließt dem Gennenbach unterhalb des Grundablasses wieder zu, die restliche Strömung fließt zwischen der Bilfinger Straße und dem Gewerbebetrieb Stöhr dem Nebengewässer Weiherbrunnenbach zu.

Der frei fließende Abschnitt des Gennenbachs ist ab HQ20 überlastet, so dass es zu beidseitigen Ausbordungen kommt, die auf Grund einer Überlastung der Gennenbachverdolung (s. unten) über dem Gelände abfließen und dem Bruchbach unterhalb des Verdolungsauslaufs wieder zufließen.

Die Verdolung des Gennenbachs wurde separat mit dem Programmsystem SWMM berechnet. Die Ergebnisse sind in dem untenstehenden WSP-Längsschnitt der Gennenbachverdolung dargestellt.

Die Verdolung des Gennenbachs weist auf den ersten Metern einen Rechteckquerschnitt mit B/H = 1740/1300 mm auf. Der Querschnitt beim Verdolungseinlauf geht nach kurzer Fließstrecke in einen kreisrunden Querschnitt mit einem Durchmesser von nur 1100 mm über. Der genaue Übergang vom Rechteckquerschnitt zum Kreisquerschnitt konnte für die vorliegende FGU nicht bereitgestellt werden. Somit wurde aus einer Fotodokumentation durch die Gemeinde die Annahme getroffen, dass der Übergang nach einer Fließstrecke von etwa 10 m stattfindet.

In der Verdolung des Gennenbachs finden bis zur Einmündung in den Bruchbach keine Abflusssteigerungen statt. Die Verdolung des Gennenbachs ist, anders als die Verdolung Bruchbach, bereits ab HQ20 überlastet. HQ10 kann noch schadfrei abgeführt werden. Aus den hydraulischen Berechnungen der Gennenbachverdolung ergibt sich eine Leistungsfähigkeit der Verdolung Gennenbach von Q_{LF} = 4,2 m³/s.

Somit liegt eine Überlastung der Verdolung des Gennenbachs bereits ab dem HQ20 (= 5,82 m³/s) vor. Hierin sind Abflussreduzierungen durch mögliche Einschränkungen der oberstromigen Leistungsfähigkeit noch nicht berücksichtigt.

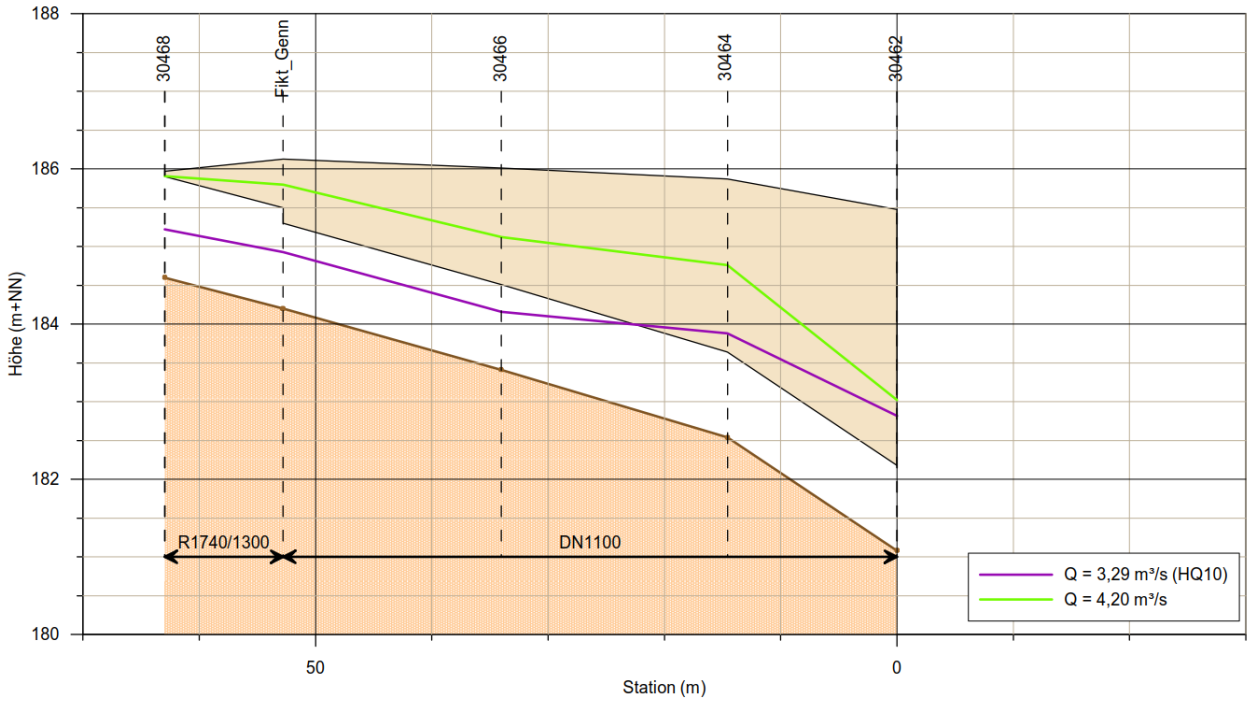

Abbildung 5.10: Längsschnitt Verdolung Gennenbach, WSP-Lagen

5.5 Bestandsanalyse - Zusammenfassung

Die Ausführungen in Abschnitt 5.2 bis 5.4 zeigen, dass für den Ortsbereich Stein der nach LfU/LUBW (2005) anzustrebende HW-Schutz entlang der Gewässer Heidelsterbach, Kuchental-, Fallfeldgraben bzw. Bruch-, Gennenbach nicht erreicht wird. Eine Verbesserung des HW-Schutzes ist entsprechend anzustreben.

Wagnerstraße (Heidelsterbach)

Der untersuchte Abschnitt des Heidelsterbachs hat beim HW-Ereignis vom 07.06.2016 zu Hochwasserschäden geführt. Mittlerweile haben sich zwei Grundstücke durch die Errichtung einer kleinen Schutzmauer entlang der Wagnerstraße vor Überlastungen des Heidelsterbachs geschützt. Die zwei Abflussstränge entlang der Wagnerstraße werden durch eine straßenquerende Verdolung vereinigt, bei der auf Grund einer ungünstigen Ausgestaltung des Verdolungseinlaufs von einer sehr niedrigen Abflusskapazität ausgegangen werden muss. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass mit ersten Ausbordungen bereits ab HQ10 zu rechnen ist. Größere Ereignisse führen zu einer größeren Flächenausbreitung entlang der Wagnerstraße.

Kuchental-, Fallfeldgraben

Der Kuchentalgraben entlastet bei HW-Ereignissen in das rechtsseitig gelegene HRB Kuchental. Bei HW-Ereignissen bis HQ100 wird auf Grund mittlerweile realisierter in Fließrichtung rechtsseitiger Uferscharten von einem schadfreien Abführen an Abflüssen bis HQ100 ausgegangen. Bei größeren Ereignissen läuft das HRB Kuchental über.

Der Fallfeldgraben weist oberhalb des Verdolungseinlaufs, der den Abfluss über die Mischwasserkanalisation abführt, Straßendurchlässe auf, die bereits bei HQ10 überlastet sind. Die auf die Fallfeldstraße ausbordenden Wassermengen können dem Gewässer bzw. dem Verdolungseinlauf nicht mehr zufließen, so dass eine Überlastung bereits ab HQ10 zu erwarten ist.

Bruch-, Gennenbach

Mit Ausbordungen des Bruch- und des Gennenbachs ist teilweise schon bei HQ10 zu rechnen. Insbesondere erweist sich beim Bruchbach die Leistungsfähigkeit des Gewässers am Ortsrand als nicht ausreichend. Beginnende rechtsseitige Ausbordungen tangieren bereits bei HQ10 die rechtsseitige Bebauung.

Im weiteren Verlauf erweist sich die Leistungsfähigkeit des Bypasses als nicht ausreichend, so dass auch hier bereits ab HQ10 mit Ausbordungen zu rechnen ist. Im Mündungsbereich in den Kämpfelbach treten auch Ausbordungen bei HQ10 auf, die aber überwiegend linksseitig stattfinden und hier keine Bebauung betreffen.

Beim Gennenbach zeigt das HRB Gennenbach und die Verdolung Gennenbach einen unzureichenden Schutz vor Hochwasser auf. Eine Überlastung des HRB tritt bereits ab HQ10, eine Überlastung der Verdolung ab HQ20 auf, womit eine Betroffenheit der unterliegenden Bebauung einhergeht.

Aufgrund der erörterten Gesamtsituation ist eine Verbesserung des HW-Schutzes für den Ortsteil Stein daher dringend anzustreben.

6 Abgelaufene HW-Ereignisse

Im Einzugsgebiet des Bruchbachs (Ortslage Stein) existiert kein Gewässerpegel. Konkrete Aussagen zu den in der Vergangenheit aufgetretenen HW-Abflüssen bzw. der Häufigkeit von HW-Ereignissen sind daher nicht möglich. Aus der jüngsten Vergangenheit sind für den Untersuchungsraum jedoch mehrere HW-Ereignisse bekannt (Dez. 1993, Juni 2013, 07.06.2016, 25.06.2016). Aus der Vielzahl in den letzten 25 Jahren aufgetretenen Schadensereignisse kann geschlossen werden, dass im Ortsbereich von Stein ein unzureichende HW-Schutz vorliegt. Dies bestätigen auch die in 2016 aufgetretenen lokalen Starkregenereignisse, die in Stein zu bereichsweise verheerenden Überflutungen führten.

Als problematisch erweist sich im Falle der Ortslage Stein, dass mehrere Gewässer sternförmig auf die Ortslage zulaufen. Dass eine große Gefährdung der Ortslage vor Hochwasser von mehreren (allen) dieser Gewässer ausgeht zeigen die fünf um die Ortslage errichteten Hochwasserrückhaltebecken.

Viele dieser Gewässer weisen relativ kleine Einzugsgebiete auf. Dadurch führen Kurzzeitereignisse (lokale Sommergewitter) zu den höchsten Abflüssen. Solche Sommergewitter besitzen dabei extrem kurze Anstiegszeiten, so dass Vorwarnungen kaum möglich sind.

Die Auswertung abgelaufener Hochwasserereignisse ist im Hinblick auf das Erkennen von kritischen Gewässern und Gewässerabschnitten (Schwachstellen) von großer Bedeutung. Auch Besonderheiten wie starke Verlegungsgefährdungen von Einläufen und Durchlässen, Umläufigkeiten von Becken etc. lassen sich aus abgelaufenen Ereignissen ableiten. Sie sind damit eine wichtige Quelle bei der Ausarbeitung von HW-Schutzmaßnahmen. Außerdem können die Informationen zu abgelaufenen HW-Ereignissen wie HW-Marken zur Feinabstimmung der eingesetzten Modelle (k_{st}-Werte im Hydraulikmodell) eingesetzt werden.

Von der Gemeinde standen umfangreiche HW-Dokumentationen zu abgelaufenen HW-Ereignissen zur Verfügung. Ergänzt wurden diese um bei Ortsbegehungen erhobene Daten (Befragung von Anliegern, Aufnahme von Geschwemmsellinien und HW-Marken,…). Dies gilt insbesondere für die beiden in 2016 aufgetretenen Starkregenereignisse. Für das HW-Ereignis vom 07.06.2016, das in Stein zu verheerenden Überflutungen geführt hatte fanden Auswertungen radargemessener Niederschläge statt. Damit war eine Einordnung des Ereignisses möglich. Zu berücksichtigten ist bei solchen Extremereignissen, dass eine Auslegung von Hochwasserschutzmaßnahmen auf Extremereignisse i.d.R. nicht möglich ist. Es wird immer ein Restrisiko vor solchen Naturkatastrophen bestehen bleiben. Angestrebt wird jedoch im Hinblick auf die im Untersuchungsraum in der jüngsten Vergangenheit aufgetretenen Ereignisse und die durch die Folgen der Klimaänderung noch zu erwartende Häufung an solchen Extremereignissen HW-Schutzmaßnahmen auf einen möglichst hohen Schutzgrad (z.B. 100a,Klima) auszulegen.

6.1 Hochwasserereignis vom 21.12.1993

Anlass der ersten Flussgebietsuntersuchung (WALD+CORBE, 1995) war ein im Dezember 1993 im Pfinztal aufgetretenes großräumiges HW-Ereignis. Dabei traten in zahlreichen Einzugsgebieten Baden-Württembergs Überflutungen auf. Das Ereignis konnte am Pegel Pfinz/Berghausen (HQ = 76,5 m^3/s) als ein ca. 20– bis 50-jährliches HW-Ereignis eingestuft werden. Weitere Angaben zu dem Ereignis können WALD+CORBE (1995) entnommen werden.

6.2 HW-Ereignis vom 01.06.2013

Das HW-Ereignis vom 01.06.2013 kann in der Region als ein außergewöhnliches HW-Ereignis eingestuft werden. Das Niederschlagsereignis vom 01.06.2013 traf auf intensiv vorgesättigte Böden. Die in den Vortagen gefallenen intensiven Niederschläge führten zu einer hohen Abflussbereitschaft der Böden.

Im Einzugsgebiet der Pfinz waren Schäden u.a. in den Ortslagen Königsbach-Stein, Keltern (Dietlingen, Ellmendingen), Remchingen (Nöttingen, Wilferdingen, Singen), Pfinztal (Söllingen, Berghausen) zu verzeichnen. Ausuferungen auf der Gemarkung von Königsbach-Stein sind aus den vorliegenden HW-Dokumentationen vorwiegend dem Bruchbach zuzuordnen. Des Weiteren liegen Foto-Dokumentationen entlang der Landesstraße L571 (Ausuferung Frontalgraben) vor. Eine Einordnung des HW-Ereignisses in Königsbach-Stein kann jedoch auf Grund fehlender HW-Marken nicht durchgeführt werden.

Am Kämpfelbach (Bereich Remchingen) kann das Ereignis als ein ca. 100-jährliches HW eingestuft werden. Nach dem Zusammenfluss von Pfinz und Kämpfelbach nimmt die Jährlichkeit in Richtung Berghausen ab. Am Pegel Pfinz/Berghausen (HQ = 92 m^3/s) kann das Ereignis aber noch immer als ein ca. 50- bis 100–jährliches HW eingestuft werden.

Beim HW-Ereignis vom 01.06.2013 hat es sich um ein außergewöhnlich großräumiges Starkregenereignis gehandelt (LUBW, 2013). Allerdings waren die auf stark vorgesättigte Böden treffenden Niederschlagsmengen lokal sehr verschieden, so dass die Jährlichkeit der aufgetretenen HW-Abflüsse räumlich entsprechend stark variiert. Auswertungen des Ereignisses liegen auch für Nachbarregionen der Pfinz vor. Am Saalbach kann das Ereignis im Bereich von Bretten als ein über 100-jährliches HW und in Gondelsheim noch immer als ca. 100-jährliches HW eingestuft werden. Auch in Illingen an der Schmie, in Mönsheim und Wimsheim am Grenzbach/Kreuzbach, in Ötisheim am Erlenbach, in Schützingen an der Metter traten extrem hohe HW-Abflüsse auf. Diese bestätigen die im Bereich von Keltern abgeschätzten HW-Abflüsse und Jährlichkeiten.

Abbildung 6.1: Walter-Rathenau-Straße, HW-Ereignis 01.06.2013 (Quelle Gemeinde Königsbach-Stein)

6.3 Weitere (frühere) Hochwasserereignisse

Neben dem HW vom Dezember 1993 kam es in der Vergangenheit zu weiteren Schadensereignissen (WALD + CORBE, 1995). So führte ein Hochwasser im Jahr 1997 mit HQ= 88 m^3/s am Pegel Pfinz/Berghausen erneut zu hohen Abflüssen in der Region.

Dass, die am 01.06.2013 aufgetretenen HW-Abflüsse wieder auftreten können zeigt ein im Mai des Jahres 1931 aufgetretenes Ereignis. Dem am Pegel Pfinz/Berghausen am 01.06.2013 gemessenen HW-Abflüssen von HQ = 92 m^3/s stehen am Mai 1931 gemessene HW-Abflüsse von ca. HQ = 105 m^3/s gegenüber.

Interessant ist auch eine am Rathaus von Stein angebrachte HW-Marke, die von einer außergewöhnlichen Naturkatastrophe am Bruchbach zeugt (**Abbildung 1.1**).

6.4 HW-Ereignisse vom 25.06.2016

Bei zwei Starkregenereignissen traten in der Gemeinde Königsbach-Stein am 07.06.2016 und 25.06.2016 bereichsweise massive innerörtliche Überflutungen auf. Bei dem zweiten, sehr lokalen HW-Ereignis vom 25.06.2016 kam es zu Überflutungen im Bereich des Königsbacher Berges und der unterstromig liegenden Falken- und Bussardwege.

Für die beiden HW-Ereignisse wurden von der Gemeinde Königsbach-Stein HW-Dokumentationen zur Verfügung gestellt. Ergänzt wurden diese um die, bei Begehungen erhobenen Informationen (Fließwege, Verlegungen, Geschwemmsellinien, Angaben von Anliegern,…).

Abbildung 6.2: HW-Ereignis 25.06.2016, Königsbacher Berg, Abfluss über Straße (Quelle Anwohner)

Abbildung 6.3: HW-Ereignis 25.06.2016, Königsbacher Berg, Abfluss durch Gärten (Quelle Anwohner)

6.5 HW-Ereignisse vom 07.06.2016

Das HW-Ereignis vom 07.07.2016 hat in Stein zu bereichsweisen verheerenden Überflutungen geführt. Besonders stark betroffen waren beim Ereignis vom 07.06.2016 hierbei Ortsbereiche im Unterstrom des HRB-Kuchental und des Fallfeldgrabens (Alte und Neue Brettener Straße). Die hierdurch hervorgerufenen Überflutungen zogen sich durch die gesamte Bebauung der Ortslage Stein über den Marktplatz und die Bachgasse bis zum Vorfluter Bruchbach hin. Auch Bereiche südlich der L611 (Sägmühlweg, Neuwiesenstraße) wurden hierbei in Mitleidenschaft gezogen.

6.5.1 HW-Dokumentation

Die nachfolgenden Bilder zeigen exemplarisch Fotos des HW-Ereignisses aus dem Jahre 2016 in Stein. Weitere Informationen können der HW-Dokumentation in Anlage C entnommen werden.

Abbildung 6.4: HW-Ereignis 07.06.2016, Abfluss über Neue Brettener Straße (Quelle Anwohner)

6.5.2 Einordnung von HW-Marken

Am 07.06.2016 lief im nördlichen Bereich Steins über die Gewässer Kuchental-, Fallfeldgraben ein extremes HW-Ereignis ab. In der **Abbildung 6.5** sind zahlreiche nach dem Ereignis aufgenommene HW-Marken dargestellt. Zur Einschätzung der Flächenausbreitung des abgelaufenen Ereignisses wurde aus den HW-Marken eine Wasserspiegeloberfläche interpoliert und mit dem bestehenden Digitalen Geländemodell verschnitten. Die so generierte Überflutungsfläche zeigt eine Betroffenheit großer Bereiche und vieler Gebäude im Ortskern Steins. Die vermessenen HW-Marken und die daraus generierten Überflutungsflächen

dienten der Flussgebietsuntersuchung Stein als Grundlage bei dem Versuch, das Extremereignis statistisch einzuordnen.

In der **Abbildung 6.6** ist die aus den HW-Marken generierte Überflutungsfläche einer berechneten Überflutungsfläche bei einem 5000-jährlichen HW-Ereignis gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt, dass die aus den HW-Marken ermittelte Überflutungsfläche in mehreren Bereichen noch größer als die berechnete Überflutungsfläche bei HQ5000 ist. Es muss somit davon ausgegangen werden, dass das abgelaufene HW-Ereignis vom 07.06.2016 einer Jährlichkeit von mehr als 5000 Jahren zuzuordnen ist. Die Nachrechnung extremer HW-Ereignisse dieser Größenordnung unterliegt gewissen Genauigkeitseinschränkungen. Aus diesem Grund weisen die Berechnungsergebnisse für dieses Extremereignis einen orientierenden, eher quantitativen Charakter auf.

Abbildung 6.5: Kuchental-, Fallfeldgraben, HW-Marken und daraus generierte Überflutungsfläche des HW-Ereignisses 2016

Abbildung 6.6: Kuchental-, Fallfeldgraben, berechnete Flächenausbreitung bei HQ5000 und aus HW-Marken 2016 generierte Flächenausbreitung

6.5.3 Auswertung radargemessener Niederschläge

Das Starkregenereignis vom 07.06.2016 führte im Raum Stein zu bereichsweise verheerenden Überflutungen. Es hat sich dabei um ein lokales sommerliches Gewitterereignis gehandelt. Bei solchen Sommergewittern treten räumlich und zeitlich stark variierende Regenmengen auf. Diese werden vom Bodenmessnetz des Landes (LUBW) bzw. des Deutschen Wetterdienstes (DWD) mit nur wenigen Stationen nicht erfasst. Auch die Einbindung privater Bodenstationsmessungen reicht für eine Beschreibung des Niederschlagsgeschehens nicht aus. Eine Beschreibung des räumlich-zeitlichen Ablaufes kann nur über die Auswertung radargemessener Niederschläge erfolgen. Anfragen bei RadarInfo in Karlsruhe ergaben, dass das Niederschlagsereignis vom 07.06.2016 vom Radar des Karlsruher Instituts für Technologie – Campus Nord (früher Forschungszentrum) erfasst wurde und die Niederschläge in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung bereitgestellt werden können.

Allerdings handelt es sich bei Radarmessungen um ein indirektes Messverfahren. Im Falle radargemessener Niederschläge ist eine Anpassung der Radarwerte an Bodenstationsmessungen zwingend erforderlich. Hierzu waren alle in der Region verfügbaren Bodenstationsmessungen zu beschaffen. Über diese fand dann eine Anpassung („Aneichung“) der Radarregen statt. Eingesetzt wurden für die Anpassung der radargemessenen Niederschläge Bodenstationsmessungen der DWD/LUBW-Station Königsbach-Stein sowie Messungen von zwei privaten Stationen in Stein (s. Abbildung 6.7).

Als Ergebnis stehen damit in hoher zeitlicher (5 Minuten) und räumlicher (500 m-Raster) Auflösung Niederschlagswerte für den Untersuchungsraum Königsbach-Stein bereit. Das Untersuchungsziel war es,

diese zunächst in Form von Niederschlagskarten aufzubereiten sowie Niederschlagszeitreihen für ausgewählte Radarzellen (z.B. Ortslagen, Einzugsgebiete) zu erstellen. Abschließend sollte eine Einordnung der aufgetretenen Niederschlagsmengen in die statistischen KOSTRA-Bemessungsniederschläge des Deutschen Wetterdienstes stattfinden. Damit kann den lokal aufgetretenen Regenmengen eine Auftretenswahrscheinlichkeit (Jährlichkeit) zugeordnet werden.

Räumlich-zeitlicher Niederschlagsverlauf

Für das Ereignis vom 07.06.2016 wurden zunächst die radargemessenen Niederschlagshöhen [l/m²] des Gesamtereignisses für einen Zeitraum von 30min ausgewertet und über die Bodenstationsmessungen angepasst. Der Hauptregen fiel dabei in der Zeit von 19:18 bis 19:43 Uhr. Für diesen Zeitraum fand als nächster Schritt eine Auswertung und Aufbereitung der Daten statt. Die nachfolgende Abbildung 6.7 zeigt die in diesem Zeitraum gefallenen Regenmengen (Niederschlagssumme) der einzelnen Rasterelemente. Der zeitliche Niederschlagsverlauf in 5 Minutenzeitschritten kann den Abbildungen der Anlage A.5 entnommen werden.

