

Sitz der Gesellschaft:  
Wolfener Str. 36  
12681 Berlin

Geschäftsführer:

Dr. Arne Nielsen Brink  
Jean-Francois Vanden Berghe

Tel.: 030 93651-0  
Fax: 030 93651-250  
FGLG-Info@fugro.com  
www. fugro.com

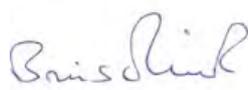
**Hochwasserstudie für die Gemeinden  
Petersberg, Künzell, Dipperz und Hofbieber**

**Auftraggeber:** **Gemeinde Petersberg**  
Rathausplatz 1  
36100 Petersberg

**Auftragnehmer:** Fugro Germany Land GmbH  
Team Oberflächenwasser  
Wolfener Str. 36U  
12681 Berlin

**Bearbeiter:** Dipl.-Hydrol. Theresa Strohbach (Projektleiterin)  
Dipl.-Hydrol. Marcus Pistorius (Projektbearbeiter)  
M.Sc. Olexiy Vorogushyn (Projektbearbeiter Hydraulik)

**Auftrags-Nr.:** **310-21-505**

**Bestätigt:**   
.....  
Kathrin Brinschwitz  
Service Line Managerin Consulting

**Datum:** Berlin, 07.03.2023

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Datengrundlagen</b> .....	<b>14</b>
2.1	Zusammenfassung bestehender Hochwasserstudien.....	14
2.2	Geobasis- und Fachdaten.....	15
2.3	Durchgeführte Vermessungsarbeiten.....	16
<b>3</b>	<b>Gebietsbeschreibung</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>Starkregengefährdung</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Hydrologische Grundlagendaten</b> .....	<b>23</b>
5.1	Pegel Melzdorf.....	23
5.2	Extreme Hochwasserereignisse.....	25
<b>6</b>	<b>Niederschlag-Abfluss-Modellierung</b> .....	<b>27</b>
6.1	Verwendete Modellsoftware.....	27
6.2	Einzugsgebietsstruktur.....	28
6.3	Modellaufbau und Parametrisierung.....	30
6.4	Modellkalibrierung.....	35
6.5	Ermittlung hydrologischer Bemessungswerte HQ(T).....	39
6.6	Modellanpassungen für Planvarianten.....	41
<b>7</b>	<b>Hydraulische Modellierung</b> .....	<b>41</b>
7.1	Verwendete Modellsoftware.....	41
7.2	Modellaufbau und Parametrisierung.....	42
7.3	Kalibrierung und Plausibilisierung.....	46
7.4	Bordvollberechnung.....	52
7.5	Modellanpassungen für Planvarianten.....	53
7.6	Ermittlung von Überflutungsflächen.....	53
<b>8</b>	<b>Ermittlung des bestehenden Schutzgrades</b> .....	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>Überblick Maßnahmenentwicklung</b> .....	<b>55</b>
9.1	Grundvariante 1 – Hochwasserrückhaltebecken.....	58
9.2	Grundvariante 2 – Technischer Hochwasserschutz innerhalb der Ortslagen.....	63
9.3	Grundvariante 3 – Maßnahmen zur Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts.....	65
<b>10</b>	<b>Nutzen-Kosten-Analyse</b> .....	<b>69</b>
10.1	Schadenspotenzialanalyse.....	69

10.2	Kostenschätzung .....	72
10.3	Nutzen-Kosten-Verhältnis .....	74
<b>11</b>	<b>Ergebnisse in den einzelnen Ortslagen .....</b>	<b>77</b>
11.1	Ortslage Steinhaus (Gemeinde Petersberg).....	77
11.1.1	