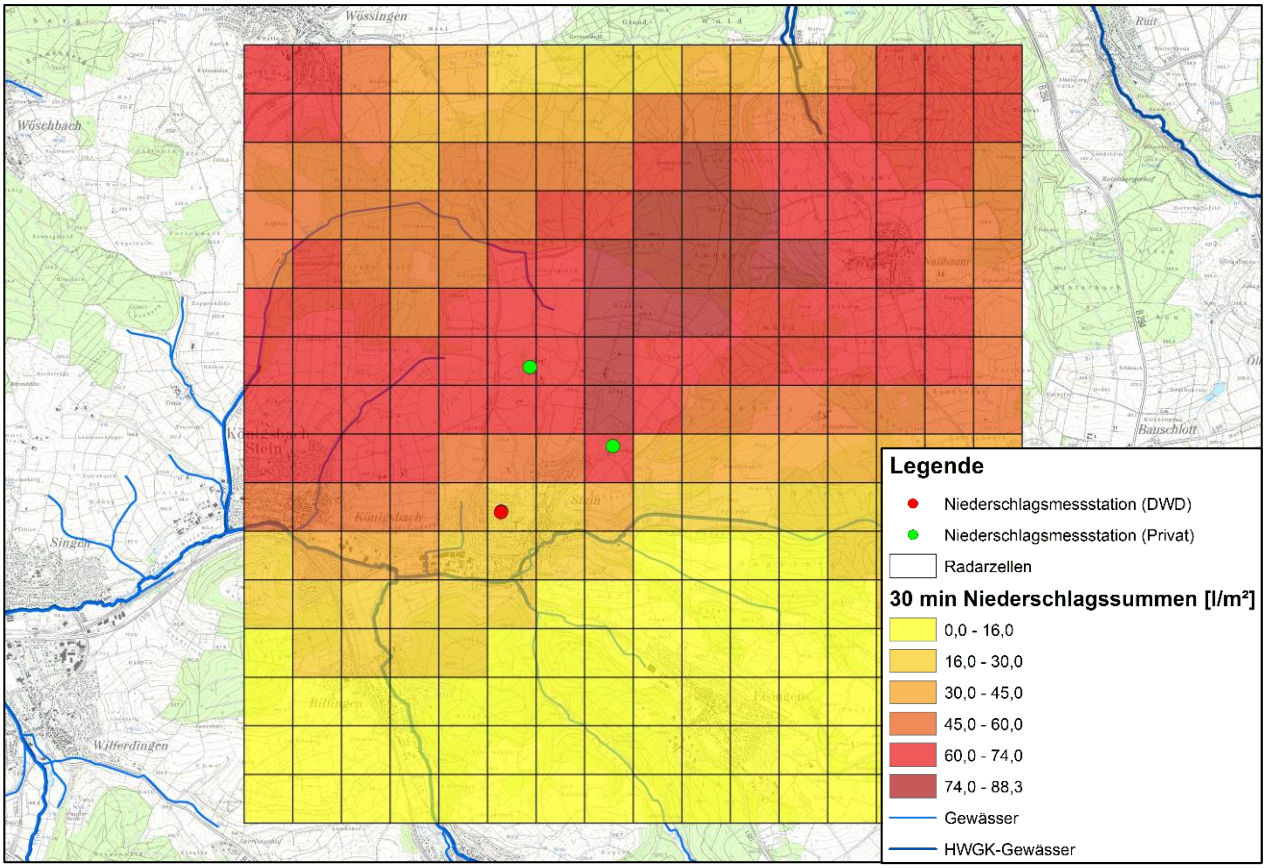

Abbildung 6.7: 30min-Niederschlagssummen des Ereignisses vom 07.06.2016 aus angepassten radargemessenen Niederschlägen

Wie die Niederschlagssummenkarte in Abbildung 6.7 zeigt lag das Regenzentrum im Bereich des Kuchentals und des Fallfelder Tals. Hier fielen in weniger als 30 Minuten zwischen 74 und 89 l/m² (mm) Regen.

Einordnung der Niederschläge vom 07.06.2016 in die statistischen KOSTRA-2000 Niederschläge (nach DWD, 2005/2006)

Vom Deutschen Wetterdienst (DWD) stehen flächendeckend für Deutschland statistische Niederschläge in Form von KOSTRA-2000 Werten (DWD, 2005) zur Verfügung. Die Werte werden vom DWD für unterschiedliche KOSTRA-Rasterelemente bereitgestellt. Die KOSTRA-2000 Niederschlagsdaten N(T, T_D) liegen als Ganzjahres-, Sommer- und Winterniederschläge vor. Gewählt wurde zur Erstellung von Dauer-Intensitäts-Häufigkeits-Diagrammen (je KOSTRA-Rasterelement) das jeweilige Maximum aus Gesamt-, Sommer- und Winterhalbjahr (Jahresmaximum). Die Werte wurden auf Plausibilität geprüft und ggf. korrigiert. Verwendet wurde der Klassenmittelwert der KOSTRA-Rasterelemente.

Die KOSTRA-Daten werden vom DWD nur für ausgewählte Regendauern (T_D) und Jährlichkeiten (T) zur Verfügung gestellt. Eine Interpolation bzw. Extrapolation auf weitere Niederschlagsdauern und Jährlichkeiten erfolgte mit entsprechenden Programmen. Die Methodik zur Inter- und Extrapolation von KOSTRA-Werten kann LfU/LUBW (2005) entnommen werden. Damit steht für jedes KOSTRA-Rasterelement eine Niederschlagsstatistik in Form eines Dauer-Intensitäts-Häufigkeits-Diagrammes zur Verfügung.

Maßgebend für den Untersuchungsraum Stein ist das KOSTRA-Rasterelement 23/82 (s. Kapitel 3.8.2). Die Ermittlung der Auftretenswahrscheinlichkeit der am 07.06.2016 gefallenen Regenmengen erfolgte für die Regendauerstufe 30min durch Einordnung der „Messwerte“ in die KOSTRA-2000 Bemessungsniederschläge. Die Einordnung aufgetretenen Regenmengen in das zugehörige Dauer-Intensitäts-Häufigkeits-Diagramm der KOSTRA-Regen ermöglicht Aussagen zur Auftretenswahrscheinlichkeit des Niederschlagsereignisses.

Die Hauptregenmenge fiel am 07.06.2016 innerhalb von 30 Minuten. Die im Bereich von Stein aufgetretenen maximalen Niederschlagsmengen können als ein deutlich über 100-jährliches Regenereignis eingeordnet werden (Tabelle 6.1 und Abbildung 6.7).

Tabelle 6.1: Dauer-Intensitäts-Häufigkeits-Diagramm, Bereich Königsbach-Stein

Dauerstufe		Jährlichkeit												
min.	h	1	2	3	5	10	20	50	100	200	500	1000	5000	10000
5	0,08	7,7	9,3	10,2	11,4	13,0	14,7	16,8	18,4	20,0	22,2	23,8	27,6	29,2
10	0,17	9,5	11,7	13,1	14,7	17,0	19,3	22,2	24,5	26,8	29,8	32,0	37,3	39,5
15	0,25	10,8	13,5	15,1	17,1	19,9	22,6	26,3	29,0	31,7	35,4	38,1	44,5	47,3
20	0,33	11,7	14,9	16,7	19,1	22,2	25,4	29,5	32,7	35,9	40,0	43,2	50,5	53,7
30	0,50	13,3	17,1	19,4	22,2	26,0	29,9	34,9	38,8	42,6	47,7	51,5	60,4	64,2
45	0,75	15,1	19,8	22,5	25,9	30,6	35,2	41,4	46,0	50,7	56,8	61,5	72,3	76,9
60	1,00	16,5	21,8	25,0	28,9	34,3	39,6	46,7	52,0	57,3	64,4	69,8	82,2	87,5
90	1,50	18,4	24,1	27,4	31,6	37,3	43,0	50,6	56,3	62,0	69,5	75,2	88,5	94,2
120	2,00	19,8	25,8	29,3	33,7	39,7	45,7	53,6	59,5	65,5	73,4	79,4	93,3	99,2
180	3,00	22,1	28,5	32,2	36,9	43,3	49,7	58,1	64,5	70,9	79,3	85,7	100,5	106,9
240	4,00	23,9	30,6	34,5	39,4	46,1	52,8	61,6	68,3	75,0	83,8	90,5	106,0	112,7
300	5,00	25,3	32,3	36,3	41,4	48,4	55,3	64,4	71,4	78,3	87,4	94,4	110,5	117,4
360	6,00	26,6	33,7	37,9	43,2	50,3	57,4	66,9	74,0	81,1	90,6	97,7	114,3	121,4
420	7,00	27,7	35,0	39,3	44,7	52,0	59,3	69,0	76,3	83,6	93,3	100,6	117,6	124,9
480	8,00	28,7	36,2	40,6	46,1	53,5	61,0	70,9	78,4	85,8	95,7	103,2	120,5	128,0
540	9,00	29,6	37,3	41,7	47,3	54,9	62,6	72,6	80,2	87,9	97,9	105,5	123,2	130,8
600	10,00	30,5	38,2	42,8	48,5	56,2	64,0	74,2	81,9	89,7	99,9	107,7	125,7	133,4
660	11,00	31,3	39,1	43,7	49,5	57,4	65,3	75,7	83,5	91,4	101,8	109,7	127,9	135,8
720	12,00	32,0	40,0	44,6	50,5	58,5	66,5	77,0	85,0	93,0	103,5	111,5	130,0	138,0
1080	18,00	39,1	48,1	53,3	59,9	68,9	77,9	89,8	98,8	107,8	119,7	128,6	149,5	158,5
1440	24,00	45,0	54,8	60,5	67,7	77,5	87,3	100,2	110,0	119,8	132,7	142,5	165,2	175,0
2160	36,00	50,8	60,6	66,4	73,6	83,3	93,1	106,1	115,8	125,6	138,6	148,3	171,1	180,8
2880	48,00	55,0	64,8	70,5	77,7	87,5	97,3	110,2	120,0	129,8	142,7	152,5	175,2	185,0
4320	72,00	60,0	70,5	76,7	84,5	95,0	105,5	119,5	130,0	140,5	154,5	165,0	189,5	200,0
5760	96,00	63,5	74,6	81,1	89,3	100,3	111,4	126,0	137,1	148,2	162,8	173,9	199,6	210,6
7200	120,00	66,3	77,8	84,5	93,0	104,4	115,9	131,1	142,6	154,1	169,3	180,7	207,4	218,9
8640	144,00	68,5	80,4	87,3	96,0	107,8	119,6	135,3	147,1	158,9	174,5	186,4	213,8	225,6

Anmerkung: Abschließend soll noch einmal kurz auf den Zusammenhang zwischen der Auftretenswahrscheinlichkeit (Jährlichkeit) eines Niederschlagsereignisses und des daraus resultierenden Hochwasserabflusses (HQ) eingegangen werden. Ein T-jährliches Starkregenereignis muss kein genau T-jährliches Hochwasserereignis verursachen. Neben der Regenmenge hängt der entstehende Hochwasserabfluss auch von dem räumlich-zeitlichen Niederschlagsverlauf und dem Zustand des Einzugsgebietes (Vorregen, gefrorener Boden, Jahreszeit, Vegetationszustand, frisch gepflügte oder abgeernteten Felder, aktuell angebaute Feldfrucht, Bodenbewirtschaftung, etc.) ab. Auch die im Gebiet maßgebende Regendauer spielt eine große Rolle. So können in Hangflächen und kleinen Gebieten Regenereignisse von 5- bis 30 Minuten Dauer zu den höchsten Abflüssen führen, während die maßgebende Regendauer größerer Gebiete mehrere Stunden betragen kann.

7 HW-Schutzkonzeption – vorgeschlagene Lösung

7.1 Allgemeines

Der Hochwasserschutz lässt sich grundsätzlich durch Rückhaltelösungen und Gewässerausbaumaßnahmen verbessern. Im Rahmen der FGU-Stein wurden beide Lösungsmöglichkeiten teilweise in Kombination untersucht. Das Ziel war die Herstellung eines innerorts 100-jährlichen HW-Schutzes vor Überflutungen durch die Hauptgewässer Bruchbach, Gennenbach, Fallfeldgraben, Kuchentalgraben und Heidelsterbach, falls machbar und sinnvoll ausgelegt auf den Lastfall Klimaänderung. Für diese Gewässer liegen hydraulische Modelle vor, so dass lokale HW-Schutzmaßnahmen entwickelt und getestet werden konnten. Die Berechnungen basieren dabei auf dem Bebauungs-Plan-Zustand.

Wie die in 2016 aufgetretenen Schadensereignisse zeigen, können HW-Schäden nicht nur durch Überlastungen der Gewässer, sondern auch durch flächenhaft auf die Ortslage zufließendes Hangwasser auftreten. Dies gilt insbesondere für den Bereich Falken- und Bussardweg. Ergänzend zu den Schutzmaßnahmen an den Gewässern sieht die HW-Schutzkonzeption daher auch Maßnahmen zum Schutz dieser Ortsbereiche vor wild abfließendem Wasser vor. Die Überleitungsmaßnahmen dienen dabei gleichzeitig der Reduzierung der im Heidelsterbach auftretenden Wassermengen.

Der Fallfeldgraben wird derzeit in das Mischwassernetz eingeleitet. Denkbar wäre als HW-Schutzmaßnahme der Neubau einer Bachverdolung. Die Optimierung eines Lösungsvorschlages bestehend aus neuer Bachverdolung zum Bruchbach und ggf. ergänzendem HRB ist nur im Rahmen einer Machbarkeitsstudie (ggf. nächster Bearbeitungsschritt) möglich. Entsprechend wurde ein mögliches HRB-Fallfeldgraben nicht als Teil der HW-Schutzkonzeption Stein berücksichtigt.

7.2 Wahl des HW-Schutzgrades

Im Rahmen der FGU wurde eine Vielzahl an unterschiedlichen HW-Schutzlösungen ausgearbeitet. Diese unterscheiden sich auch in der Wahl des HW-Schutzgrades. Entwickelt wurden Lösungen die einen 100-jährlichen HW-Schutz sowie Lösungen die einen Schutz vor 100-jährlichen HW des LF-Klimaänderung herstellen. Die favorisierte und nachfolgend vorgestellte Lösungsvariante sieht in den einzelnen Teilbereichen der Ortslage von Stein unterschiedliche HW-Schutzgrade vor. Im Rahmen der späteren Planung oder einer vorgezogenen Machbarkeitsstudie sollte geprüft werden, ob eine Auslegung der HWS-Maßnahmen auf ein 100-jährliches Bemessungshochwasser des Lastfalls Klimaänderung (angestrebter Zielwert) sinnvoll und machbar ist.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass die HW-Schutzkonzeption auf der Wirkung von Rückhaltungen als zentrale Schutzmaßnahmen basiert. Außerdem liegen lange innerörtliche Verdolungen vor. Eine spätere Erhöhung des HW-Schutzgrades (z.B. von 100a auf 100aKlima) ist dadurch kaum noch machbar.

Die Auslegung der HW-Schutzkonzeption auf 100-jährliche HW des LF-Klimaänderung bedeutet nicht, dass die einzelnen Hochwasserrückhaltebecken selbst jeweils auf genau 100-jährliche HW des LF-Klimaänderung (Vollfüllung bei T=100aKlima) ausgelegt werden. Über Optimierungsrechnungen wurde ermittelt, mit welchen Beckenabgaben und Rückhaltevolumina die angestrebte Wirkung beim gewünschten HW-Schutzgrad (z.B. T=100aKlima) im Bereich der Ortslage Stein (maßgebende Schwachstellen) erreicht werden kann. Wie die Tabelle 7.1 zeigt, wird abgesehen vom neu zu bauenden HRB-Gennenbach der Vollstau bereits bei kleineren HW-Ereignissen (20a, 50a, 100a) als dem innerorts maßgebenden $BHQ_{100,KLima}$ erreicht.

7.3 Vorgeschlagene HRB-Lösung (FGM-Var. „P19“)

Die entwickelten HRB-Lösungen bauen auf den Ergebnissen der parallel erfolgten vertieften Sicherheitsüberprüfung der einzelnen HRB-Standorte (Sanierungsbedarf, …) auf. So wurde versucht kostenoptimierte Lösungen zu entwickeln. Die zum Schutz von Stein vorgeschlagene HRB-Lösungsvariante „P19“ basiert auf der Wirkung von insgesamt 5 Hochwasserrückhaltebecken. Das HRB-71 Gennenbach ist dabei der einzige vorgesehene Beckenneubau. Die Becken HRB-Kuchental, -Lindtal-, -Pfitztal und -Neulinger Grund entsprechen bezüglich der Abgabe und dem Vollstauvolumen dem derzeitigen Ausbauzustand.

Tabelle 7.1: Vorgeschlagen HRB-Lösungsvariante „P19“

FGM-Kn.	Bezeichnung	BHQ (Vollstau)	S_{ZV} [m^3]	Anmerkung
561	Gennenbach	100aKlima	45.400	Neubau
552	Kuchental	100a	1.400	S_{ZV} und Abgabe (Drossel.) entspricht Bestand
489	Lindtal	100a	3.500	S_{ZV} und Abgabe (Drossel.) entspricht Bestand
469	Pfitztal	50a	15.000	S_{ZV} und Abgabe (Drossel.) entspricht Bestand
478	Neulinger Grund	20a	18.200	S_{ZV} und Abgabe (Drossel.) entspricht Bestand
486	Fallfeld			s. Ausblick: Annahme „P19“ ohne HRB-Fallfeld

7.4 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen

Die Herstellung eines ausreichenden HW-Schutzes alleine über Rückhaltemaßnahmen ist dabei nicht möglich. Nachfolgend wird für die einzelnen Teilbereiche (Gewässer) aufgezeigt, welche ergänzenden lokalen

HWS-Maßnahmen zur Herstellung eines Schutzes vor 100-jährlichen HW des LF-Klimaänderung noch benötigt werden. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wurde der Untersuchungsraum in Teilbereich unterteilt, die nachfolgend getrennt vorgestellt werden (**Abbildung 7.1**). Es handelt sich hierbei um die Teilbereiche Lindtalgraben, Bruchbach Ost, Bruchbach Mitte, Gennenbach, Kuchental- und Fallfeldgraben und Heidelsterbach mit Königsbacher Berg.

Die hydraulischen Berechnungen basieren dabei auf der HRB-Lösungsvariante „P19“. Die ergänzenden lokalen HWS-Maßnahmen wurden in die hydraulischen Modelle eingebaut. Die Berechnungsergebnisse werden nachfolgend für die einzelnen Teilbereiche (Abbildung 7.1) kurz vorgestellt. Eine detaillierte Dokumentation der hydraulischen Berechnungsergebnisse (Plan-Zustand) kann der Anlage B entnommen werden.

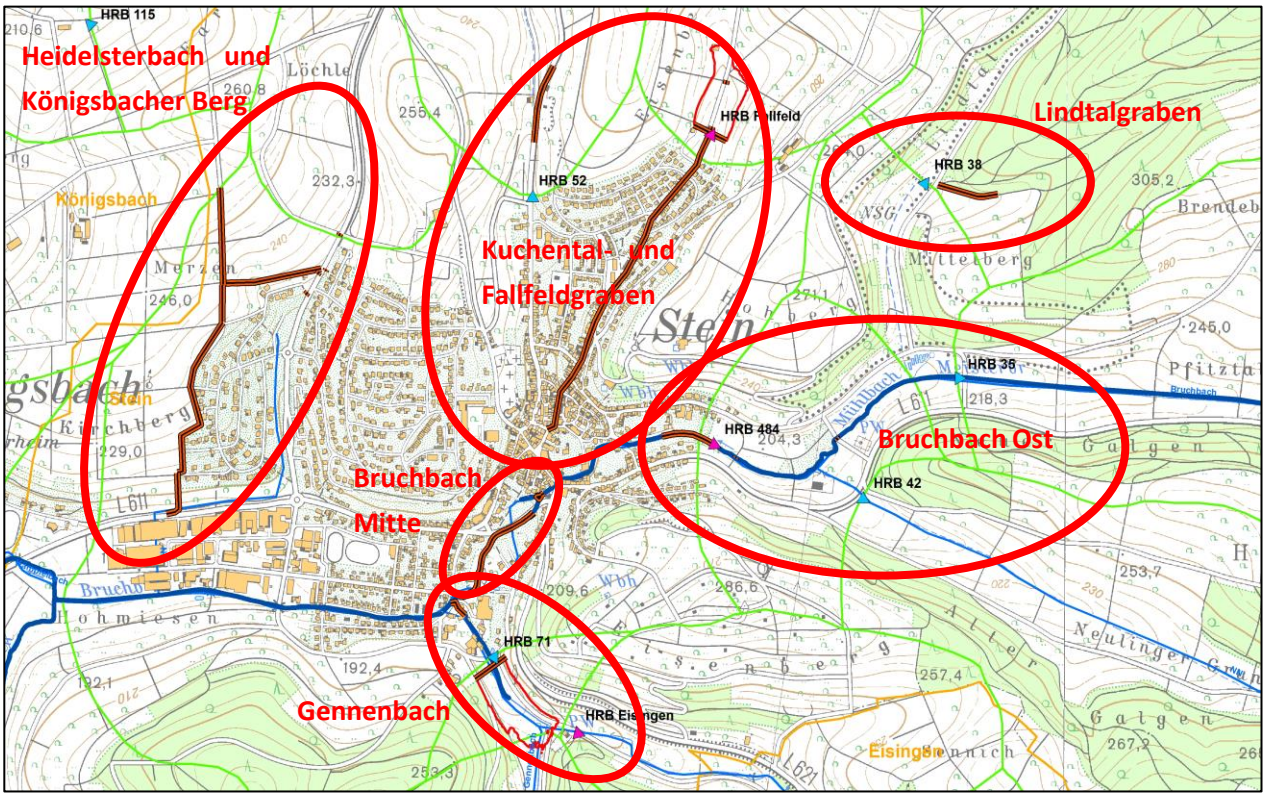

Abbildung 7.1: Teilbereiche der vorgeschlagenen HWS-Konzeption

7.4.1 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Lindtalgraben

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte eines Plan-Zustandes (favorisierte HRB-Lösung: FGM-Var. „P19“). Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Lindtalgrabens zusammengestellt.

Tabelle 7.2: HW-Abflüsse im Lindtalgraben – FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
469	Lindtalgraben, Zufluss HRB-38 Lindtal	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
470	Lindtalgraben, Abgabe HRB-38 Lindtal	0,63	0,72	0,82	0,89	0,96

Die FGM-Berechnungsergebnisse der Variante „P19“ zeigen (s. Kapitel 4.8), dass 100-jährliche HW-Ereignisse im HRB-38 Lindtal zurückgehalten werden können, ohne dass der Vollstau überschritten wird. HW-Ereignisse der Jährlichkeit T = 100aKlima können durch das HRB-38 Lindtal nicht mehr vollständig aufgenommen werden. Das Fassungsvermögen (Vollstau) des bestehenden HRB wird jedoch bei 100-jährlichen HW-Ereignissen des LF-Klimaänderung nur geringfügig überschritten. Dies zeigt die noch immer starken Drosselwirkung des HRB bei einem 100-jährlichen HW des Lastfalls Klimaänderung mit Zuflüssen von HQ_{zu} = 2,31 m³/s und Abgaben von HQ_{ab} = 0,96 m³/s.

Das abgelaufene Hochwasser vom 07.06.2016 zeigte am Beckenstandort auch Probleme bezüglich der Einleitung von Wasser aus einem Seitental ins Becken auf. Das aus dem Bereich des Heimbronner Hofes über einen Zulaufgraben auf das Becken zuströmende bordete kurz oberstrom des HRB auf den parallelen Feldweg aus, so dass das Teilwassermengen nicht mehr dem Becken zugeflossen sind. Ausserdem war der Straßendurchlass des Zulaufgrabens zum HRB bei dem HW-Ereignis vollständig verlegt, so dass kaum noch Wasser dem HRB strömen konnte. Mittels einer durchgeführten Fließweganalyse (s. Abbildung 7.3) konnte der Bereich mit unkontrolliert abfließendem Wasser (Umströmung des Beckens) identifiziert werden.

Die HWS-Maßnahme LT1 umfasst entsprechend die Ableitung des auftretenden Hangwassers aus den südlichen Ackerflächen in den Zulaufgraben. Außerdem ein Ausbau des Zulaufgrabens zum HRB-38 Lindtal. Der Ausbau des Zulaufgrabens beinhaltet hierbei auch die Installation eines räumlichen Rechens am Straßendurchlass und eines Grobrechens im Oberwasser des Straßendurchlasses.

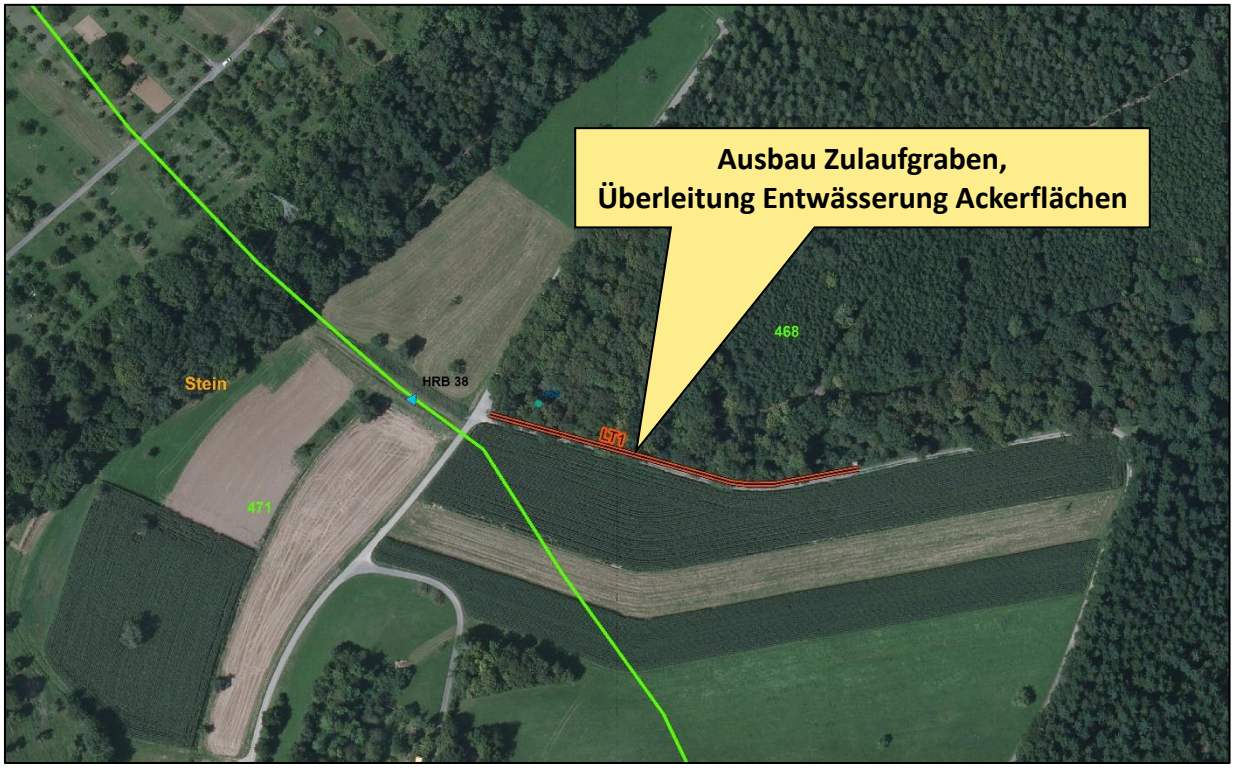

Abbildung 7.2: Lageplan HRB-38 Lindtal mit vorgeschlagener HWS-Maßnahme LT1

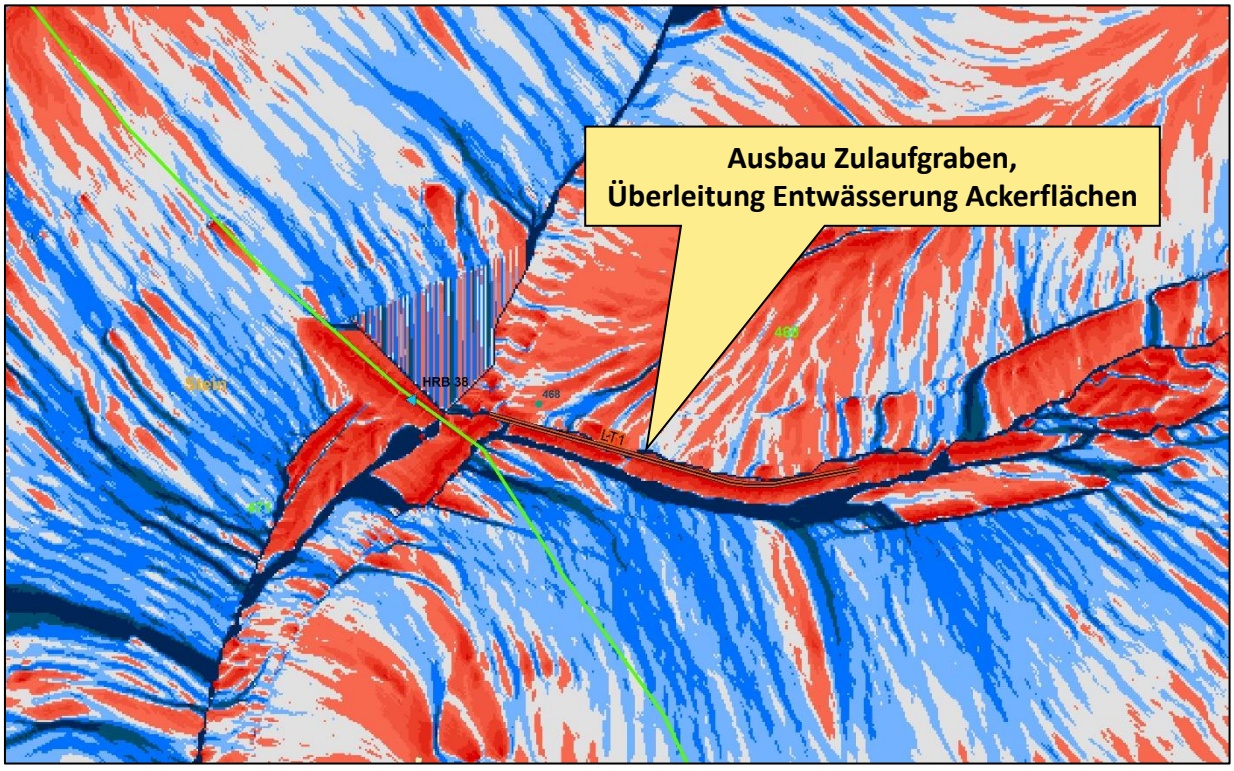

Abbildung 7.3: Fließwegberechnung Bereich Lindtal mit vorgeschlagener HWS-Maßnahme LT1

Tabelle 7.3: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a) im Teilbereich Lindtal

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
LT1	Lindtalgraben	Überleitung Niederschlagswasser aus den südlichen Ackerflächen in den Zulaufgraben zum HRB
		Ausbau des Zulaufgrabens auf ein BHQ_{100}
		Installation eines Grobrechens und eines räumlichen Rechens

Abbildung 7.4: Verklauster Straßendurchlass des Zulaufgrabens, LT1

7.4.2 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Bruchbach Ost

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte eines Plan-Zustandes (favorisierte HRB-Lösung: FGM-Var. „P19“). Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Bruchbachs zusammengestellt.

Tabelle 7.4: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
466	Bruchbach, Zufluss HRB-35 Pfitztal	6,31	7,37	8,89	10,13	11,03
467	Bruchbach, Abgabe HRB-35 Pfitztal	2,35	2,47	2,63	2,76	4,57
469	Lindtalgraben, Zufluss HRB-38 Lindtal	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
470	Lindtalgraben, Abgabe HRB-38 Lindtal	0,63	0,72	0,82	0,89	0,96
478	Neulinger Grund Graben, Zufluss HRB-42 Neulinger Grund	1,06	1,49	2,18	2,72	3,14
479	Neulinger Grund Graben, Abgabe HRB-42 Neulinger Grund	0,65	0,75	1,28	1,64	1,89
484	Bruchbach Bereich Sandgrube	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22

Die nachfolgende Überflutungskarte zeigt die durch den Bruchbach im Falle 100-jährlicher HW-Ereignisse zukünftig auftretende Überflutungen mit Berücksichtigung der noch erforderlichen lokalen HWS-Maßnahmen BB1 und BB2. Durch ein Austausch zweier Durchlässe bestehender Straßenüberfahrten von einem Durchlass der Nennweite DN1600 auf ein Rechteckprofil (Nennweite angelehnt an bestehendes Gewässerprofil) kann erreicht werden, dass hier zukünftig auch 100-jährliche HW des LF-Lima ohne Überströmung der Straße abgeführt werden können.

Durch die HWS-Maßnahme BB3 (Rückbau Wehranlage, Aufweitung) wird in Zukunft auch eine Überflutung in dem Bereich der Bebauung „In der Sandgrube“ verhindert. Im Rahmen der Planung dieser HWS-Maßnahmen bzw. einer vorgeschalteten Machbarkeitsstudie ist zu prüfen, ob die vorgeschlagene Gewässeraufweitung in diesem Umfang möglich ist. Alternativ ist der Hochwasserschutz durch eine gewässerbegleitende Verwallung herzustellen (Eindeichung).

Vorgesehen ist Im Zuge der Planung außerdem zu prüfen, ob eine Auslegung der HWS-Maßnahmen auf HW-Ereignisse der Jährlichkeit T = 100aKlima möglich ist.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass nach einer Umsetzung der vorgeschlagenen HWS-Maßnahmen zukünftig 100-jährliche HW im Bruchbach schadlos abgeführt werden können.

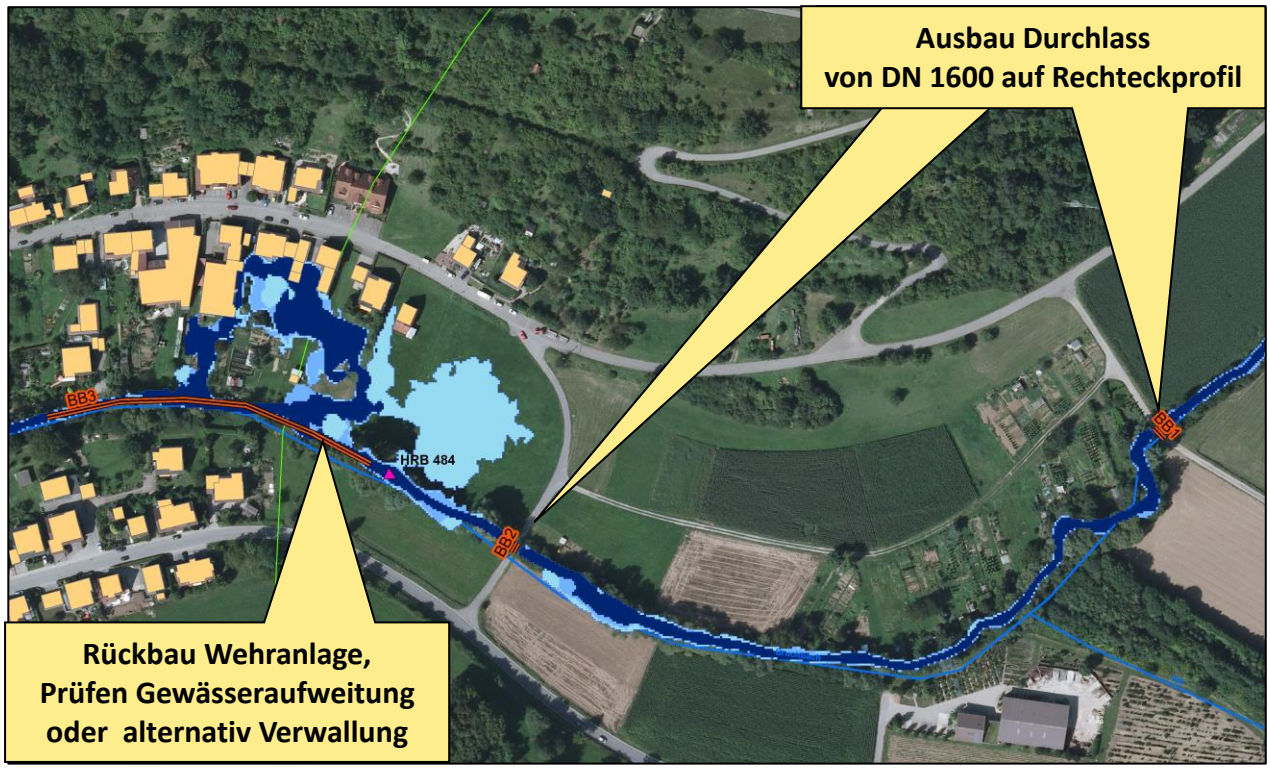

Abbildung 7.5: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Ortseingang Stein, Sandgrube

Abbildung 7.6: Vorhandener Straßendurchlass DN1600, HWS-Maßnahme BB1

Abbildung 7.7: Wehranlage im Bruchbach, HWS-Maßnahme BB3

Abbildung 7.8: Vorgeschlagene Gewässeraufweitung, HWS-Maßnahme BB3

Tabelle 7.5: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a) im Teilbereich Bruchbach Ost

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
BB1	Bruchbach	Austausch Durchlass von DN1600 in Rechteckdurchlass (Nennweite angelehnt an bestehendes Gewässerprofil)
BB2	Bruchbach	Austausch Durchlass von DN1600 in Rechteckdurchlass (Nennweite angelehnt an bestehendes Gewässerprofil)
BB3	Bruchbach	Rückbau Wehranlage, Prüfen Gewässeraufweitung, alternativ Verwallung

7.4.3 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Bruchbach Mitte

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte eines Plan-Zustandes (favorisierte HRB-Lösung: FGM-Var. „P19“). Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Bruchbachs zusammengestellt.

Tabelle 7.6: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
485	Bruchbach Auslass HRB-484(a)	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
504	Regenwasserkanal Bach-gasse	3,27	3,93	4,74	5,15	5,37
505	Verdolung Bruchbach, vor Mündung Gennenbach	3,63	4,59	5,80	6,66	7,25
562	Gennenbach, Abgabe HRB Gennenbach	3,29	5,82	9,62	12,71	15,01
563	Bruchbach, Verdolung mit Gennen-bach	6,53	9,60	13,90	16,92	19,06
587	Bruchbach, Ortsausgang Stein	6,95	10,14	14,78	18,05	20,44

Die nachfolgenden Überflutungskarten (s. Abbildung 7.9 und Abbildung 7.13) zeigen die durch den Bruchbach im Falle 100-jährlicher HW-Ereignisse des Lastfalls Klimaänderung zukünftig auftretenden Überflutungen. In den hydraulischen Berechnungen wurden die lokalen HWS-Maßnahmen BB4 bis BB6 berücksichtigt.

Bei mehreren Ortsbegehungen durch die Gemeinde und das Ingenieurbüro WALD + CORBE wurde der Zustand der vorhanden HWS-Mauer als nicht HW-Sicher eingestuft (Standsicherheit / Durchlässigkeit, s. Abbildung 7.10). Empfohlen wird eine „Ertüchtigung“ der HWS-Mauer (vorgeschlagene HWS-Maßnahme BB4).

Vor der Durchleitung des Bruchbachs unter der L611 wird im HW-Fall ein Teil des Bruchbachs über eine Sohlschwelle (s. Abbildung 7.12) in Richtung Bachgasse abgeschlagen. Wie die Bestandsanalyse (s. Kapitel 5.4) zeigt, kann der unterstromige Verdolungseinlauf lediglich Q_{max} = 1,3 m³/s aufnehmen. Vorgeschlagen wird daher ein Umbau der Sohlschwelle. Über ein Stützbauwerk (HWS-Maßnahme BB5) wird zukünftig sichergestellt, dass maximal Q_{weiter} = 1,0 m³/s in Richtung Bachgasse (unterstromige Verdolung) weitergeleitet werden.

Im Unterwasser der L611 kam es nach Berichten aus der Bevölkerung bei den abgelaufenen HW-Ereignissen (2013 und 2016) immer wieder zu kritischen Situationen am Ende des Straßendurchlasses. So trat das Gewässer in diesem Bereich beim HW 2013 beinahe über die Ufer. Seitens der Bevölkerung wird daher eine linksseitige Verlängerung der Mauer vorgeschlagen. Diese aufgrund der Historie (Beobachtungen) sinnvolle Maßnahme wurde entsprechend in die HWS-Konzeption Stein aufgenommen (HWS-Maßnahme BB6). Alternativ zur Verlängerung der Mauer wäre auch eine Verwallung auf der Seite des Rad- und Fußweges denkbar (Festlegung im Rahmen der Maßnahmenplanung).

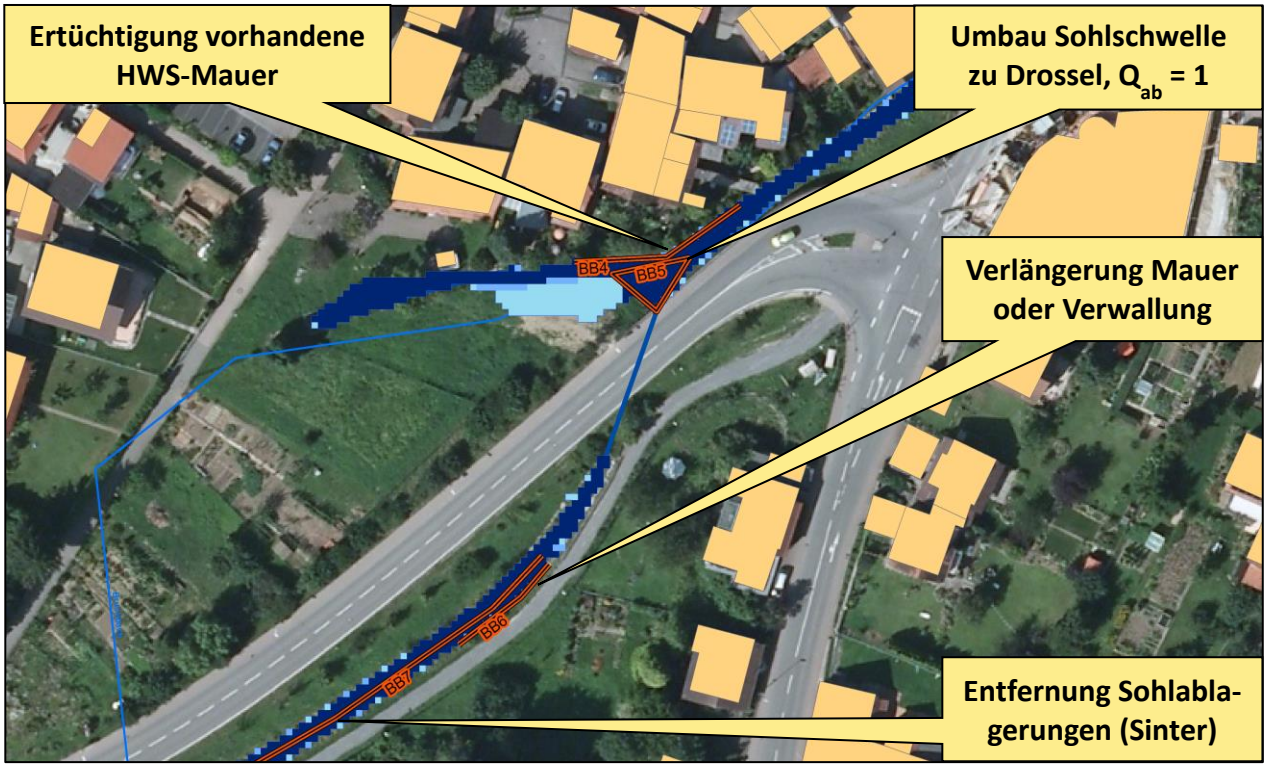

Abbildung 7.9: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Stein Zentrum, Querung L611

Abbildung 7.10: Ertüchtigung durchlässige HWS-Mauer, Maßnahme BB4

Abbildung 7.11: Verlängerung Mauer, HWS-Maßnahme BB6

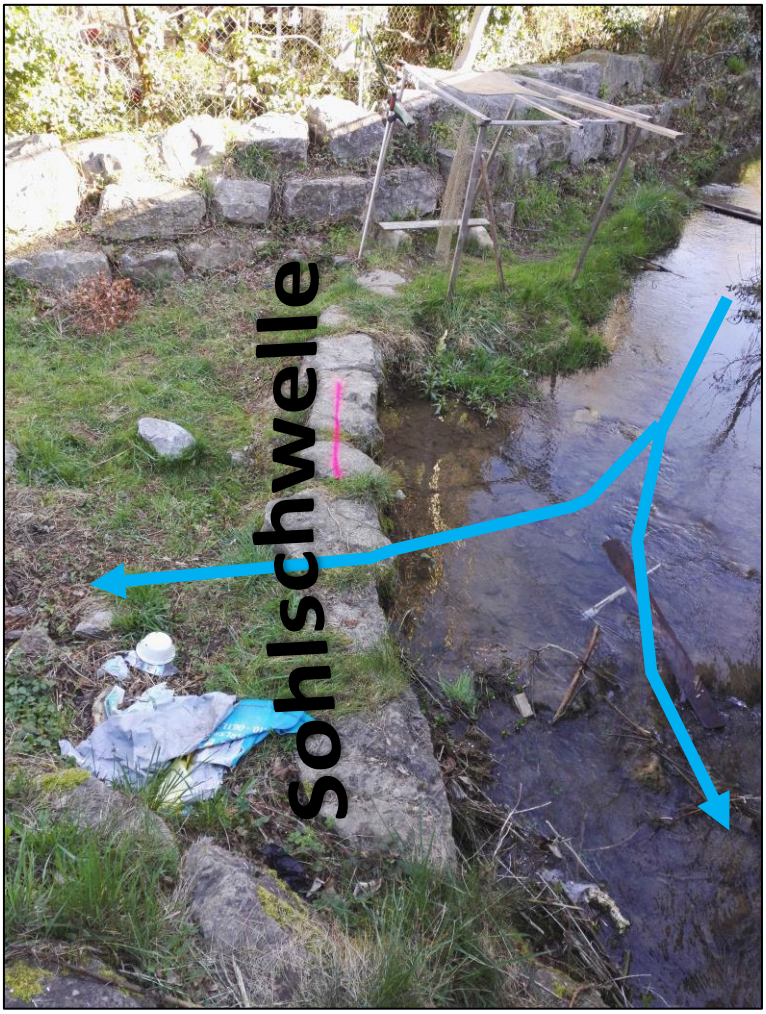

Abbildung 7.12: Umbau Sohlschwelle zu Drossel 1m³/s, HWS-Maßnahme BB5

Bei der Ortsbegehung mit der Gemeinde am 28.03.2017 wurden im weiteren Verlauf des Bruchbachs (Renaturierungsabschnitt) Sohlablagerungen (Sinter) festgestellt. Diese Ablagerungen sind auf dem gesamten Abschnitt von dem Straßendurchlass (L611) bis zum Verdolungseinlauf des Bruchbachs auf Höhe des Sägmühlweges in mehr oder weniger starker Ausprägung vorhanden. Vorgeschlagen wird hier als HWS-Maßnahmen den Plangenehmigungs-Zustand der Renaturierung wieder herzustellen (HWS-Maßnahme BB7).

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass nach einer Umsetzung der vorgeschlagenen HWS-Maßnahmen zukünftig 100-jährliche HW des Lastfalls Klimaänderung im Bruchbach schadlos abgeführt werden können.

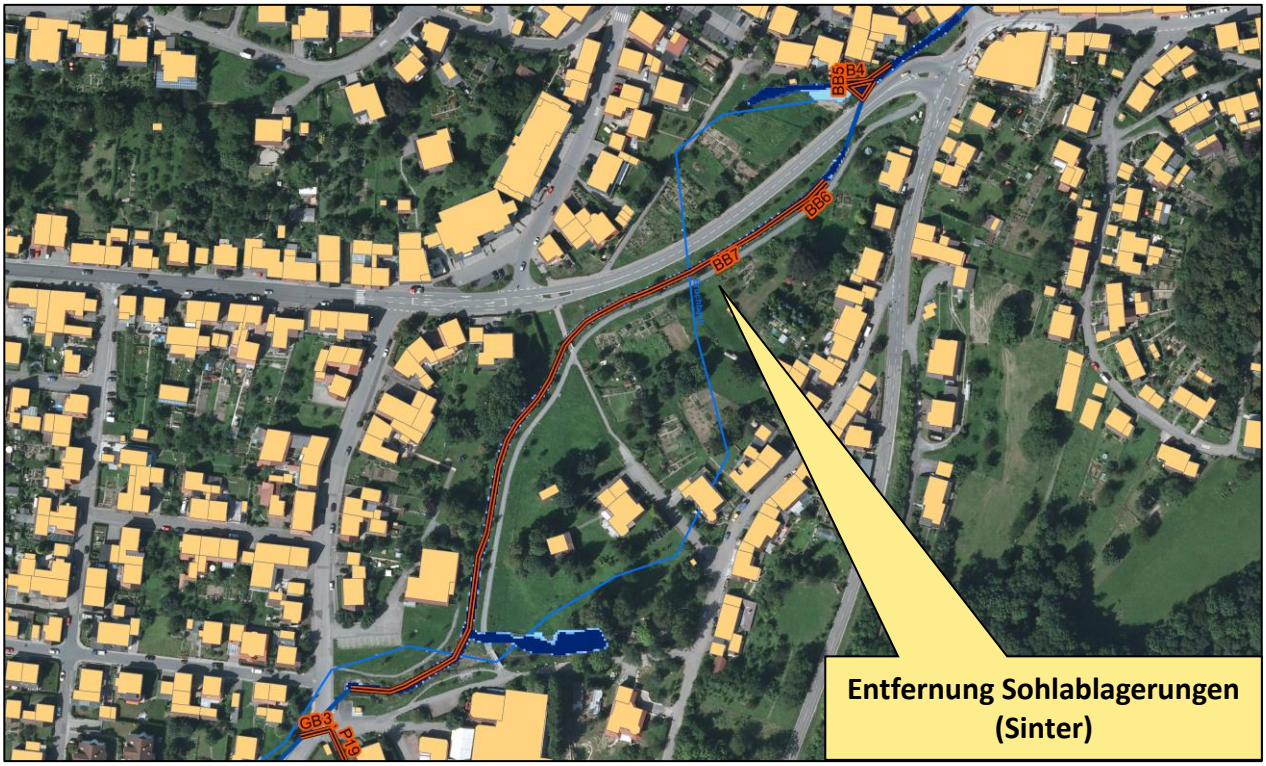

Abbildung 7.13: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Stein Zentrum, Hansenwiesenspange

Abbildung 7.14: Entfernung Sohlablagerung und Herstellung Plan-Zustand, HWS-Maßnahme BB7

Tabelle 7.7: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a,Klima) im Teilbereich Bruchbach Mitte

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
BB4	Bruchbach	Ertüchtigung der bestehende HWS-Mauer (Standsicherheit, Durchlässigkeit)
BB5	Bruchbach	Umbau Sohlschwelle (Stützbauwerk) mit max. Weiterleitung von Q_{weiter} = 1 m³/s
BB6	Bruchbach	Verlängerung Mauer, alternativ Verwallung
BB7	Bruchbach	Entfernung Sohlablagerung (Sinter), Wiederherstellung des Plangenehmigungszustandes der Renaturierung

7.4.4 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Gennenbach

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte eines Plan-Zustandes (favorisierte HRB-Lösung: FGM-Var. „P19“). Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Gennenbachs und des Eisingerbachs zusammengestellt.

Tabelle 7.8: HW-Abflüsse im Bereich Gennenbach, FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	**20a**	**50a**	**100a**	**100aKlima**
505	Verdolung Bruchbach, vor Mündung Gennenbach	3,63	4,59	5,80	6,66	7,25
552	Eisingerbach Zufluss HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
553	Eisingerbach Abgabe HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
555	Gennenbach vor Mündung Eisingerbach	1,44	2,05	2,96	3,69	4,25
561	Gennenbach, Zufluss HRB Gennenbach	12,98	13,81	14,66	16,80	17,78
562	Gennenbach, Abgabe HRB Gennenbach	3,29	5,82	9,62	12,71	15,01
563	Bruchbach, Verdolung mit Gennenbach	6,53	9,60	13,90	16,92	19,06
577	Heidelsterbach / Wagnerstraße	0,37	0,44	0,59	0,72	0,82
587	Bruchbach, Ortsausgang Stein	6,95	10,14	14,78	18,05	20,44

Die nachfolgende Überflutungskarte zeigt die durch den Gennenbach im Falle 100-jährlicher HW-Ereignisse des Lastfalls Klimaänderung zukünftig auftretenden Überflutungen. In den Berechnungen wurden der Neubau eines HRB-71 Gennenbach sowie lokale HWS-Maßnahmen (Umbau der Verdolung Gennenbach GB3) berücksichtigt.

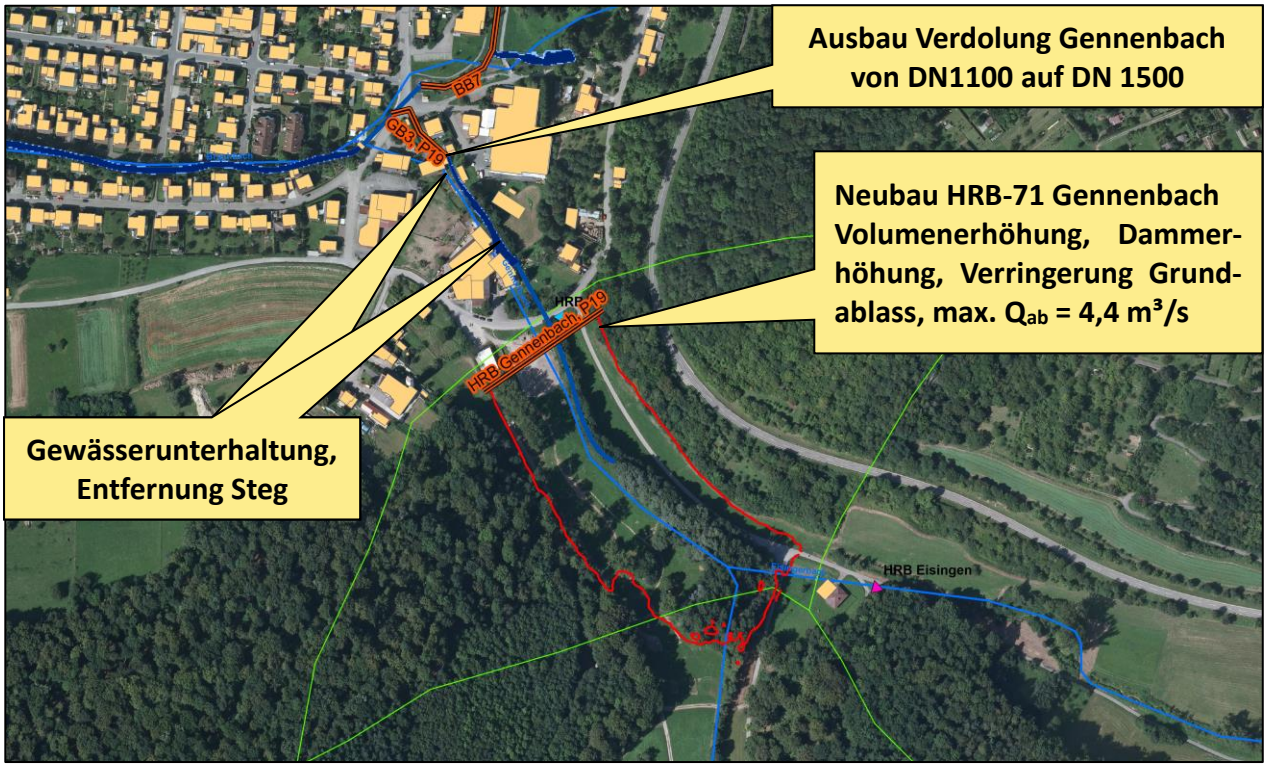

Abbildung 7.15: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Gennenbach

Als zentrale Maßnahme zur Herstellung eines ausreichenden HW-Schutzes am Gennenbach sieht die HW-Schutzkonzeption den Neubau des HRB-71 Gennenbach vor. Das bestehende HRB ist in seiner Wirkung nicht ausreichend und wird schon bei 20-jährlichen HW-Ereignissen überströmt, wodurch der Gennenbach im weiteren Verlauf die im Unterwasser gelegene Bebauung gefährdet.

Aufgrund der vorliegenden Rahmenbedingungen ist in diesem Bereich eine Verbesserung des HW-Schutzes nur durch den Neubau eines HRB-71 Gennenbach machbar. Der Neubau sieht einen deutlich höhen Damm und somit deutlich größeres Rückhaltevolumen vor. Nach Auswertungen des digitalen Geländemodells kann am vorhandenen Dammstandort ein maximales Stauvolumen von S_{ZV} = 45.400 m³ bereitgestellt werden. Die maximalen herstellbare Einstauhöhe (Vollstau) ergibt sich aus der oberstromigen Trinkwasserversorgung (Brunnen im Bereich der Stauwurzel). Die maximale Abgabemenge bei 100-jährliches HW-Ereignissen des Lastfalls Klimaänderung aus dem HRB-71 Gennenbach wurde durch Optimierungsrechnungen zu HQ_{ab} = 4,4 m³/s festgelegt. Die maximale Abgabemenge von Q_{ab} = 4,4 m³/s kann im anschließenden

offenen Gewässerabschnitt des Gennenbachs noch schadlos abgeführt werden. Vorgeschlagen wird hier lediglich den kurz oberhalb des Verdolungseinlaufs befindliche Steg über den Gennenbach zu entfernen.

Die anschließende Verdolung des Gennenbachs bis zum Bruchbach ist nicht leistungsfähig genug um die HRB-Abgabe von Q_{ab} = 4,4 m³/s abführen zu können. Vorgeschlagen wird der Austausch der gesamten Verdolungsstrecke des Gennenbachs bis zur Einmündung in die Bruchbachverdolung von einem DN1100 in ein DN1500 (HWS-Maßnahme GB3). Der Verdolungseinlauf sollte durch einen räumlichen Rechen so geschützt sein, dass mitgeführtes Geschwemmsel und Treibgut (s. **Abbildung 7.16**) zu keiner Verlegung führen kann.

Abbildung 7.16: Verdolungseinlauf Gennenbach, Verlegung des Einlaufrechens ohne HW-Abfluss vom 09.10.2008 (Quelle: Anwohner)

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass nach einer Umsetzung der vorgeschlagenen HWS-Maßnahmen zukünftig 100-jährliche HW des Lastfalls Klimaänderung im Gennenbach schadlos abgeführt werden können.

Tabelle 7.9: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a,Klima) am Gennenbach

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
HRB-71	Gennenbach	Neubau HRB-71 Gennenbach, Volumenerhöhung auf S_{zv} = 45.400 m³, HQ_{ab} = 4,4 m³/s (Vollstau)
GB3	Gennenbach	Entfernung Steg im OW Verdolungseinlauf
	Gennenbach	Austausch Verdolung von DN1100 in ein DN1500, Umbau Verdolungseinlauf (räumlicher Rechen)

7.4.5 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Fallfeldgraben

Grundlage der hydraulischen Berechnungen waren die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte. Diese sind nachfolgend für den Verdolungseinlauf (Ortseingang) des Bruchbachs zusammengestellt.

Anmerkung: Den hydraulischen Berechnungen liegen für die Auslegung von HWS-Maßnahmen die HW-Abflüsse eines Plan-Zustandes mit Berücksichtigung der optimierten HRB-Lösung „P19“ zugrunde. Im Falle des Fallfeldgrabens kann derzeit noch nicht festgelegt werden, ob ein HRB-Fallfeld erforderlich ist und welche Kenngröße (Auslegung, Abgabe, Volumen) es ggf. aufweisen sollte. In den nachfolgend hydraulischen Berechnungen (Überflutungskarten) der FGM-Var. „P19“ wurde von einem Zustand ohne ein HRB-Fallfeld (Ist-Zustand) ausgegangen.

Tabelle 7.10: HW-Abflüsse im Bereich Fallfeldgraben, FGM-Variante „P19“ (ohne ein mögliches HRB-Fallfeld)

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	**20a**	**50a**	**100a**	**100aKlima**
486	Fallfeldgraben Zulauf HRB Fallfeld	0,50	0,71	1,01	1,28	1,50

Die nachfolgende Überflutungskarte zeigt die durch den Fallfeldgraben im Falle von 10- und 100-jährlichen HW-Ereignissen derzeit (ohne ein mögliches HRB-Fallfeld) auftretenden Überflutungen. Im Oberwasser des Verdolungseinlaufes des Fallfeldgrabens kommt es an den Wegedurchlässen ab 10-jährlichen HW-Ereignissen zu Ausbordungen. Der Abfluss wird im Falle größere HW an den drei Wegedurchlässen (DN400) aufgestaut, bordet aus und fließt dann der Fallfeldstraße in Richtung Alte Brettener Straße ab. Ein Teil des HW-Abflusses des Fallfeldgrabens wird dadurch nicht mehr dem Verdolungseinlauf (Mischwassernetz) zufließen. Dieser weist im Einlaufbereich eine relativ große Leistungsfähigkeit auf und könnte ein ca. 50-jährliches HW-Ereignis aufzunehmen. Vorgeschlagen wird daher eine Vergrößerung (FF1 – FF3) der drei

Wegedurchlässe (DN600, T=20a). Dadurch kann erreicht werden, dass bis zu einem 50-jährlichen HW-Ereignis die Gesamtwassermenge des Fallfeldgrabens dem Verdolungseinlauf (Mischwasser) zugeführt wird.

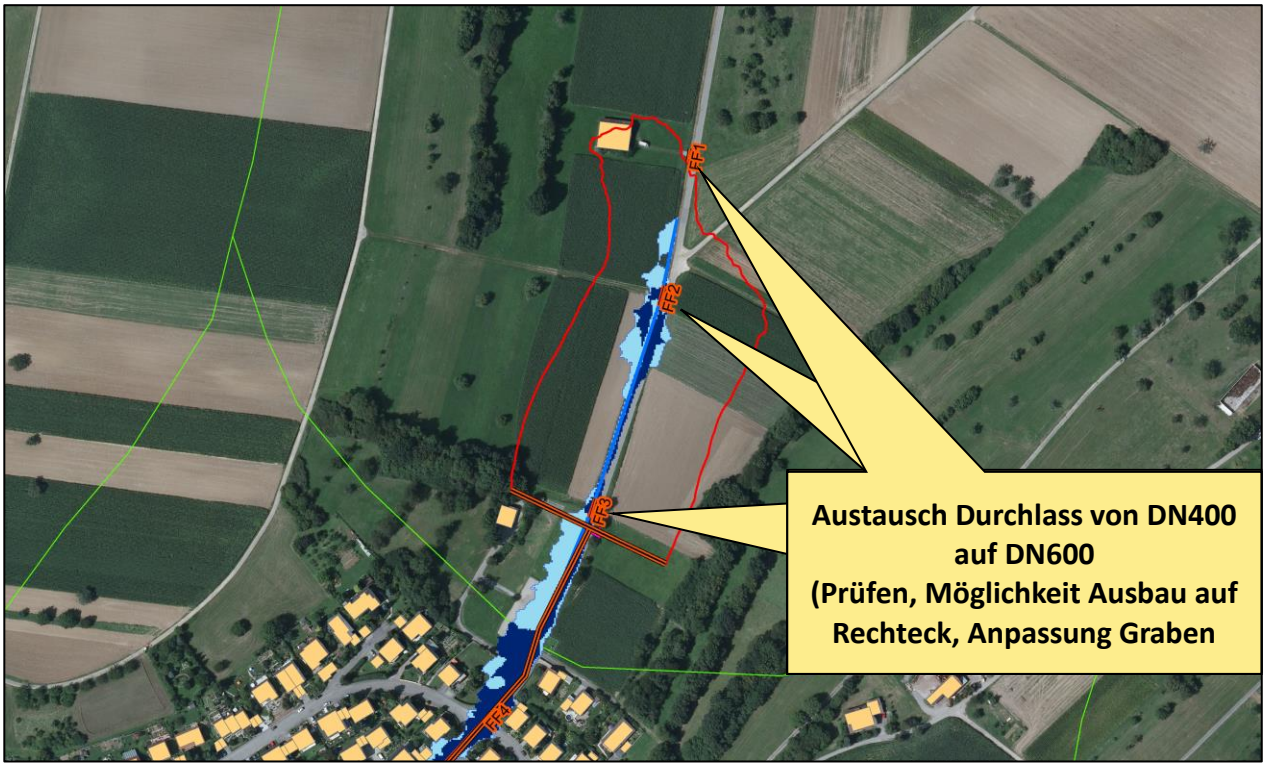

Abbildung 7.17: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen Fallfeld (vor der Ortslage)

Der Fallfeldgraben wird derzeit am Ortseingang in das Mischwassernetz von Stein eingeleitet. Innerörtliche Regenentwässerungen sind i.d.R. auf lediglich 2- bis 5-jährliche Ereignisse ausgelegt. Entsprechend ist auch im Falle des Fallfeldgrabens (Regenwassersammler) derzeit bereits im Falle mittlerer HW mit innerörtlichen Überlastungen infolge hoher Zuflüsse aus dem Fallgeldgraben zu rechnen (Überlastung ab ca. T=10a).

Das Einzugsgebiet des Fallfeldgrabens weist am Ortseingang (Verdolungseinlauf) eine Fläche von A_E = 1,15km^2 auf. Entsprechend groß sind auch die im HW-Fall auf die Ortslage zufließenden Wassermengen (s. HW 2016). So ist z.B. im Falle 100-jährlicher HW des LF-Klimaänderung aus dem Gebiet mit Zuflusswassermengen von HQ100,K = 1,5 m^2/s zu rechen. Diese können im Überlastungsfall in Stein zu großen innerörtlichen Überflutungen führen. Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass solch große Einzugsgebiete zu nicht gewünschten hohen Fremdwasserzuflüssen auf die Kläranalage führen.

Vorgeschlagen wird als HW-Schutzmaßnahme (und Entlastung der KLA) der Neubau einer Bachverdolung. Der Zufluss aus dem Fallfeldgraben soll über eine eigene Bachdole zum Bruchbach abgeleitet werden. Derzeit kann allerdings nicht ermittelt werden, wie groß die Leistungsfähigkeit der Bachverdolung sein wird (Herstellung mit vertretbarem Aufwand). Ggf. ist diese um eine Rückhaltemaßnahme HRB-Fallfeld vor der

Ortslage zu ergänzen. Als nächster Bearbeitungsschritt ist daher eine Machbarkeitsstudie vorgesehen, in deren Rahmen HW-Schutzlösungen (Bachverdolung, HRB) optimiert werden sollen. So kann erst auf der Grundlage ergänzender Informationen (Leitungserkundung, Platz, Eigentumsverhältnisse, Kostenschätzung, …) festgelegt werden, welche Bachgeometrie (Verdolung) innerorts maximal machbar ist. Außerdem ist im Rahmen der Machbarkeitsstudie der HW-Schutzgrad auf der Basis von Kostenoptimierungen festzulegen. Bei der Entwicklung eines Lösungsvorschlages für den Fallfeldgraben sollte dabei auch berücksichtigt werden, dass sich dadurch die Abflussverhältnisse für die Unterlieger am Bruchbach nicht verschlechtern dürfen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sollte auch geprüft werden, ob zumindest Teile der Konzeption als HWS-Maßnahmen durch das Land gefördert werden können.

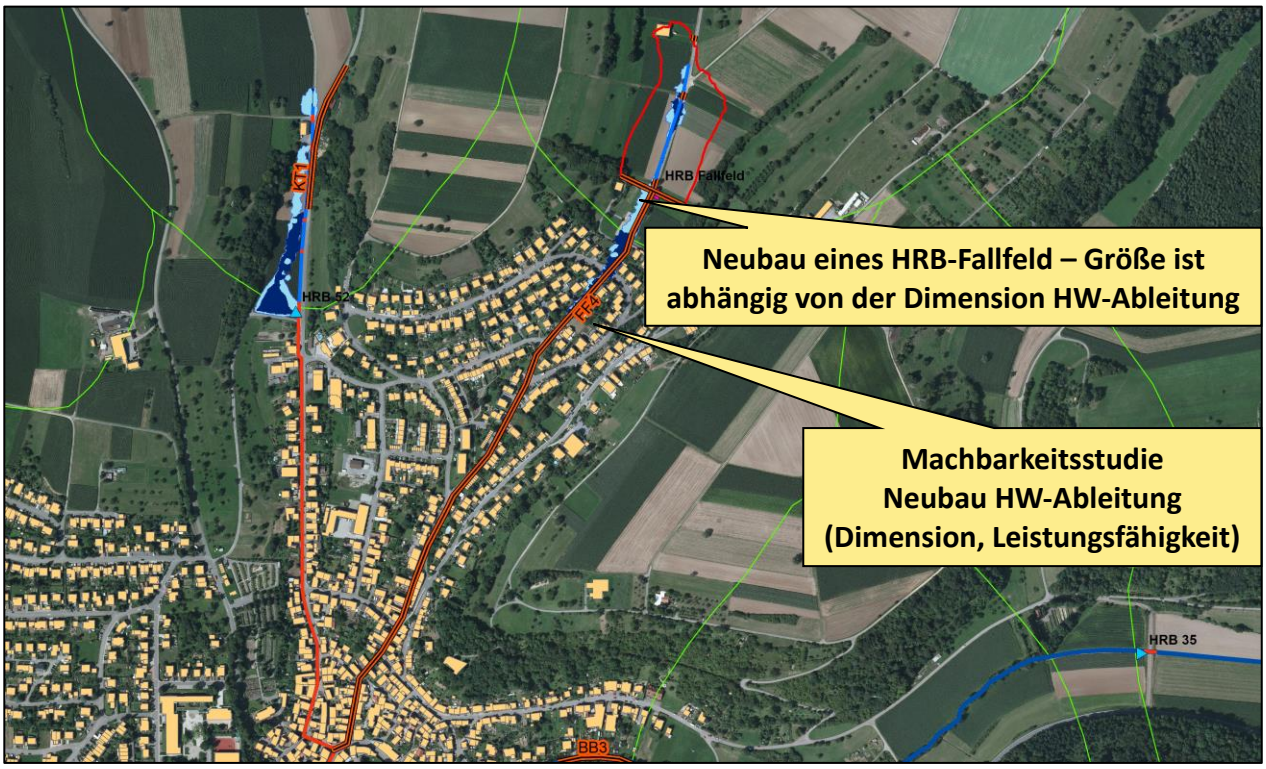

Abbildung 7.18: Mögliche HWS-Maßnahmen Fallfeld, Machbarkeitsstudie HRB Fallfeld und HW-Ableitung

Vorgeschlagen wird in einem ersten Schritt der zeitnah machbare Austausch der 3 Wegdurchlässe (FF1 – FF3). Dadurch kann bereits eine deutliche Verbessrung des HW-Schutzes erreicht werden. Die Ausarbeitung eines optimierten Lösungskonzeptes für die Maßnahmen „HRB-Fallfeld, FF4: Neubau Bachverdolung“ ist im Rahmen einer späteren Machbarkeitsstudie vorgesehen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass sich die Überflutungssituation im Zentrum von Stein durch den Austausch der 3 Wegdurchlässe nicht (nennenswert) verschlechtern wird. Zu berücksichtigen ist dabei, dass da der Anteil des Abflusses, der durch die Maßnahmen der Mischwasserkanalisation zugeführt wird, zukünftig nicht mehr zum Oberflächenab-

fluss beiträgt. Eine genaue Berechnung des Einflusses der Maßnahme auf die innerörtlichen Abflussverhältnisse wäre nur über durch eine extrem aufwändige gekoppelte hydraulische Modellierung (Kanalnetzberechnung, Berechnung mit dem 2D-Strömungmodell) möglich.

Abbildung 7.19: Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600, HWS-Maßnahmen FF1 – FF3

Tabelle 7.11: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen (T = 20a – 100a,Klima) am Fallfeldgraben

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
FF1	Fallfeldgraben	Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600
FF2	Fallfeldgraben	Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600
FF3	Fallfeldgraben	Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600
FF4	Verdolung	Neubau Ableitung HRB Fallfeld (Ausblick: Machbarkeitsstudie)
HRB Fallfeld	Fallfeldgraben	Neubau HRB Fallfeld (Ausblick: Machbarkeitsstudie)

7.4.6 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Kuchentalgraben

Grundlage der hydraulischen Berechnungen sind die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte eines Plan-Zustandes (favorisierte HRB-Lösung: FGM-Var. „P19“). Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Bruchbachs zusammengestellt.

Tabelle 7.12: HW-Abflüsse, im Bereich Kuchentalgraben, FGM-Variante „P19“ (vorgeschlagene HWS-Lösung)

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	**20a**	**50a**	**100a**	**100aKlima**
489	Kuchentalgraben Zufluss HRB-52 Kuchental	0,38	0,54	0,77	0,98	1,13
490	Kuchentalgraben Abgabe HRB-52 Kuchental	0,21	0,34	0,42	0,46	0,73

Die nachfolgende Überflutungskarte (s. Abbildung 7.20) zeigt die durch den Kuchentalgraben im Falle 10- und 100-jährlicher HW-Ereignisse zukünftig (nach Umsetzung der vorgeschlagenen HWS-Maßnahmen) auftretenden Überflutungen.

Aus der Bestandsanalyse (s. Kapitel 5.3) ergab sich zunächst kein zwingender Handlungsbedarf. Nach den hydrologisch-hydraulischen Berechnungen liegt derzeit bereits ein 100-jährlichen HW-Schutz vor.

Aufgrund der Erkenntnisse aus mehreren Ortsbegehungen des Ingenieurbüros WALD + CORBE mit der Gemeinde nach dem HW-Ereignis vom 01.06.2016 und der Auswertung von Augenzeugenberichten zu den HW-Ereignissen 2013 und 2016 liegen jedoch Informationen zu Schwachstellen vor, die beseitigt werden

sollten. So kam es bei abgelaufenen HW-Ereignissen zu Ausbordungen auf die grabenparallele Straße. Das auf der Straße abfließende Wasser floss nicht mehr zur Gänze dem HRB-Kuchental zu.

Vorgeschlagen wird im Rahmen der Planung zu prüfen, ob das Wasser aus Außengebieten im Oberlauf des Beckens dem Kuchentalgraben zuströmen kann. Falls dies nicht möglich ist sollte eine Verbesserung der Anbindung der Zuflusswege dieser Außengebiete an den Kuchentalgraben erfolgen. Durch die nach den HW-Ereignissen 2016 errichteten rechtsseitigen Ufersenken entlang der Straße soll sichergestellt werden, dass das im Kuchentalgraben abfließende Wasser besser dem HRB zugeführt wird. Im Rahmen der Planung ist zu prüfen, ob diese Maßnahmen ausreichen. Ggf. sollte eine Ertüchtigung (Optimierung) der Maßnahmen erfolgen.

Anmerkung: Sollten zukünftig Veränderungen an der innerörtlichen HW-Ableitung (Mischwasserkanalisation) oder an der Hochwasserentlastungsanlage des HRB-Kuchental erfolgen, so ist zu prüfen, ob eine Anpassung der HRB-Abgabe oder eine Vergrößerung des Rückhaltevolumen notwendig ist, um weiterhin HW-Ereignisse der Jährlichkeit T = 100aKlima beherrschen zu können.

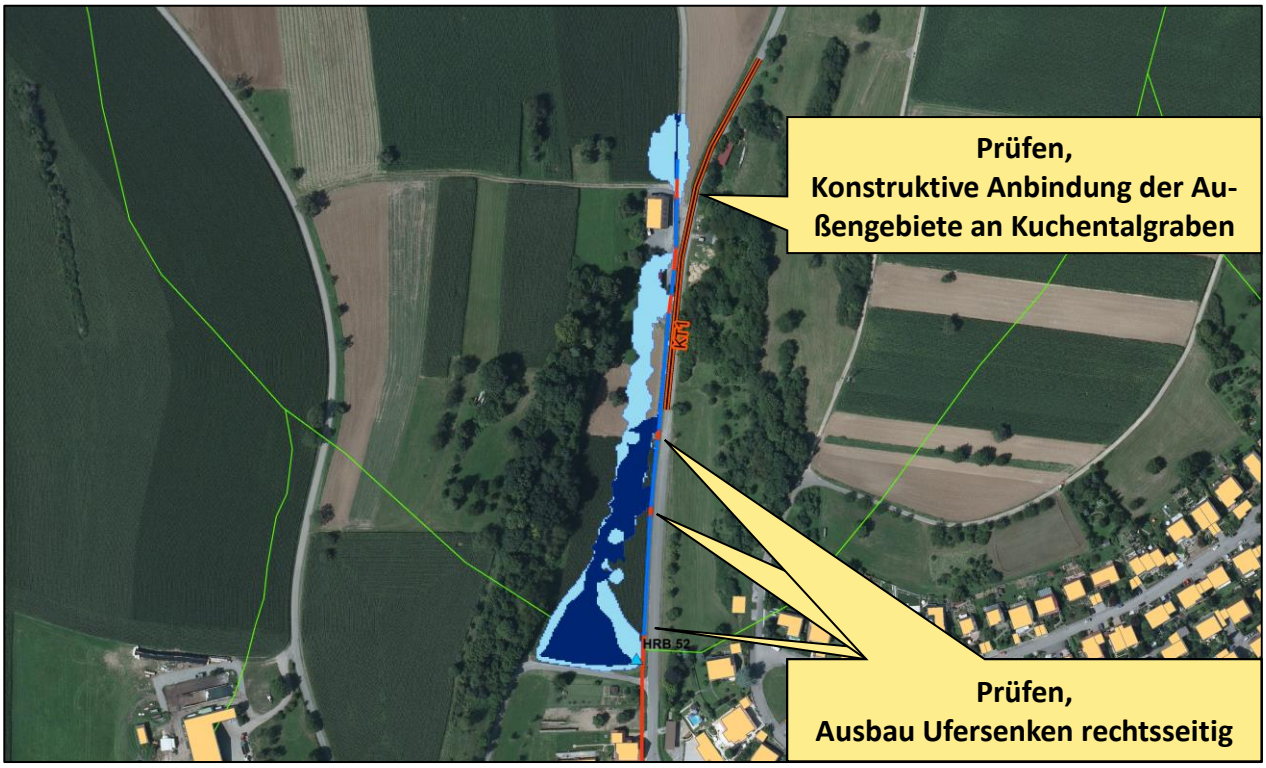

Abbildung 7.20: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Kuchentalgraben

Tabelle 7.13: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a) am Kuchentalgraben

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
KT1	Kuchentalgraben	Prüfen konstruktive Anbindung von Außengebieten und Ausbau Ufersenken rechtsseitig

7.4.7 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Wagnerstraße (Heidelsterbach)

Im Rahmen der Planung/Umsetzung des Neubaugebietes Finkenweg wurde das Gewässer Heidelsterbach im Bereich des Neubaugebietes ausgebaut. Die Auslegung des Heidelsterbachs erfolgte dabei auf eine „kombinierte Jährlichkeitseinstufung“. Die Bemessung des Heidelsterbaches erfolgt auf 100-jährliche (LF-Klima) Zuflüsse aus dem oberstromigen natürlichen Einzugsgebiet und auf 10-jährliche Zuflüsse aus dem Neubaugebiet (s. WALD+CORBE, 2011). Der Heidelsterbach weist im Bereich des Neubaugebietes damit eine ausreichende Leistungsfähigkeit auf.

Grundlage der hydraulischen Berechnungen waren die mit dem FGM ermittelten HQ_T-Werte eines Plan-Zustandes (favorisierte HRB-Lösung: FGM-Var. „P19“). Diese sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des Heidelsterbachs zusammengestellt.

Tabelle 7.14: HW-Abflüsse im Bereich Heidelsterbach– FGM-Variante „P19“ (vorgeschl. HWS-Lösung)

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	**20a**	**50a**	**100a**	**100aKlima**
577	Heidelsterbach / Wagnerstraße	0,37	0,44	0,59	0,72	0,82

Die im Rahmen der FGU-Stein erfolgten hydraulischen Berechnungen mit Bestandsanalysen und der Ausarbeitung einer HWS-Konzeption konzentrieren sich am Heidelsterbach daher auf den oberstromigen Gewässerabschnitt (Ortseingang bis in etwa Höhe des Kreisels an der Wagnerstraße/Am Königsbacher Berg).

Wie in Kapitel 5.2 beschrieben ist im derzeitigen Ausbauzustand ab ca. 10-jährlichen HW-Ereignissen mit einer Überlastung des bestehenden Grabensystems zu rechnen. Die beim HW 2016 am stärksten betroffenen Gebäude an der Wagnerstraße haben sich zwischenzeitlich durch die Errichtung einer Mauer geschützt. Die entwickelte HWS-Konzeption kann sich somit auf die Aufgabe beschränken, das ggf. oberflächlich auf der Straße abfließende Wasser im Unterwasser des Kreisels Wagnerstraße wieder dem vorhandenen Grabensystem (im NBG ausgebauter Heidelsterbach) zuzuführen.

Die nachfolgende Überflutungskarte zeigt die durch den Heidelsterbach im Falle 100-jährlicher HW-Ereignisse des Lastfalls Klimaänderung zukünftig auftretenden Überflutungen. In den Berechnungen wurden die hier vorgeschlagenen lokalen HWS-Maßnahmen WS1 – WS4 berücksichtigt.

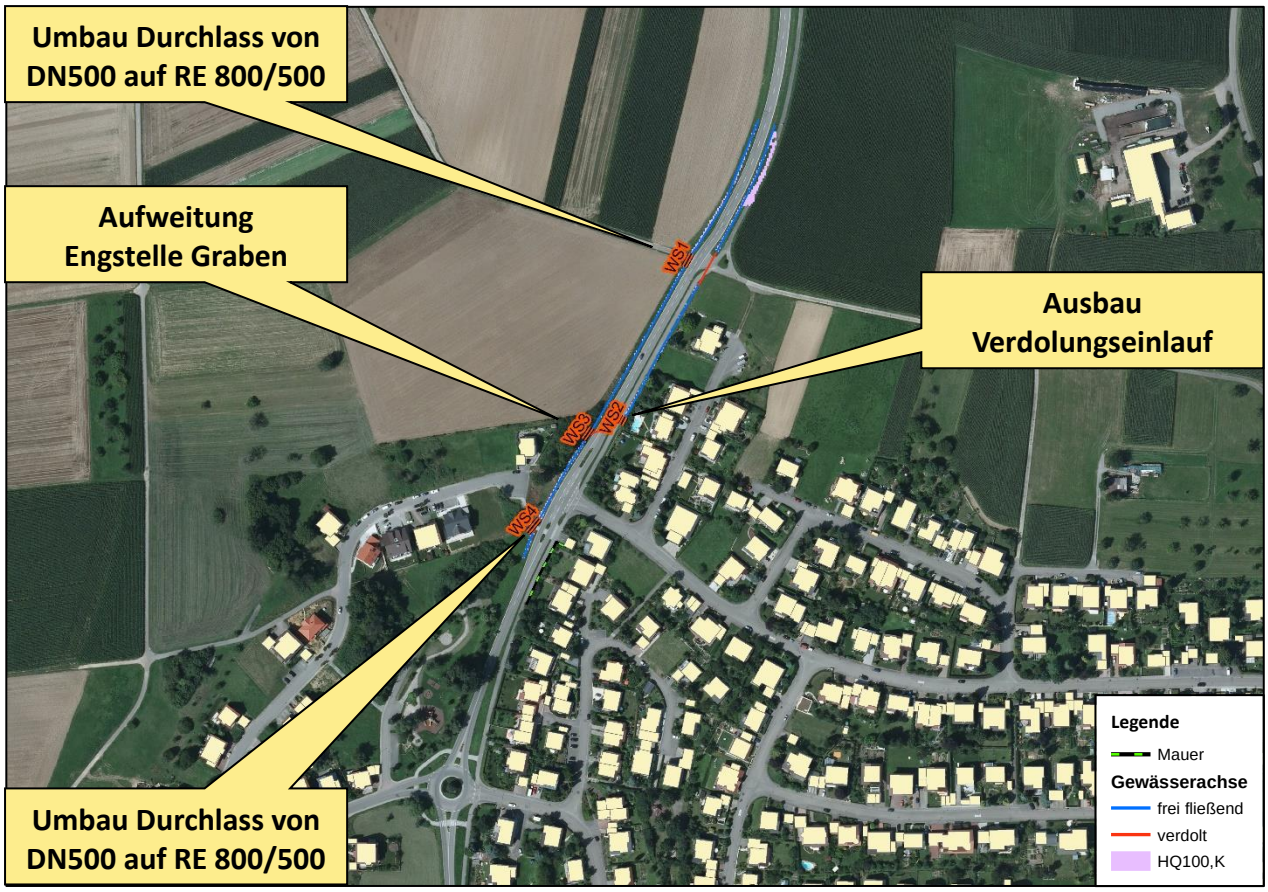

Abbildung 7.21: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Heidelsterbach

Vorgeschlagen werden als HWS-Maßnahmen die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Heidelsterbaches durch Vergrößerung von 2 Wegdurchlässen (WS1, WS4) und der Aufweitung einer Engstelle im Gewässer im Bereich des linksseitigen Gewässerzuflusses (WS3). Die Aufweitung sollte in Anlehnung an die unterstrom im Rahmen der Neubebauung erfolgte Dimensionierung des Heidelsterbaches (WALD+CORBE, 2011) erfolgen.

Ein Teil des im Einzugsgebiet fallenden Niederschlages wird im Ortseingangsbereich über einen linksseitigen straßenparallelen Graben abgeführt. Vorgeschlagen wird als weitere HWS-Maßnahme den sehr leistungsschwachen und stark verlegungsgefährdeten Verdolungseinlauf auszubauen und an den bestehenden Straßendurchlass anzubinden (WS2).

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass nach einer Umsetzung der vorgeschlagenen HWS-Maßnahmen zukünftig 100-jährliche HW des Lastfalls Klimaänderung im Heidelsterbach (Grabensystem) abgeführt werden können.

Tabelle 7.15: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100a,Klima) am Heidelsterbach

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
WS1	Heidelsterbach	Umbau Durchlass von DN500 auf Rechteck 800/500
WS2	Heidelsterbach	Ausbau Verdolungseinlauf
WS3	Heidelsterbach	Aufweitung Engstelle Heidelsterbach
WS4	Heidelsterbach	Umbau Durchlass von DN500 auf Rechteck 800/500

7.4.8 Ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen – Königsbacher Berg / Falkenweg / Bussardweg, Hangwasser

Bei den beiden Starkregenereignissen vom 07.06.2016 und 25.06.2016 kam es im Bereich des Königsbacher Berges und des weiter südlich gelegenen Falkenwegs bzw. Bussardwegs zu Überflutungen durch wild abfließendes Wasser (Hangwasser). Bei den beiden Starkregenereignissen kam es laut Augenzeugenberichten zu massiven Erosionsproblemen in den angrenzenden Ackerflächen. Dies führte zu Verlegungen und Verschlammungserscheinungen in den unterstromigen Entwässerungssystemen. Diese Entwässerungssysteme waren im Rahmen der Erschließung des Königsbacher Berges auf ein 100-jährliches HW-Ereignis des Lastfalls Klimaänderung ausgelegt worden. Die massiven Materialeinträge führten jedoch zum teilweise Versagen dieser Entwässerungssysteme (s. a. Abbildung 7.22 und Abbildung 7.23).

In Absprache mit der Gemeinde Königsbach-Stein und dem LRA Enzkreis sollte diese Hangwasserproblematik ebenfalls in diese Untersuchung mit aufgenommen und eine HWS-Konzeption entwickelt werden.

Abbildung 7.22: Materialabtrag (Erde und Geschwemmsel) beim HW 07.06.2016, Königsbacher Berg

Abbildung 7.23: Freigeräumter Einlauf am Königsbacher Berg, massiver Materialeintrag aus angrenzender Ackerfläche, HW 25.06.2016 (Quelle: Gemeinde)

FGM-Detailmodell Königsbacher Berg

Zur möglichst genauen Nachbildung der Fließwege und Abflussvorgänge wurde ein separates, kleinräumiges FGM-Detailmodell für diesen Teilbereich aufgebaut und angepasst. In diesem FGM-Detailmodell werden die Abflusswege und Teilflächen räumlich hochaufgelöst nachgebildet. Die Teileinzugsgebiete des FGM-Detailmodells wurden über DGM-Auswertungen und Begehungen an die topographischen Verhältnisse und Fließwege angepasst. Im FGM-Detailmodell wird ebenfalls in sehr detaillierter Form das bestehende Entwässerungsnetz erfasst. Die Abbildung 7.24 zeigt in Form einer Übersicht die räumliche Gliederung im FGM-Detailmodell in Teileinzugsgebiete, die Abbildung 7.25 in Form einer Systemskizze die Struktur des FGM-Detailmodells.

Abbildung 7.24: Räumliche Gliederung des FGM-Detailmodells Königsbacher Berg

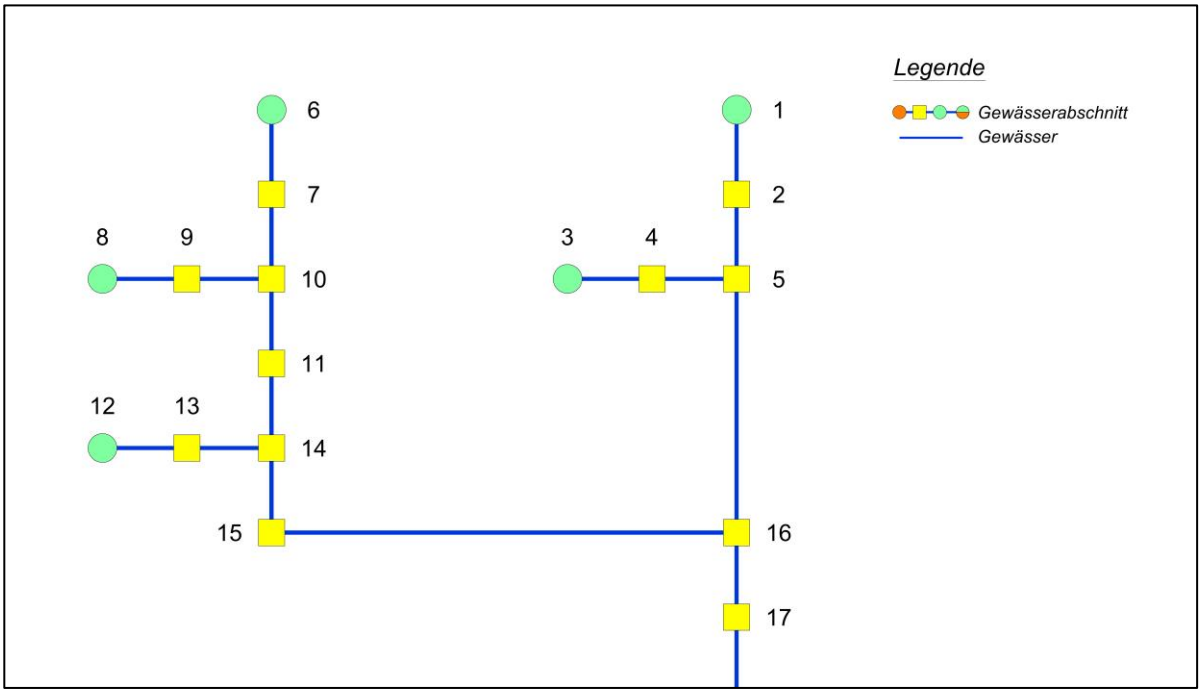

Abbildung 7.25: Systemskizze des FGM-Detailmodells Königsbacher Berg

HWS-Konzeption Königsbacher Berg

Beim HW-Ereignis vom 25.6.2016 lag die Niederschlagszelle gegenüber dem HW-Ereignis vom 07.06.2016 weiter westlich in Richtung Ortsrand (BG Finkenweg, Falken- und Bussardweg). Es hat sich außerdem um ein noch lokaleres Niederschlagsereignis gehandelt. Dadurch waren keine größeren Gewässer durch HW betroffen. Auf eine aufwändige Nachrechnung (Hydrologie, Hydraulik) des sehr lokalen Starkregenereignisses bzw. die Auswertung radargemessener Niederschläge wurde verzichtet. Für den westlichen Ortsrand (BG Finkenweg, Falken- und Bussardweg) wurden aufbauend auf den am 25.06.2016 gemachten Erfahrungen, den Fließwegkarten und den mit dem hydrologischen FGM-Detailmodell ermittelten Wassermengen Empfehlungen für mögliche HW-Schutzlösungen ausgearbeitet.

Schäden entstanden beim HW-Ereignis vom 25.6.2016 im Bereich Königsbacher Berg aufgrund hoher Zuflüsse aus den an die Bebauung angrenzenden Außengebietsflächen (Hangflächen) und den daraus resultierenden Überlastungen von Verdolungseinläufen. Bei solchen Starkregenereignissen kommt es an den Verdolungseinläufen häufig auch zu (Teil-) Verlegungen.

Die mit dem FGM Detailmodell ermittelten HQ_T-Werte des Ist-Zustandes (FGM-Var. „I0“) sind nachfolgend für ausgewählte Gewässerstellen des FGM-Detailmodells Königsbacher Berg zusammengestellt.

Tabelle 7.16: Aufgetretene HW-Abflüsse, FGM-Detailmodell Königsbacher Berg – FGM-Variante „I0“

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
1	TEZG 1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07
3	TEZG 3	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07
5	Zufluss zu Heidelsterbach (Wagnerstraße)	0,05	0,06	0,10	0,12	0,15
6	TEZG 6	0,04	0,06	0,09	0,12	0,14
8	TEZG 8	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04
10	Zufluss zu Heidelsterbach (Königsbacher Straße)	0,06	0,08	0,12	0,15	0,18
12	TEZG 12	0,05	0,07	0,10	0,13	0,15
14	Gesamtabfluss Hangwasser	0,10	0,15	0,21	0,28	0,32

Anmerkung: Im Bereich des Falkenwegs und des Bussardwegs sind keine Entwässerungssysteme wie im Bereich des BG Finkenweg vorhanden.

Zur Verhinderung von Überflutungen des Bereichs am Königsbacher Berg wurde ein ganzheitliches HWS-Konzept entwickelt. Dieses sieht die Ableitung des Hangwassers an zwei Einleitungspunkten in den Heidelsterbach vor. Vorgeschlagen wird das im Starkregenfall anfallende Niederschlagswasser aus den Teileinzugsgebieten 1 und 3 über den Aus- und Neubau eines Ableitungsgrabens (KB5, KB6) in Richtung Wagnerstraße abzuschlagen. Das aus den Teileinzugsgebieten 6 und 8 anfallende Wasser kann über ein neu zu

bauendes Grabensystem (KB1 – KB4) dem Heidelsterbach entlang der Königsbacher Straße zugeführt werden. Diese ergänzenden Hangwassermaßnahmen tragen zur Verbesserung der HW-Situation am Heidelsterbach im Bereich der Wagnerstraße bei, da Teile des Einzugsgebietes nicht mehr wie derzeit über das BG Finkenweg dem Heidelsterbach zugeführt werden. Die Zuflüsse aus dieser Teilfläche werden dem Heidelsterbach erst wieder auf Höhe der Königsbacher Straße zugeführt.

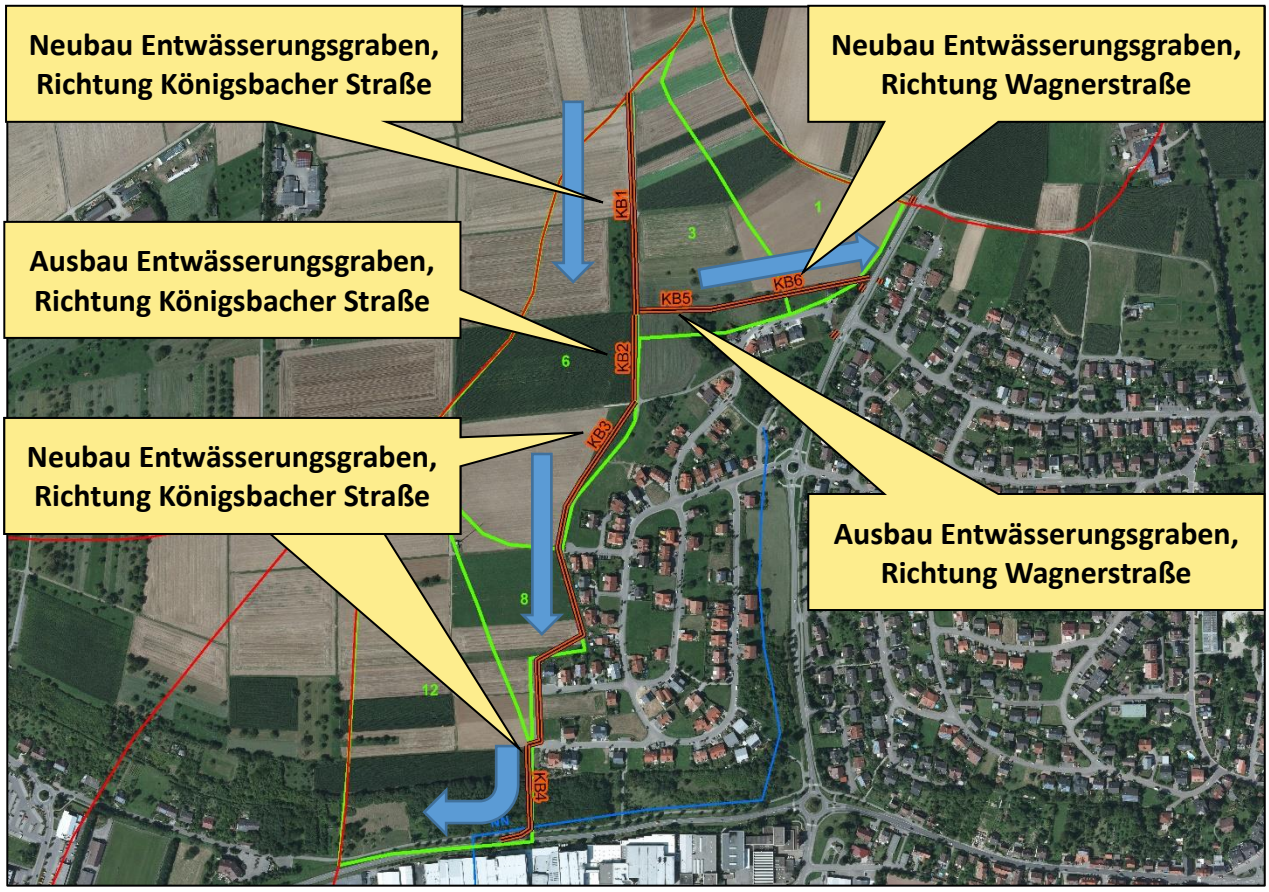

Abbildung 7.26: Vorgeschlagene HWS-Maßnahmen Detailmodell Königsbacher Berg

Tabelle 7.17: Vorgeschlagene lokale HWS-Maßnahmen (T = 100aKlima), Königsbacher Berg

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
KB1	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben
KB2	Hangwasser	Ausbau bestehender Entwässerungsgraben
KB3	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben
KB4	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben
KB5	Hangwasser	Ausbau bestehender Entwässerungsgraben
KB6	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben

7.5 Vorgeschlagene HW-Schutzkonzeption Stein - Zusammenfassung

Nach einer Umsetzung der für Stein vorgeschlagenen HW-Schutzmaßnahmen können innerorts 100-jährliche HW schadlos abgeführt werden. Die HW-Schutzkonzeption setzt sich aus HRB-Lösungen (Neubau eines Beckens) und ergänzenden lokalen HW-Schutzmaßnahmen zusammen. In Teilen wurde die vorgeschlagene HWS-Konzeption auch auf 100-jährliche HW des Lastfalls Klimaänderung ausgelegt. Generell sollte im Rahmen der Umsetzung (Planung) der vorgeschlagenen HWS-Maßnahmen geprüft werden ob eine Auslegung der Maßnahmen auf einen 100-jährlichen Schutzgrad des Lastfalls Klimaänderung technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Nachfolgend sind alle vorgeschlagenen Maßnahmen nochmals tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 7.18: Vorgeschlagene HW-Schutzkonzeption Stein

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
LT1	Lindtalgraben	Überleitung Niederschlagswasser aus den südlichen Ackerflächen in den Zulaufgraben zum HRB
		Ausbau des Zulaufgrabens auf ein BHQ_{100}
		Installation eines Grobrechens und eines räumlichen Rechens
BB1	Bruchbach	Ausbau Durchlass von DN1600 auf Rechteck
BB2	Bruchbach	Ausbau Durchlass von DN1600 auf Rechteck
BB3	Bruchbach	Rückbau Wehranlage, Prüfen Gewässeraufweitung, alternativ Verwallung
BB4	Bruchbach	Ertüchtigung bestehende, durchlässige HWS-Mauer
BB5	Bruchbach	Umbau Sohlschwelle zu Drossel mit max. Q_{ab} = 1 m³/s
BB6	Bruchbach	Verlängerung Mauer, alternativ Verwallung
BB7	Bruchbach	Gewässerunterhaltungsmaßnahme, Entfernung Sohlablagerung (Sinter, Wiederherstellung Genehmigungszustand
HRB-71	Gennenbach	Neubau HRB-71 Gennenbach, Volumenerhöhung, Q_{ab} = 4,4 m³/s
	Gennenbach	Gewässerunterhaltungsmaßnahmen, Entfernung Steg im OW Verdolungseinlauf
GB3	Gennenbach	Austausch Verdolung von DN1100 auf DN1500, Anpassung Verdolungseinlauf (räumlicher Rechen)

Fortsetzung Tabelle 7.18: Vorgeschlagene HW-Schutzkonzeption Stein

Maßnahme		
Bez.	**Gewässer**	**Beschreibung**
FF1	Fallfeldgraben	Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600
FF2	Fallfeldgraben	Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600
FF3	Fallfeldgraben	Austausch Wegedurchlass von DN400 auf DN600
FF4	Verdolung	Neubau Ableitung HRB Fallfeld
HRB Fallfeld	Fallfeldgraben	Neubau HRB Fallfeld
KT1	Kuchentalgraben	Prüfen konstruktive Anbindung Außengebiete und Ausbau Ufersenken rechtsseitig
WS1	Heidelsterbach	Umbau Durchlass von DN500 auf Rechteck 800/500
WS2	Heidelsterbach	Ausbau Verdolungseinlauf
WS3	Heidelsterbach	Aufweitung Engstelle Heidelsterbach
WS4	Heidelsterbach	Umbau Durchlass von DN500 auf Rechteck 800/500
KB1	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben
KB2	Hangwasser	Ausbau bestehender Entwässerungsgraben
KB3	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben
KB4	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben
KB5	Hangwasser	Ausbau bestehender Entwässerungsgraben
KB6	Hangwasser	Neubau Entwässerungsgraben

7.6 Kostenschätzungen (Kostenannahmen) für die HWS-Maßnahmen

Für die einzelnen HW-Schutzmaßnahmen fanden Kostenschätzungen (Kostenannahmen) statt. Es handelt sich dabei um grobe Kostenschätzungen im Rahmen einer Flussgebietsuntersuchung (Gesamtkosten Brutto, ohne Grunderwerb und Ausgleichsmaßnahmen). Genaue Kostenermittlungen sind erst im Rahmen der Planung auf der Grundlage ergänzender Daten (Vermessung, Leitungserkundung, Bodengutachten, etc.) möglich. Außerdem kann erst im Rahmen der Maßnahmenplanung auf der Grundlage zusätzlicher Informationen eine mit den Anliegern, der Gemeinde und dem Landratsamt abgestimmte Lösung festgelegt werden.

Tabelle 7.19: Kostenschätzungen (Kostenannahmen) für die HW-Schutzkonzeption Stein (Brutto-Gesamtkosten, ohne Grunderwerb und Ausgleichsmaßnahmen), mit HWS-Fallfeldgraben

Maßnahme	Gewässer	Beschreibung	Kosten [EUR]
LT1	Lindtalgraben	Überleitung Niederschlagswasser aus den südlichen Ackerflächen in den Zulaufgraben zum HRB	50.000,--
		Ausbau des Zulaufgrabens auf ein BHQ_{100}	
		Installation eines Grobrechens und eines räumlichen Rechens	
BB1 –BB7	Bruchbach	Ausbau Durchlass von DN1600 auf Rechteck	510.000,--
GB3 + HRB-71	Gennenbach	Neubau HRB-71 Gennenbach, Gewässerunterhaltungsmaßnahmen, Austausch Verdolung	1.380.000,--
FF1 – FF4 + HRB Fallfeld	Fallfeldgraben	Lokale Maßnahmen, Neubau HRB und Ableitung	3.040.000,--
KT1	Kuchentalgraben	Prüfen konstruktive Anbindung Außengebiete und Ausbau Ufersenken rechtsseitig	60.000,--
WS1 – WS4	Heidelsterbach	Umbau Durchlass und Verdolungseinlauf, Aufweitung Gewässerengstelle	35.000,--
KB1 – KB6	Hangwasser	Neubau und Ausbau Entwässerungsgrabensystem	305.000,--
Summe			**Ca. 5,4 Mio.**

7.7 Nutzen-Kosten-Untersuchung der HWS-Konzeption Stein (Ausblick)

Die Bestandsanalyse zeigt, dass in der Ortslage von Stein entlang der Hauptgewässer in mehreren Bereichen ein deutlich unter 100-jährlicher HW-Schutz vorliegt. In der Ortslage Stein wird damit der für Innerortsbereiche i.d.R. angestrebte 50- bis 100-jährliche HW-Schutz bei weitem nicht erreicht. Dass in der Ortslage eine starke Gefährdung vorliegt zeigen auch die in der jüngsten Vergangenheit aufgetretenen Schadensereignisse (2013, 2016). Für die Ortslage wurde eine HW-Schutzkonzeptionen entwickelt, nach deren Umsetzung 100-jährliche HW in den Hauptgewässern schadlos abgeführt werden können.

Das Land Baden-Württemberg fördert Hochwasserschutzmaßnahmen nach den Förderrichtlinien Wasserwirtschaft (FrWw). Eine wesentliche Voraussetzung für eine Förderung ist der Nachweis der Wirtschaftlichkeit der geplanten Maßnahmen. Dies muss im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Untersuchung nachgewiesen werden.

Um die Wirtschaftlichkeit der entwickelten Hochwasserschutzmaßnahmen aufzeigen zu können, muss der Nutzen der Maßnahmen ermittelt und den Kosten der Maßnahmen gegenübergestellt werden. Grundlage für eine kostenmäßige Abschätzung des Nutzens der geplanten Hochwasserschutzkonzeption sind Abschätzungen der durch die Maßnahmen verhinderten Schäden. Um diese angeben zu können, müssen zunächst aus den Wassertiefenkarten, die an den Einzelgebäuden auftretenden Überflutungswasserstände, für den derzeitigen Zustand ohne neue HW-Schutzmaßnahmen, für unterschiedliche Wiederkehrzeiten (T = …, 10, 20, 50, 100, … Jahre) erhoben werden. Bei der für solche Untersuchungen i. d. R. gewählten mikroskaligen Vorgehensweisen wird für jedes potenziell gefährdete Gebäude, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen gebäudespezifischen Merkmale, eine Wasserstand-Schadens-Funktion (W-S-Funktion) auf der Grundlage der Hochwasserschäden (HOWAS)-Datenbank der „Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser“ (LAWA) ermittelt. Dabei werden auch die Erfahrungen (bekannte Schäden) bei abgelaufenen Hochwassern berücksichtigt. Aus den je Gebäude vorliegenden Wasserständen HW_T und der W-S-Funktion kann der bei einem T-jährlichen (T = …, 10, 20, 50, 100, … Jahre) Hochwasser an den Einzelgebäuden auftretende Schaden bestimmt werden. Aufsummiert über alle Einzelgebäude liegt der bei einem T-jährlichen Hochwasser auftretende Gesamtschaden vor. Für Nutzen-Kosten-Betrachtungen werden Angaben zum mittleren jährlichen Schaden benötigt. Dieser kann aus den Schäden T = …, 10-, 20-, 50-, 100-, …-jährlicher Hochwasserereignisse abgeleitet werden. Der mittlere Schaden pro Jahr (Schadenserwartungswert) wird durch Integration der Schäden und ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit berechnet.

Der Nutzen der Hochwasserschutzmaßnahmen entspricht den verhinderten Schäden. Zukünftig können durch die Maßnahmen alle Hochwasser, die „kleiner oder gleich" dem Bemessungshochwasser (z.B. 100-jährliches Hochwasser) sind, weitgehend schadlos abgeleitet werden. Der Nutzen der Maßnahmen (= verhinderte Schäden) kann damit aus den Schadensberechnungen abgeleitet werden.

Dem Nutzen sind die Kosten für die vorgeschlagene Hochwasserschutzkonzeption (Investitionskosten und Kosten für Unterhaltung und Betrieb) gegenüberzustellen. Hierzu ist eine finanzmathematische Aufbereitung der anfallenden Maßnahmenkosten, bezogen auf eine Nutzungsdauer von ca. 80 Jahren (Vorgabe nach den KVR-Leitlinien der LAWA), erforderlich. Man erhält damit den Kostenbarwert bzw. die mittleren

jährlichen Kosten, bezogen auf einen festgelegten Untersuchungszeitraum, der sich an den Nutzungsdauern der Anlagen orientiert. In der Regel werden für solche Wasserbaumaßnahmen Untersuchungszeiträume von 80 bis 100 Jahren gewählt. Aus Nutzenbarwert und Projektkostenbarwert (Nutzen-Kosten-Verhältnis) kann auf die Wirtschaftlichkeit der Hochwasserschutzkonzeption geschlossen werden.

Im Rahmen der FGU-Stein fand noch keine Nutzen-Kosten-Untersuchung statt. Vorgeschlagen wird diese in einem der nächsten Bearbeitungsschritte durchführen zu lassen (s. Kapitel 8.3). Nutzen-Kosten-Untersuchungen sollten dabei zunächst für die einzelnen Teilbereiche erfolgen. Dadurch kann aufgezeigt werden, für welche Teilbereiche eine Förderung grundsätzlich möglich ist. Sind Maßnahmen von Teilbereichen (z.B. Gennenbach/Bruchbach) aufeinander abgestimmt, so sind Nutzen-Kosten-Berechnungen auch für die Teilbereichsgruppen (Gesamtkonzeption) zu erstellen. Ggf. sind in die Nutzen-Kosten-Betrachtungen auch die Folgeprojekte FGU-Königsbach und Machbarkeitsstudien einzubinden.

Anmerkung: Aktuell wird vom Land ein Leitfaden zur Vereinheitlichung der Nutzen-Kosten-Untersuchungen erarbeitet. Dieser liegt derzeit allerdings noch nicht vor. Evtl. sind die Nutzen-Kosten-Berechnungen noch nach dem in vielen früheren Untersuchungen von WALD+CORBE eingesetzten mikroskaligen Verfahren durchzuführen.

8 HW-Schutzkonzeption – ergänzende Betrachtungen

8.1 Untersuchte Alternativlösungen (verworfen)

8.1.1 Optimierung der bestehenden HRB im Osten der Teilgemeinde Stein (FGM.Var. „P10“)

Im Rahmen der parallel zur FGU erfolgten vertieften Sicherheitsüberprüfung der acht HRB der Gemeinde Königsbach-Stein fanden FGM-Berechnungen statt, bei denen die derzeitige Beckenauslegung (BHQ3) ermittelt wurde. Die FGM-Berechnungen ergaben, dass keines der acht HRB derzeit auf 100-jährliche Hochwasserereignisse des LF-Klimaänderung ausgelegt ist. D.h. bei allen acht Becken ist bei entsprechenden HW-Ereignissen mit einem Anspringen der HW-Entastungsanlage zu rechnen.

Im Vorfeld der Ausarbeitung von HW-Schutzkonzeptionen (HRB-Lösungen) fanden FGM-Optimierungsrechnungen für die acht bestehenden HRB statt. Die HRB wurden so ausgelegt, dass sie bei 100-jährlichen HW-Ereignissen bzw. 100-jährlicher HW des LF-Klimaänderung gerade nicht überlaufen (Vollstau). Auslegungen erfolgten dabei jeweils für gesteuerte (konstante Regelabgabe Q_R), als auch ungesteuerte (fest eingestellter Schieber) Beckenabgaben.

Die Möglichkeit den HW-Schutz in der Gemeinde Stein entlang dem Bruchbach durch einen Ausbau der drei bestehenden Becken HRB–38 Lindtal, HRB–35 Pfitztal und HRB–42 Neulinger Grund herzustellen wurde bereits in der Anfangsphase der FGU verworfen. Die mit einer solchen Lösung erreichbare Wirkung (HQ_T-Werte im Bereich der Engstellen) kann der entsprechenden FGM-Berechnungsvariante „P14“ entnommen werden. Der 100-jährliche HW-Abfluss des Lastfalls Klimaänderung beträgt mit der FGM-Var. „P14“ am Ortseingang von Stein (Kn. 484) HQ_{100K} = 4,34 m³/s (Tabelle 8.1). Dies entspricht einer Reduzierung des HW-Abflusses gegenüber der vorgeschlagenen HRB-Lösungsvariante „P19“ um ca. 1,9 m³/s. Diese Reduzierung reicht nicht aus, um Ausbordungen des Bruchbach im Bereich Sandgrube und der Bachgasse zu verhindern. Es müssten daher noch immer zusätzliche lokale HWS-Maßnahmen am Gewässer durchgeführt werden. Bereits aus wirtschaftlicher Sicht wurde daher eine Vergrößerung der bestehenden HRB im Osten der Gemeinde Stein als nicht sinnvoll verworfen.

Tabelle 8.1: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P14“

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
466	Bruchbach, Zufluss HRB-35 Pfitztal	6,31	7,37	8,89	10,13	11,03
467	Bruchbach, Abgabe HRB-35 Pfitztal	1,51	1,60	1,74	1,99	2,17
469	Lindtalgraben, Zufluss HRB-38 Lindtal	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
470	Lindtalgraben, Abgabe HRB-38 Lindtal	0,63	0,72	0,82	0,89	0,94
478	Neulinger Grund Graben, Zufluss HRB-42 Neulinger Grund	1,06	1,49	2,18	2,72	3,14
479	Neulinger Grund Graben, Abgabe HRB-42 Neulinger Grund	0,65	0,75	0,88	0,99	1,08
484	Bruchbach Bereich Sandgrube	2,65	2,91	3,42	3,93	4,34

8.1.2 HRB-484 Sandgrube (FGM-Var.“P8, P10“)

Die beste Beckenwirkung lässt sich aus hydrologischer Sicht durch eine Rückhaltemaßnahmen direkt vor der zu schützenden Engstelle erreichen. Dadurch fließt unterhalb des Beckens dem Gewässer bis zur Engstelle nur noch wenig Wasser unkontrolliert aus dem Zwischeneinzugsgebiet zu. Der mögliche Beckenstandort HRB-484 ist damit der aus hydrologischer Sicht ideale Standorte zum Schutz des Bereichs Sandgrube.

Wie in Kapitel 4.3.3 dargelegt, wurden zwei Alternativstandorte für ein HRB-484 Sandgrube untersucht. Das hier maximal realisierbare Rückhaltevolumen wird durch die vorhandene Bebauung begrenzt. Die maximal machbare Einstauhöhe (Vollstau) ergibt sich aufgrund der vorliegenden Randbedingungen zu H_{ZV} = 206,0 m+NN. Bei dieser Vollstauhöhe wäre ein gerade noch vertretbarer Freibord zu den bestehenden Gebäuden vorhanden (max. machbarer Vollstau wäre im Rahmen der Planung nochmals zu prüfen). Beim Standort HRB–484a (FGM-Var.“P8“) ergibt sich daraus ein (voraussichtlich) maximal herstellbares Rückhaltevolumen von S_{ZV} = 32.300 m³, beim Alternativstandort HRB–484 (FGM-Var.“P10“) von S_{ZV} = 52.200 m³.

Der 100-jährliche HW-Abfluss des Lastfalls Klimaänderung lässt sich durch ein HRB-484a (FGM-Var.“P8“) am Ortseingang von Stein auf HQ_{100K} = 5,22 m³/s (Tabelle 8.2), durch ein HRB-484 (FGM-Var.“P10“) auf HQ100K = 4,94 m³/s (Tabelle 8.3) reduzieren.

Dies entspricht einer Reduzierung des HW-Abflusses (100aKlima) um ca. 1,3 m³/s gegenüber der vorgeschlagenen HRB-Lösungsvariante „P19“. Diese Reduzierung reicht nicht aus, um Ausbordungen des Bruchbach im Bereich Sandgrube und der Bachgasse zu verhindern. Es müssten daher noch immer zusätzliche lokale HWS-Maßnahmen am Gewässer durchgeführt werden.

Eine grobe Kostenschätzung des Neubaus eines HRB-484 Sandgrube zeigt die Tabelle 8.4. Der Bau eines HRB-484 Sandgrube wurde bereits alleine aufgrund wirtschaftlicher Aspekte als nicht sinnvoll verworfen.

Tabelle 8.2: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P8“

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
466	Bruchbach, Zufluss HRB-35 Pfitztal	6,31	7,37	8,89	10,13	11,03
467	Bruchbach, Abgabe HRB-35 Pfitztal	2,35	2,47	2,63	2,76	4,57
469	Lindtalgraben, Zufluss HRB-38 Lindtal	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
470	Lindtalgraben, Abgabe HRB-38 Lindtal	0,63	0,72	0,82	0,89	0,96
478	Neulinger Grund Graben, Zufluss HRB-42 Neulinger Grund	1,06	1,49	2,18	2,72	3,14
479	Neulinger Grund Graben, Abgabe HRB-42 Neulinger Grund	0,65	0,75	1,28	1,64	1,89
484	Bruchbach Zufluss HRB-484 Sandgrube	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
484	Bruchbach Abgabe HRB-484 Sandgrube	2,35	2,91	3,99	4,75	5,22

Tabelle 8.3: HW-Abflüsse im Bereich Bruchbach, FGM-Variante „P10“

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
466	Bruchbach, Zufluss HRB-35 Pfitztal	6,31	7,37	8,89	10,13	11,03
467	Bruchbach, Abgabe HRB-35 Pfitztal	2,35	2,47	2,63	2,76	4,57
469	Lindtalgraben, Zufluss HRB-38 Lindtal	0,77	1,08	1,57	1,98	2,31
470	Lindtalgraben, Abgabe HRB-38 Lindtal	0,63	0,72	0,82	0,89	0,96
478	Neulinger Grund Graben, Zufluss HRB-42 Neulinger Grund	1,06	1,49	2,18	2,72	3,14
479	Neulinger Grund Graben, Abgabe HRB-42 Neulinger Grund	0,65	0,75	1,28	1,64	1,89
484	Bruchbach Zufluss HRB-484 Sandgrube	3,49	3,78	4,16	5,18	6,22
484	Bruchbach Abgabe HRB-484 Sandgrube	2,35	2,89	3,86	4,52	4,94

Tabelle 8.4: Kostenschätzung des Neubaus eines HRB-484 Sandgrube

Name	Bezeichnung	Kosten [Euro]
Bau eines HRB 484	HRB 484	1.500.000,--

8.1.3 Ausbau des Grundablasses am HRB-71 Gennenbach (FGM-Variante „P20“)

Als Alternative zum Neubau eines HRB-71 Gennenbach wurde geprüft, ob ein Umbau des bestehenden HRB eine sinnvolle Lösung darstellt. Eine Auslegung des bestehenden HRB–71 Gennenbach auf ein 100-jährliches HW-Ereignis des Lastfall Klimaänderung würde eine Vergrößerung des Grundablasses als DN1600 (Bestand DN 1000) erfordern (Alternativ etwa flächengleicher Rechteckdurchlass). Im Falle eines 100-jährlichen HW (LF-Klimaänderung) wird dann HQ_{100K} = 10,5 m³/s aus dem Becken nach unterstrom abgegeben. Mit einem entsprechenden Ausbau des Grundablasses des bestehenden HRB–71 Gennenbach wird jetzt der gesamte Abfluss im Gennenbach in Richtung Unterstrom weitergeleitet. Um diese Wassermengen unterhalb in den offenen und den verdolten Abschnitten (Gennenbach, Bruchbach) abführen zu können, sind weitere lokale Maßnahmen erforderlich (siehe Abbildung 8.1).

Eine grobe Kostenschätzung der erforderlichen HWS-Maßnahmen der Lösungsvariante „P20“ zeigt die Tabelle 8.6. Nach der Kostenschätzung handelt es sich bei der Lösungsvariante „P20“ um die gegenüber der vorgeschlagenen HWS-Variante „P19“ wirtschaftlicher Lösung. Allerdings zeigen erste grobe Begutachtungen der Machbarkeit, dass entsprechende Lösungen technisch kaum realisierbar sind. So ist eine Vergrößerung des Gewässers und der darauf folgenden Verdolungsabschnitte in der benötigten Dimension aus Platzgründen (Leitungsnetz: Frischwasser, Abwasser, Breitband, Gas, …) kaum umsetzbar. Die Lösungsvariante „P20“ wurde entsprechend verworfen.

Anmerkung: Die vorgeschlagene Lösungsvariante „P19“ führt außerdem durch die Schaffung von zusätzlichem Rückhalteraum zu eine Verbesserung der HW-Situation weit ins Unterwasser der Maßnahme.

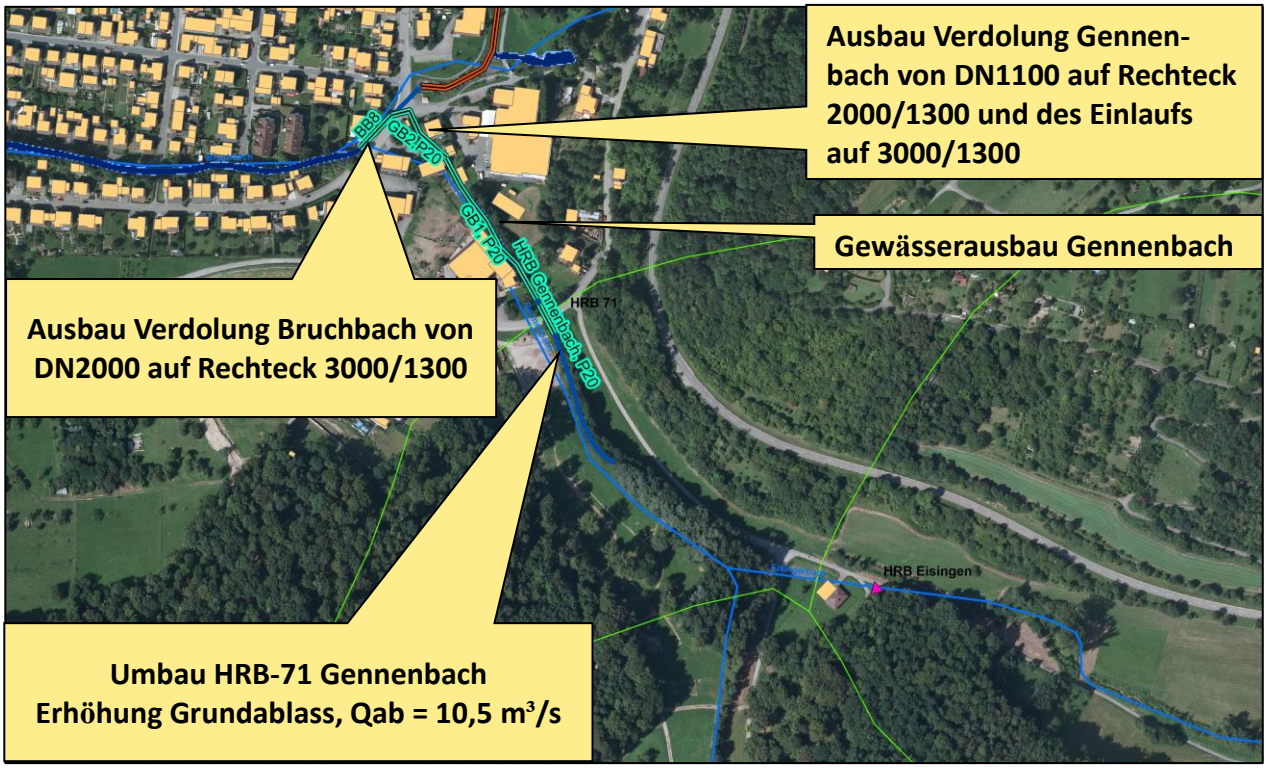

Abbildung 8.1: Untersuchte HWS-Maßnahmen „P20“ (verworfen) am Gennenbach

Tabelle 8.5: HW-Abflüsse im Bereich Gennenbach, FGM-Variante „P20“

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
505	Verdolung Bruchbach, vor Mündung Gennenbach	4,19	5,10	6,39	7,32	7,97
552	Eisingerbach Zufluss HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
553	Eisingerbach Abgabe HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
555	Gennenbach vor Mündung Eisingerbach	1,44	2,05	2,96	3,69	4,25
561	Gennenbach, Zufluss HRB Gennenbach	12,98	13,81	14,66	16,80	17,78
562	Gennenbach, Abgabe HRB Gennenbach	8,85	9,25	9,81	10,25	10,54
563	Bruchbach, Verdolung mit Gennenbach	11,75	13,40	15,36	16,69	17,55
577	Heidelsterbach / Wagner-straße	0,37	0,44	0,59	0,72	0,82
587	Bruchbach, Ortsausgang Stein	12,27	14,13	16,41	18,05	19,18

Tabelle 8.6: Kostenschätzung der HWS-Maßnahmen der Variante „P20“

Name	Bezeichnung	Kosten [Euro]
Ausbau Verdolung Bruchbach	BB8, P20	185.000,--
Ausbau Gennenbach	GB1, P20	110.000,--
Ausbau Verdolung Gennenbach	GB2,P20	160.000,--
Ausbau GA HRB-71 Gennenbach	HRB-71 Gennenbach, P20	55.000,--

8.1.4 Neubau HRB Eisingen (FGM-Var. „P21“)

Als Alternative zum Neubau eines HRB-71 Gennenbach wurde die Möglichkeit des Neubau eines HRB im Oberstrom des bestehenden HRB–71 Gennenbach geprüft. Im Oberwasser des bestehenden HRB – 71 Gennenbach teilt sich das Gewässer in zwei Stränge auf. Eine Verschiebung des vorgeschlagenen HRB-Standortes HRB-71 (Neubau) nach Oberstrom vor der Aufteilung des Gewässers in zwei Stränge ist nicht möglich, da dann ein Trinkwasserbrunnen der Gemeinde Eisingen im Einstaubereich liegen würde.

An der Verzweigung stammt im HW-Fall der größere Abflussanteil nach den FGM-Berechnungen aus dem Eisinger Dorfbach. Entsprechend der aus hydrologischer Sicht sinnvollste HRB-Standorte für einen Beckenneubau am Eisinger Dorfbach im direkten Oberwasser des Trinkwasserbrunnens gewählt.

Bei einer angenommenen Einstauhöhe von H_{ZV} = 10,5 m kann an dieser Stelle ein Rückhaltevolumen von S_{ZV} = 71.000 m³ hergestellt werden. Dadurch kann an der Sperrenstelle der 100-jährliche HW-Abfluss des Lastfalls Klimaänderung auf eine maximale Abgabe von Q_{ab} = 1,39 m³/s gedrosselt werden. Die sehr starke Drosselung des Abflusses wird benötigt, da der zweite Gewässerstrang durch den Neubau eines HRB Eisingen nicht kontrolliert wird und ungedrosselt dem bestehenden HRB-71 zufließt. Dies würde zu einem relativ häufigen Einstau eines HRB Eisingen führen.

Der Neubau eines HRB-Eisingen reicht als HWS-Maßnahmen noch nicht aus. Zusätzlich muss das bestehende HRB–71 Gennenbach umgebaut werden. So ist der bestehende Grundablass am HRB-71 auf eine Leistungsfähigkeit von Q_{ab} = 4,13 m³/s auszubauen.

Im weiteren Verlauf des Gennenbachs muss mit dieser HRB-Lösung außerdem die Verdolung in Richtung Bruchbach auf die erhöhte Wassermenge ausgelegt werden. Es ist eine Vergrößerung der Nennweite von DN1100 (Bestand) auf DN1300 notwendig.

Eine grobe Kostenschätzung der erforderlichen HWS-Maßnahmen der Variante „P21“ zeigt die Tabelle 8.8. Die geschätzten Kosten sind ungefähr um den Faktor 2,25 höher als bei der vorgeschlagenen HWS-Variante „P19“. Die Alternativlösung kann damit bereits alleine aufgrund wirtschaftlicher Aspekte als nicht sinnvoll verworfen werden.

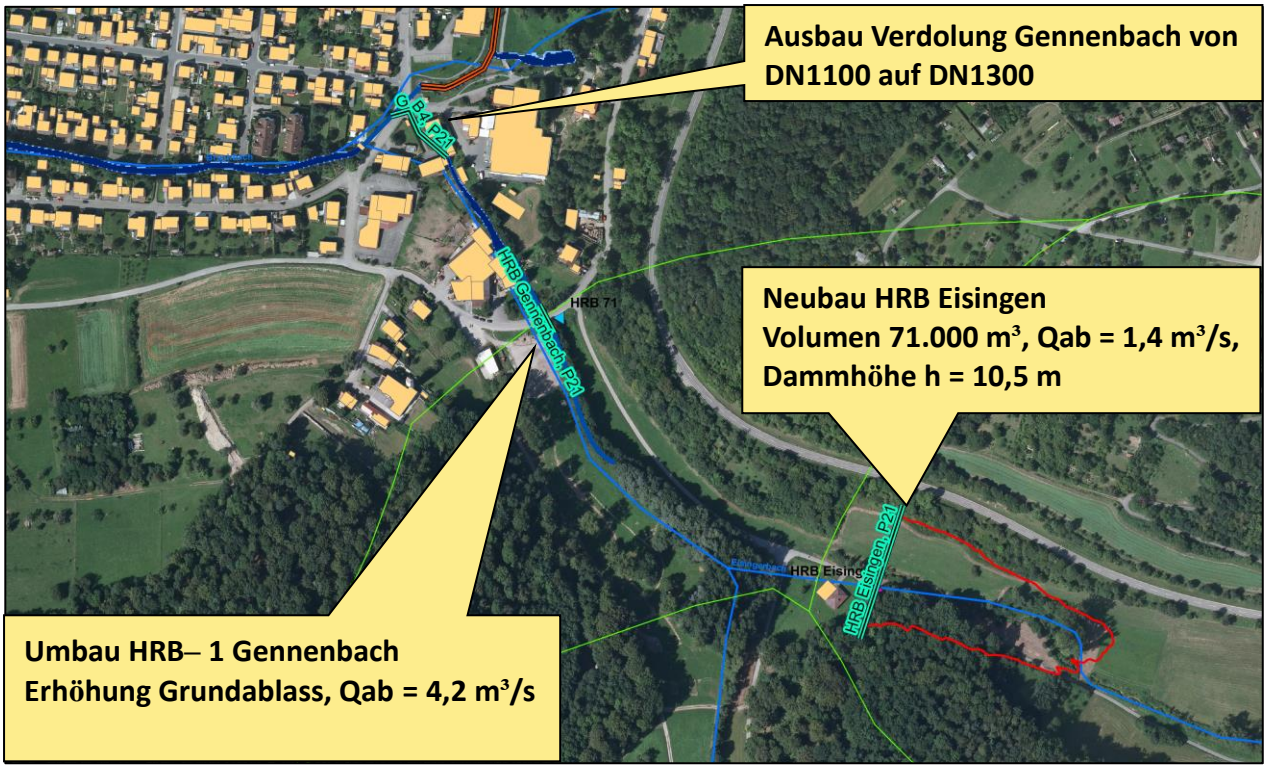

Tabelle 8.7: HW-Abflüsse im Bereich Gennenbach, FGM-Variante „P21“

Kn. Nr.	Gewässer/Stelle	HQ_T [m³/s]				
		10a	20a	50a	100a	100aKlima
505	Verdolung Bruchbach, vor Mündung Gennenbach	4,19	5,10	6,39	7,32	7,97
552	Eisingerbach Zufluss HRB Eisingen	12,86	13,48	14,10	15,32	15,95
553	Eisingerbach Abgabe HRB Eisingen	1,07	1,12	1,24	1,34	1,39
555	Gennenbach vor Mündung Eisingerbach	1,44	2,05	2,96	3,69	4,25
561	Gennenbach, Zufluss HRB Gennenbach	2,50	3,17	4,14	4,91	5,50
562	Gennenbach, Abgabe HRB Gennenbach	2,48	3,06	3,53	3,79	4,13
563	Bruchbach, Verdolung mit Gennenbach	6,08	7,39	9,12	10,25	11,02
577	Heidelsterbach / Wagner-straße	0,37	0,44	0,59	0,72	0,82
587	Bruchbach, Ortsausgang Stein	6,55	8,23	10,32	11,77	12,77

Tabelle 8.8: Kostenschätzung der HWS-Maßnahmen der Variante „P21“

Name	Bezeichnung	Kosten [Euro]
Ausbau Verdolung Gennenbach	GB4, P21	70.000,--
Bau HRB Eisingen	HRB Eisingen, P21	3.000.000,--
Ausbau GA HRB-71 Gennenbach	HRB-71 Gennenbach, P21	45.000,--

8.2 Nach Abschluss der FGU vorliegende Informationen (mögliche HWS-Maßnahmen, Veränderungen, zu prüfende Aspekte)

Aus der Bürgerschaft wurde im Rahmen der Ergebnispräsentation der FGU im Rahmen einer Bürgerversammlung (16.11.2017) die Untersuchung weiterer HWS-Maßnahmen (Alternativlösungen) angeregt. Außerdem wurden von Bürgern nach Abschluss der FGU weitere Informationen bereitgestellt. In den nachfolgenden Kapiteln findet eine erste Einordnung (Diskussion) dieser Aspekte. Weiterführende vertiefte Untersuchungen können gegebenenfalls im Rahmen der Maßnahmenplanung erfolgen.

8.2.1 Vorhandenes Gitter am Bruchbach

Am Bruchbach wurde auf dem Anwesen der Straße „Mühlbach 6“ ein Stahlgitter und darüber liegend ein Zaun über die gesamte Gewässerbreite errichtet. Dieses Gitter und der Zaun stellen im HW-Fall eine potentielle Gefahr dar. Es besteht die große Gefahr der Verklausung durch Treibgut und Geschwemmsel. Laut Information der Gemeinde kann das Gitter in Fließrichtung aufgeklappt werden. Die Funktionstüchtigkeit ist im HW-Fall jedoch in Frage zu stellen. Es wird daher dringend ein Rückbau des Gitters und des Zaunes empfohlen.

Abbildung 8.2: Abflusshindernis am Bruchbach, Gitter und Zaun, Frontalaufnahme

Abbildung 8.3: Abflusshindernis am Bruchbach, Gitter und Zaun, Aufnahme seitlich

8.2.2 Neubau eines Stegs am Bruchbach (Station 1924 m)

Im direkten Oberwasser des Gitters wurde ein bestehender Steg aus Gründen der Standsicherheit durch eine neuen Stahlsteg ersetzt. Eine Vermessung des neuen Stegs fand im Rahmen dieser Untersuchung nicht statt. Die Umbaumaßnahmen waren dem Büro WALD+CORBE bis zur Bürgerversammlung nicht bekannt. Den hydraulischen Wasserspiegellagenberechnungen liegt somit noch die Vermessung des alten Brückenbauwerks zu Grunde. Laut Aussagen der Gemeinde wurde die neu errichtete Stahlbrücke auf einem ca. 10 cm höheren Widerlager errichtet und der Abflussquerschnitt hat sich hierdurch gegenüber dem alten Brückenbauwerk vergrößert. Es ergibt sich damit kein akuter Handlungsbedarf. Es wird jedoch vorgeschlagen, im Rahmen der Maßnahmenplanung die Brücke neu vermessen zu lassen, ins hydraulische Modell einzugeben und hydraulische Berechnungen durchzuführen. Die hydraulischen Neuberechnungen sind auszuwerten und mit den Ergebnissen des früheren Zustandes zu vergleichen.

Abbildung 8.4: Neubau nicht vermessener Brücke am Bruchbach

8.2.3 Beobachtete Schwachstelle zwischen den Anwesen „Sandgrube 5 – 7“

In einer Email vom 17.11.2017 an die Gemeinde Königsbach-Stein wurde aus der Bürgerschaft die Prüfung der Leistungsfähigkeit des Bruchbachs auf Höhe der Anwesen „Sandgrube 5 – 7“ angeregt. Die Anwohner teilten mit, dass in diesem Gewässerabschnitt in den letzten Jahren immer wieder hohe Wasserstände im Bruchbach aufgetreten sind und die Gefahr von Ausbordungen bestand (s. a. Kapitel 5.4).

Aus der HWGK-Vermessungen liegen Querprofile nur in bestimmten Abständen vor. Es kann durchaus Gewässerabschnitte geben, an denen die Uferlinie nicht ausgewiesene Schwachstellen aufweist. Da langjährige Beobachtungen der Anwohner auf das Vorliegen einer solchen nicht erfassten Schwachstelle hinweist, sollte im Vorfeld der Planungen der HWS-Maßnahmen eine Detailvermessung dieses Gewässerabschnitts erfolgen (weitere Profile, kritische Uferlinien). Die Neuvermessungen sind dann ins hydraulische Modell einzubauen. Durch Neuberechnungen mit dem hydraulischen Modell ist zu prüfen, ob Schwachstellen vorliegen und ggf. ergänzende HWS-Maßnahmen (Gewässeraufweitung, …) benötigt werden.

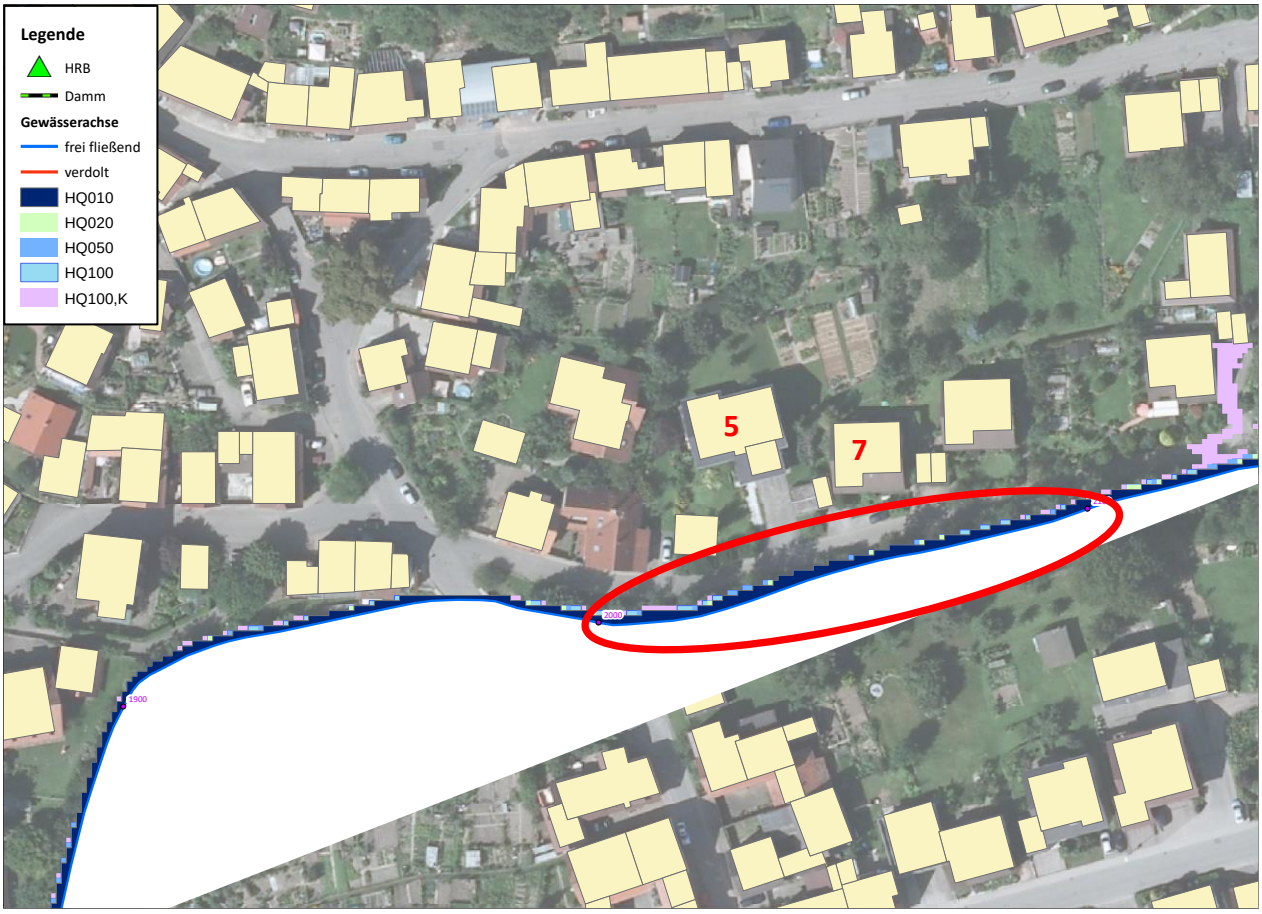

Abbildung 8.5: Beschriebene Schwachstelle am Bruchbach, „Sandgrube 5 - 7“

8.3 Ausblick und weiteres Vorgehen

Strebt die Gemeinde eine Umsetzung der HWS-Maßnahmen an, so sollte als nächster Bearbeitungsschritt geprüft werden, ob eine Förderung der Maßnahmen durch das Land möglich ist (FrWw). Voraussetzung hierfür ist der Nachweis von deren Wirtschaftlichkeit im Rahmen einer **Nutzen-Kosten-Untersuchung**. Da es sich um eine bezüglich der Maßnahmen (HRB-Wirkung) aufeinander abgestimmte Gesamtlösung handelt, sollte die Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) entsprechend die Gesamtkonzeption „HWS-Stein" umfassen. Es ist außerdem zu prüfen ob bzw. wie HW-Schutzmaßnahmen in Königsbach und die ggf. erforderlichen HRB-Sanierungsmaßnahmen in der Förderung berücksichtigbar sind. Derzeit wird vom Land ein Leitfaden zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen erarbeitet. Dieser steht derzeit jedoch noch nicht zur Verfügung. In Abhängigkeit vom Untersuchungsbeginn ist daher mit dem LRA/RP abzuklären, ob die NKU bereits nach dem neuen Leitfaden erfolgen soll.

Im Vorfeld der Umsetzung (Planung) der HWS-Maßnahmen muss in einigen Fällen zunächst eine Klärung der noch offenen Fragen erfolgen. So wird z.B. vorgeschlagen eine **Machbarkeitsstudie** zum HWS-Fallfeldgraben durchführen zu lassen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie muss ebenfalls mit der Förderbehörde des Landes abgestimmt werden, ob eine Förderung des vorgeschlagenen HRB-Fallfeld und der hierfür notwendigen getrennten HW-Ableitung zum Bruchbach (Herstellung einer neuen Bachverdolung) möglich ist.

Im Falle einer Umsetzung der HWS-Maßnahmen sind diese von der Gemeinde nicht zeitgleich herstellbar (Kosten, zeitlicher Planungsaufwand, Einsprüche, Grunderwerb, Absprache mit Anliegern, …). Vorgeschlagen wird daher eine **Priorisierung** der einzelnen HWS-Maßnahmen. Die Priorisierung ist u.a. abhängig vom Ergebnis der Sicherheitsüberprüfung der acht HRB. Außerdem sind Schutzgrad- und Wirkungsaspekte bei einer Priorisierung zu berücksichtigen. So kann z.B. mit einem möglichen HRB-Fallfeld der größte HWS für den Ortskern von Stein generiert werden.

Vorgeschlagen wird im Anschluss an Machbarkeitsstudien die **Planung aller Maßnahmen** zu beauftragen. Aufbauend auf den dann vorliegenden genauen Kostenangaben und ergänzenden Informationen kann dann eine sukzessive Umsetzung der Maßnahmen erfolgen.

Im Rahmen der vorliegenden FGU fanden Bestandsanalysen bzw. die Entwicklung von HW-Schutzkonzeptionen für den Ortsteil Stein statt. Wie abgelaufene HW zeigen, können im HW-Fall auch im Ortsteil Königsbach HW-Schäden auftreten. So kam es beim HW vom 01.06.2013 beispielweise in Königsbach zu Problemen. Empfohlen wird daher in einem nächsten Bearbeitungsschritt eine Fortschreibung der bestehenden **Flussgebietsuntersuchung Königsbach**. Eine Erweiterung der FGU auf alle Ortsteile ist auch im Hinblick auf eine mögliche Förderung der Maßnahmen anzustreben. So ist nach der neuen Förderrichtlinie Wasserwirtschaft eine Gesamtförderung aller Maßnahmen einer Kommune möglich („HW-Schutz Königsbach-Stein"). Dies kann evtl. zu höheren Fördersätzen führen.

9 Ergänzende HWS-Maßnahmen

Hochwasserschutzstrategie des Landes

Eine Verbesserung des Hochwasserschutzes ist nicht nur durch Maßnahmen des technischen HW-Schutzes möglich. Das Land hat eine Hochwasserschutzstrategie entwickelt (LfU/LUBW, 2005), die sich aus den 3 Säulen technischer Hochwasserschutz (Deiche, Dämme, Rückhaltungen, Gewässerausbau, …), Hochwasservorsorge (Bauvorsorge, Verhaltensvorsorge, Risikovorsorge) und Hochwasserflächenmanagement (Flächenvorsorge für hochwassergefährdete Gebiete, Wasserrückhaltung in der Fläche) zusammensetzt. Nachfolgend sind ausgewählte Beispiele an ergänzend zu den als Ergebnis der Starkregenuntersuchung Aglasterhausen vorgeschlagenen technischen Hochwasserschutzmaßnahmen mit Literaturverweisen zusammengestellt.

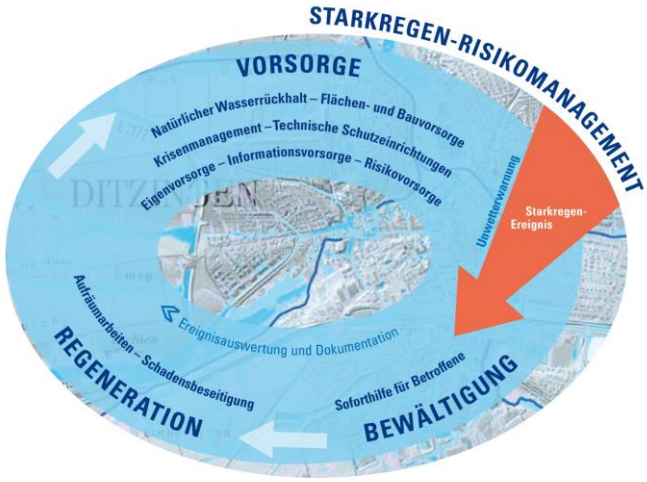

Abbildung 9.1: Hochwasserschutzstrategie des Landes Baden-Württemberg (WBW, 2016)

Starkregen, Starkregengefahrenkarten

Wie die bei den Ereignissen vom 07.06.2016 bzw. 25.06.2016 aufgetretenen Schadensfälle zeigen, können im Untersuchungsraum Stein Schäden nicht nur durch Überlastungen der Gewässer, sondern auch durch bei Starkregen abseits der größeren Gewässer (wild abfließendes Wasser, Hangwasser) verursachte Überflutungen auftreten. Besonders stark gefährdet sind dabei die Ortsränder.

Schäden durch Starkregen haben in den letzten Jahren bundes- und landesweit stark zugenommen. Alleine im Starkregensommer 2016 kam es in Baden-Württemberg zu einer Vielzahl teilweise katastrophaler Überflutungen (Braunsbach, Schefflenztal, Eppingen, Neckarkatzenbach, …). Es ist davon auszugehen, dass durch die Folgen der Klimaänderung zukünftig mit einer weiteren Häufung an Starkregen zu rechnen ist. Ausgelöst durch die vielen in den letzten Jahren aufgetretenen Schadensfälle sind auf Bundes- (BWK/DWA,

2013) und Landesebene (IBH/WBW, 2013; BWK/DWA, 2013) zahlreiche Leitfäden zum Starkregenrisikomanagement erschienen. Der WBW hat außerdem für Praxisanwender (Bauämter, Betriebshöfe, …) einen Leitfaden in Form eines Power-Point-Vortrags (WBW, 2016) erstellt, der sich mit dem Thema Risiko durch Starkregen befasst. Das Büro WALD+CORBE war an der Erstellung mehrerer dieser Leitfäden beteiligt.

Ergänzt werden diese Leitfäden um den Leitfaden „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ (LUBW, 2016). Dieser hat das Ziel ein landesweit einheitliches und qualitätsgesichertes Vorgehen bei der Durchführung einer Risikoanalyse als Basis für eine Förderung nach den aktuellen Förderrichtlinien Wasserwirtschaft (FrWw 2015) sicherzustellen. Die für eine Erstellung von Starkregengefahrenkarten benötigten Datengrundlagen (DGM, Orthofotos, Abflusswerte für 3 Szenarien, …) werden vom Land bereitgestellt (LUBW).

Aufgrund der in den letzten Jahren aufgetretenen Schadensfälle durch Starkregen, den vorliegenden Randbedingungen (intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen, Hanglagen, ...) wird auch für die Ortslagen des Untersuchungsraumes (Königsbach-Stein) langfristig als zentrale Vorsorgemaßnahme zum Schutz vor Starkregen die Erstellung von Starkregengefahrenkarten empfohlen.

Landwirtschaftliche Maßnahmen, Maßnahmen in der Fläche

Die Abflussbereitschaft der Außengebiete und Hangflächen ist nicht immer gleich. Wie Auswertungen (Begehungen nach Ereignissen) in der Region abgelaufener Hochwasser zeigen, hängt die Abflussbereitschaft sehr stark von der angebauten Feldfrucht, der Jahreszeit und der Vorfeuchte ab. So können abgeerntete Felder oder im Frühjahr frisch angelegte Felder die Abflussbereitschaft massiv erhöhen. Dies zeigen anschaulich die im Mai / Juni 2016 in Baden-Württemberg aufgetretenen Starkregenereignisse (Eppingen, Aglasterhausen, Dallau, Schefflenz, Seebach, Neckarkatzenbach, …). Die Starkregen fielen vielfach auf frisch angelegte Felder, die insbesondere im Bereich von Sonderkulturen (Mais, Rüben, …) zu hohen Abflüssen und Schäden führten.

Im Untersuchungsraum liegen hochwertige Lössböden vor, auf denen häufig Sonderkulturen angebaut werden (Mais, Zuckerrüben, Zwiebeln, Gelberüben, …). Die Felder reichen dabei meist unmittelbar bis an die Wege oder an den Ortsrand heran. Die bei abgelaufenen Starkregen aufgetretenen Schäden resultieren dabei nicht nur aus den infolge der hohen Abflussbereitschaft auftretenden großen Wassermengen, sondern auch aus den infolge massiver Erosion auftretenden Schlammfrachten (Verlegungen).

Durch ergänzend zum rein technischen Hochwasserschutz realisierte landwirtschaftliche Maßnahmen sollte versucht werden, die Zuflüsse aus den Außengebieten (Hangflächen) und die Erosion zu reduzieren. Durch solch landwirtschaftliche Maßnahmen kann auch bei kleineren und mittleren Hochwassern kein absoluter HW-Schutz hergestellt werden. Insbesondere bei sehr seltenen Ereignissen nimmt die Wirkung der ergänzend vorgeschlagenen landwirtschaftlichen Maßnahmen zudem ab. Dennoch sollte angestrebt werden, den Schutz vor Starkregen durch ergänzende landwirtschaftliche Maßnahmen zu verbessern. Beispiele hierfür sind:

- Anlegen von Ackerrandstreifen
- Bewirtschaftung: hangparalleles Pflügen, ausbringen von Zwischenfrucht, Hanguntergliederung mit Fruchtwechsel, vermeiden von Folien (Mais),
- Rückleitung von Wegewasser, …

Im Kraichgau fanden in Pilotgebieten (Schwaigern, Massenbachhausen) Untersuchungen von ergänzenden landwirtschaftlichen Maßnahmen mit sehr positiven Ergebnissen statt. Weiterführende Informationen können auch den zahlreichen in den letzten Jahren erschienenen Veröffentlichungen entnommen werden (DWA, 2015; WBW/LUBW, 2015; LUBW, 2015; MLRV, 2015a; MLRV, 2015b; Krimly et al., 2015).

Vorsorgemaßnahmen

Die Erfahrungen bei abgelaufenen Starkregenereignissen zeigen, dass ein agieren während des Hochwassers kaum noch möglich ist (kaum Vorwarnzeiten, extrem kurzer Reaktionszeiten). Dies gilt nicht nur für wild abfließendes Hangwasser, sondern auch für Hochwasser in den zahlreichen kleineren Gewässern, Gräben und Rinnen, in denen Gewitterereignisse kurzer Dauern zu den höchsten Abflüssen führen. Die Vorsorge ist daher der zentrale Baustein zum Schutz vor Starkregen. Im WBW-Leitfaden (2016) werden hierzu die Möglichkeiten einer Vorsorge detailliert aufgezeigt:

- Kritische Stellen erkennen, dokumentieren, kontrollieren, unterhalten
- Organisatorisches Vorgehen
- Defizite beseitigen, den Schutz verbessern
- Gefahr möglichst frühzeitig erkennen: Unwetterwarnung, Wetterbeobachtung, Alarmpegel, …

Kritische Stellen erkennen, dokumentieren, kontrollieren, unterhalten

Eine Gefahr kann für Ortslagen von Rinnen, Gräben und Gewässern ausgehen, die Wasser in die Bebauung bringen. Aber auch Klingen, abschüssige Wege und Abflüsse in der Taltiefenlinie können Wasser und mitgeführtes Material in die Bebauung bringen. Ebenso insbesondere landwirtschaftlich genutzte Hangflächen. Neben den im Starkregenfall auftretenden hohen Wassermengen führen Schlamm, Geröll, Treibgut, Mähgut und Totholz oftmals zu innerörtlichen Schäden und Verlegungen. Besonders stark verlegungsgefährdet sind dabei die an den Ortsrändern gelegenen Einläufe und Durchlässe (Brücken, Stege). Wichtig für eine Vorsorge sind dabei zunächst Kenntnisse zu den im Gemarkungsbereich vorliegenden kritischen Stellen. Für größere Gewässer kann die Gefährdung vor Überflutungen aus den Hochwassergefahrenkarten des Landes abgeleitet werden. Auch abgelaufene Hochwasser liefern wertvolle Hinweise zur Gefährdung entlang von Gewässern, Bächen, Klingen, an Hangflächen oder vor Verlegungen. Eine Dokumentation abgelaufener Hochwasser hilft dabei kritische Gewässerstellen zu erkennen und das Management zukünftiger Ereignisse zu optimieren (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz BW/WBW/LUBW, 2014). Eine weitere Möglichkeit Informationen vor der Gefährdung durch Starkregen zu erhalten liefern als neues Werkzeug Starkregengefahrenkarten.

Empfohlen wird auf der Grundlage dieser Informationen eine Karte (WBW, 2016) mit allen wichtigen Gewässern, Gräben, Verdolungen (Gewässername) sowie kritischen Stellen (Einläufe, Rechen, Unterführung, Hangflächen, …) zu erstellen. Die Karte kann als Grundlage für ein Tourenblatt zur regelmäßigen Begehung (Kontrolle, Unterhaltung) bzw. zur Kontrolle im HW-Fall (Alarm- und Einsatzplan) dienen.

Neben einer regelmäßigen Begehung bzw. einer Begehung nach Starkregenereignissen (Kontrolle, Verlegungen beseitigen, …) auf der Grundlage eines Tourenblatts durch die Kommunen wird die regelmäßige Durchführung einer Gewässerschau mit dem LRA empfohlen. Dadurch können die Beseitigungen von Ablagerungen am Gewässer als Gefahr für unterstromige Engstellen (Verlegung: Durchlass, Einlauf, …) oder die Beseitigung von Einbauten oder Einengungen am Gewässer veranlasst werden. Bei den Begehungen werden auch ggf. erforderliche Unterhaltungsmaßnahmen (Anlandungen, Bewuchs, Böschungsabbrüche, Mauerschäden, …) dokumentiert (WBW/LUBW, 2015; WBW, 2015; WBW, 2011; Bayerisches Landesamt für Umwelt/WBW, 2012).

Organisatorisches Vorgehen

Für den reibungslosen Ablauf während eines Starkregenereignisses wird ein Hochwasseralarm und Einsatzplan (HWAEP) benötigt. Hinweise zur Erstellung eines HWAEP können WBW (WBW, 2006) entnommen werden. Neben dem HWAEP sind u.a. folgende weitere vorbereitenden Arbeiten sinnvoll (WBW, 2016):

- Vorbereitung und richtige Lagerung von Sandsäcken
  (Jutesandsäcke trocken und leer lagern, auf verschiedene Orte verteilte Lagerung)
- Setzen und Pflegen von Lattenpegeln
- Wartung der Geräte (mind. 1 x im Jahr und immer nach einem Hochwasserfall)
- Prüfung der Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit von Ausrüstung und Material (siehe Checkliste)

Defizite beseitigen, den HW-Schutz verbessern (technische HWS-Maßnahmen)

Wie vielfache Erfahrungen bei aktuellen Hochwasserereignissen zeigen, stellen Grobrechen, Einlaufrechen und Verdolungseinläufe zentrale Schwachstellen dar. Deren Verlegung und Überlastung hat bei abgelaufenen Hochwassern vielfach zu hohen Schäden geführt. Der Bau von „optimalen“ Grobrechen und räumlichen Rechen sollte daher bei der Vorsorge (Bau und Unterhaltung) ein großes Gewicht erhalten. Beispiele für eine gute Gestaltung von Grobrechen und räumlichen Rechen enthält z.B. der WBW-Leitfaden (2017).

Daneben sind zahlreiche weitere technischen HWS-Maßnahmen sinnvoll. Nachfolgend sind in Anlehnung an den WBW-Leitfaden (2017) ausgewählte Maßnahmenbeispiele mit Literaturhinweisen zusammengestellt:

- Straßenrinnen: Kastenrinnen (WBW, 2016)
- Verdolungseinläufe: räumliche Rechen (WBW, 2016)
- Verdolungseinläufe: vorgeschaltete Grobrechen (WBW, 2016)
- Hangwasser: Leitdämme und Gräben (WBW, 2016)
- Objektschutzmaßnahme: Dammbalkensysteme, wasserdichte Türen und Fenster, Lichtschächte, … (WBW, 2016; BWK/DWA, 2013)
- Eigenvorsorge (WBW,2015; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015; Stadt Karlsruhe, 2010)

Gefahr frühzeitig erkennen, Hochwasseralarm- und Frühwarnsysteme

Hochwasserschäden können auch durch eine möglichst frühzeitige Warnung und Alarmierung verhindert oder zumindest in ihrem Ausmaß reduziert werden. So ermöglicht eine frühzeitige Alarmierung z.B. den Aufbau mobiler Schutzsysteme. Die Hochwasservorhersagezentrale des Landes (HVZ) liefert, basierend auf Messungen des Landesmessnetzes für die größeren Gewässer, online verfügbare Informationen zur aktuellen Situation sowie Kurzfristvorhersagen. Dies ermöglicht an den größeren Flusssystemen eine frühzeitige Alarmierung sowie ein effektives Hochwassermanagement.

Inzwischen haben zahlreiche Kommunen und Verbände eigene, online verfügbare Mess- und Alarmsysteme installiert. Interessant sind dabei die zwischenzeitlichen Möglichkeiten die online gemessenen Pegelwerte ins HVZ-System einzuspeisen und damit über FLIWAS3 zu verwalten (Visualisierung, Alarmierung). Beispiele für solche Alarmsysteme existieren bereits in den Einzugsgebieten der Elsenz, der Glatt oder im Leintal. Neben solch flächenhaften Systemen gibt es in der Anwendungspraxis auch Einzelpegel zur Verbesserung des Schutzes an einzelnen Gewässern, wie sie beispielsweise von der Stadt Gaggenau betrieben werden. Die Alarmsysteme liefern i.d.R. automatische Alarmierungen beim Überschreiten kritischer Wasserstände (Vaihingen, Bietigheim,…) und sind außerdem oftmals die Grundlage für Alarm- und Einsatzpläne (Wangen, …).

Die HVZ liefert neben Angaben (Messreihe, Vorhersage) zum Pegelmessnetz auch Alarmierungen für kleinere Einzugsgebiete. Der HVZ-Internetseite können auch Regenradarniederschlagsmessungen entnommen werden. Die neben dem DWD auch von weiteren Betreibern verfügbaren Radarmessungen (und Warnungen) liefern gerade bei Starkregen wertvolle Hinweise zur derzeitigen und zukünftigen Niederschlagssituation.

Maßnahmen während und nach einem HW-Ereignis

Die Aufgaben während eines Hochwassers sollten möglichst durch einen Hochwasseralarm- und Einsatzplan im Vorfeld geregelt wird. Hinweise zum Verhalten während eines Ereignisses und zur Nachsorge können WBW (2016) entnommen werden. Wesentliche Nachsorgeaufgaben sind danach:

- HWAEP hinterfragen
- Fehleranalyse
- Instandsetzung / Unterhaltung (Rechen, …) und Aufräumarbeiten (Müllentsorgung, …): Hygiene – und Vorsichtsmaßnahmen beachten

Angaben zu HW-Dokumentationen können (WBW, 2016; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2010) entnommen werden. Diese sollte möglichst zeitnah erfolgen und folgende Punkte umfassen:

- Presseberichte, HW-Fotos (Zeitpunkt, Ort), Feuerwehrberichte, … sammeln
- Zeitnahe Dokumentation des aufgetretenen Scheitelwasserstands (Markierung an Brücken, Mauern, Gebäuden)
- Karte erstellen: Fließwege, Geschwemmsellinie, betroffene Gebäude, kritische Bereiche, Verklausungen, Ausbordungen, getroffene Maßnahmen, …
- Bevölkerung einbinden (Amtsblatt, …): betroffenen Gebäude, Niederschlagsmessungen, Fotos, …
- Niederschlagsmessungen beschaffen (Privatmessung, amtliche Betreiber, …)
- Ereignisverlauf dokumentieren: Einsatz, Probleme, …
- Besonderheiten dokumentieren: Rückstau, Hagel, Verlegung durch Mähgut, …

10 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen einer Flussgebietsuntersuchung für Stein fand in einem ersten Schritt eine umfassende Bestandsanalyse des derzeitigen HW-Schutzes für die Hauptgewässer Bruchbach, Gennenbach, Fallfeldgraben, Kuchentalgraben und Heidelsterbach statt. Aktualisiert wurde hierzu das bestehende hydrologische Flussgebietsmodell des Pfinztals im rund 29 km^2 großen Gesamteinzugsgebiet des Bruchbachs. Für den Teilbereich Königsbacher Berg wurde zusätzlich ein hochaufgelöstes FGM-Detailmodell erstellt, um die Abflussverhältnisse hier möglichst realistisch nachbilden zu können Damit liegen für den Untersuchungsraum Stein Informationen (HQ_T-Werte) zu den aktuell entlang der Gewässer bzw. aus den Hangflächen auftretenden Wassermengen vor.

Um im Rahmen einer Bestandsanalyse Aussagen zu den bei einem T-jährlichen Hochwasser auftretenden Wasserständen (Überflutungen) machen zu können werden darauf aufbauend hydraulische Berechnungen benötigt. Für die beiden Hauptgewässer Bruchbach und Gennenbach liegen die von WALD+CORBE im Vorfeld angepassten hydraulischen HWGK-Modelle vor. Im Bereich des Gennenbachs wurde auf Grund der komplexen Strömungsverhältnisse im Bereich des bestehenden HRB-71 Gennenbach entschieden zusätzlich ein hydraulisches 2D-Oberflächenströmungsmodell zu erstellen. Für die Seitengewässer Fallfeldgraben, Kuchentalgraben und Heidelsterbach (offene Bereiche) wurden neue, auf aktuellen Vermessungsdaten basierende hydraulische Modell erstellt. Auf Grundlage der aus dem hydrologischen Flussgebietsmodell vorliegenden HW-Abflüsse von Ereignissen unterschiedlicher Wiederkehrzeiten (Jährlichkeiten) fanden für den Ist-Zustand hydraulische Nachrechnungen für alle 5 Gewässer statt. Die Darstellung erfolgte in Form von Überflutungskarten und HW-Längsschnitten. Dies ermöglichte im Rahmen einer Bestandsanalyse eine Abschätzung der derzeitigen Gefährdungssituation.

Anmerkung: Die beiden Seitengewässer Fallfeldgraben und Kuchentalgraben werden am Ortsrand von Stein ins Mischwassernetz eingeleitet. Für diese beiden Gewässer fanden daher ergänzende Berechnungen mit dem Kanalnetzmodell von Stein statt.

Die Bestandsanalyse zeigt, dass in Stein mit ersten Überlastungen ab ca. 10-jährlichen Hochwassern zu rechnen ist. Bei höheren Jährlichkeiten kommt es zu Überlastungen an allen 5 Hauptgewässern (Bruchbach, Gennenbach, Fallfeldgraben, Kuchentalgraben, Heidelsterbach). Im Falle großer Hochwasser (z.B. T = 100a) treten dabei massive Überflutungen in der Ortslage auf. Da die Gewässer innerorts teilweise verdolt sind, kann bei einer Überlastung das ausgebordete Wasser nur noch in geringem Maße in die verdolten Gewässer zurückfließen und wird den Gefälleverhältnissen folgend durch die Bebauung abströmen. Dies führt zu großräumigen innerörtlichen Überflutungen.

Die Bestandsanalyse zeigt damit, dass der für Innerortsbereiche i.d.R. angestrebte 100-jährliche HW-Schutz in Stein bei weitem nicht erreicht wird. Es ist davon auszugehen, dass sich durch die Folgen der Klimaänderung der unzureichende HW-Schutz zukünftig weiter reduzieren wird. Eine Verbesserung des HW-Schutzes ist daher für die Ortslage Stein anzustreben.

Das Vorliegen eines unzureichenden HW-Schutzes zeigen auch die in der jüngsten Vergangenheit aufgetretenen Schadensereignisse (1993, 2013, 2016). Zuletzt kam es bei zwei lokalen Sommergewittern in 2016

zu teilweise verheerenden Überflutungen. Insbesondere das Ereignis vom 07.06.2016 führte in Stein zu massiven Überflutungen. Allerdings zeigen die Auswertungen radargemessener Niederschläge, dass es sich bei dem lokalen Starkregenereignis um ein im Regenzentrum über 1000-jährliches Niederschlagsereignis gehandelt hat. Auch wenn durch HW-Schutzmaßnahmen nicht alle durch solche Naturkatastrophen auftretenden Überflutungen verhindert werden können, so zeigen die Nachrechnungen von statistischen Ereignissen mittlerer Jährlichkeiten ebenso wie die weiteren in der Vergangenheit aufgetretenen „kleineren“ Ereignisse, dass in Stein ein dringender Bedarf zur Verbesserung des HW-Schutzes besteht.

Entwickelt wurde eine HW-Schutzkonzeption, nach deren Umsetzung in Stein entlang der Hauptgewässer ein Schutz vor 100-jährlichen HW-Ereignissen hergestellt wird. Die entwickelte HW-Schutzkonzeption sieht den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens (HRB-Gennenbach) sowie ergänzende lokale HW-Schutzmaßnahmen an den 5 Gewässern vor. Des Weiteren wäre der Neubau eines HRB-Fallfeld dringend anzuraten, die Umsetzung dieser HWS-Maßnahme hängt jedoch in großem Maße von einer eventuellen Förderfähigkeit durch das Land Baden-Württemberg ab. Die Gesamtkosten der HW-Schutzkonzeption wurden auf ca. 5 - 6 Mio. EUR geschätzt.

Der Fallfeldgraben wird am Ortsrand dem Mischwassernetz zugeführt. Die Herstellung eines ausreichenden HW-Schutzes wäre durch die Herstellung einer neuen Bachverdolung ergänzt um ein HRB vor der Ortslage denkbar. Allerdings war eine Lösungsentwicklung aufgrund fehlender Informationen im Rahmen der FGU-Stein nicht möglich. Vorgesehen ist hier als nächster Bearbeitungsschritt die Durchführung einer Machbarkeitsstudie (einschließlich Prüfung der Möglichkeit auf Förderung der Maßnahmen).

Strebt die Gemeinde eine Umsetzung der HWS-Maßnahmen an, so sollte als nächster Bearbeitungsschritt geprüft werden, ob eine Förderung der Maßnahmen durch das Land möglich ist. Voraussetzung hierfür ist der Nachweis von deren Wirtschaftlichkeit im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Untersuchung. Da es sich um eine bezüglich der Maßnahmen (HRB-Wirkung) aufeinander abgestimmte Gesamtlösung handelt, sollte die Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) entsprechend für die Gesamtkonzeption „HWS-Stein“ erfolgen.

Im Falle einer Umsetzung der Maßnahmen sind diese nicht zeitgleich herstellbar (Kosten, Planung, Einsprüche, Grunderwerb, Absprache mit Anliegern, …). Als einer der nächsten Bearbeitungsschritte sollte daher eine Priorisierung der Maßnahmen erfolgen. Zu berücksichtigen sind dabei Aspekte wie die Ergebnisse der HRB-Sicherheitsüberprüfung, der in den einzelnen Teilbereichen derzeitige HW-Schutzgrad und das vorliegende Schadenspotenzial.

Im Rahmen der vorliegenden FGU-Stein wurde eine HW-Schutzkonzeption für die Ortslage Stein entwickelt. Wie abgelaufene Starkregenereignisse zeigen, ist auch der Ortsteil Königsbach HW-gefährdet. Vorgeschlagen wird daher eine entsprechende FGU auch für den Ortsbereich von Königsbach durchführen zu lassen.

Zusammenfassend (Ausblick) sind damit für Königsbach-Stein folgende weiteren Untersuchungen anzustreben:

- Machbarkeitsstudie HWS-Fallfeldgraben
- Nutzen-Kosten-Untersuchung der HWS-Konzeption Stein
- Prioritätenliste der HWS-Konzeption Stein
- FGU-Königsbach (einschließlich Priorisierung und NKU)

.

Quellenverzeichnis

[1]	DVWK (1991): "Starkniederschläge in der Bundesrepublik Deutschland. Erläuterungen und Ergänzungen zu KOSTRA". DVWK Schriften, Heft 97
[2]	DWA (2015): Merkblatt DWA-M 522 Kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken. Hennef, 2015
[3]	DWD (2005a): KOSTRA-DWD-2000, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000), Grundlagenbericht. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach, 2005
[4]	DWD (2005b): KOSTRA-DWD-2000, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000), Fortschreibungsbericht. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach, 2005
[5]	Ingenieurbüro Muff-Hohmann (2002): Ausbau des Mühlbachs im OT Stein, Tektur zum Planfeststellungsverfahren, Remchingen, 2002
[6]	IWG, Ihringer: Softwarepaket FGM, 2002
[7]	LfU: Festlegung des Bemessungshochwassers für Anlagen des technischen Hochwasserschutzes, 2005
[8]	LUBW: Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken. 1. Auflage: Karlsruhe, 2007
[9]	LUBW: Hinweise zu „Stauanlagen von untergeordneter Bedeutung“ – Definition, Anforderungen und Umgang. 2012
[10]	C. Lüdtke, Ingenieurbüro für Garten- und Landschaftsplanung (2003): Gewässerentwicklungsplan Königsbach-Stein, Neckargemünd, 2003
[11]	C. Lüdtke, Ingenieurbüro für Garten- und Landschaftsplanung (2004): Gewässerentwicklungskonzept Kämpfelbach, Neckargemünd, 2004
[12]	Norm DIN 19700-10:2007, Stauanlagen Teil 10: Gemeinsame Festlegungen
[13]	Norm DIN 19700-11:2007, Stauanlagen Teil 11: Talsperren
[14]	Norm DIN 19700-12:2007, Stauanlagen Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken
[15]	H.-R. Verworn (2008): Flächenabhängige Abminderung statistischer Regenwerte - KW-Korrespondenz Wasserwirtschaft, 1, H.9, 493-498,2008
[16]	WALD+CORBE (1995): „Flussgebietsuntersuchung für den Pfinz-Oberlauf, Erstellung einer Hochwasserschutzkonzeption für die Gemeinde Remchingen“, Hügelsheim 1995
[17]	WALD+CORBE (2001a): Flussgebietsuntersuchung Kämpfelbach, Erstellung einer Hochwasserschutzkonzeption für das Einzugsgebiet des Kämpfelbaches, (Ortslagen Remchingen und Königsbach-Stein), Hügelsheim 2001
[18]	WALD+CORBE (2001b): Hochwasserschutz am Kämpfelbach, Lokale Maßnahmen OT Singen, Bau einer Flutmulde, -Genehmigungsplanung-, Hügelsheim 2001
[19]	WALD+CORBE (2005): Erweiterung des Gewerbegebietes Mitteltal, Hügelsheim 2005

[20] WALD+CORBE (2011): Neubaugebiet „Am Finkenweg“, Antrag zum Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen gemäß § 45e Wassergesetz für Baden – Württemberg sowie die wasserrechtliche Erlaubnis gemäß § 8 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) i.V. mit § 57 WHG, Hügelsheim 2011

[21] WALD+CORBE (2012a): Aktualisierung des hydrologischen Flussgebietsmodells für den Pfinzoberlauf (TBG 352) und Bereitstellung von HQ_T-Werten für die HWGK-Berechnungen, - Flussgebietsmodell Pfinztal -, Hügelsheim 2012

[22] WALD+CORBE (2012b): Aktualisierung des hydrologischen Flussgebietsmodells für den Pfinzoberlauf (TBG 352), HW-Gefährdung im Bereich des Kämpfelbachoberlaufes, Hügelsheim 2012

[23] WALD+CORBE (2014): Aktualisierung der Flussgebietsuntersuchung Pfinzoberlauf im Bereich von Remchingen, Hügelsheim 2014

[24] WALD+CORBE (2015): Hydrologische und hydraulische Berechnungen im TBG 352 Pfinz, Kraichbach, Katzbach, Kleiner Bach, Leimbach, Hügelsheim 2015

[25] WALD+CORBE (2015): Hochwasserschutz Siemensstraße und Brückenrückbau Bruchbach, Planung, Vermessungsdaten, Längsschnitte, Hügelsheim 2015

[26] WALD+CORBE (2016): Aktualisierung der Flussgebietsuntersuchung Pfinztal im Bereich von Keltern, Hochwasserschutzkonzeption, Hügelsheim 2016

[27] WALD+CORBE (2017): Sicherheitsüberprüfung von 8 Hochwasserrückhaltebecken in Königsbach-Stein, Hügelsheim 2017, unveröffentlicht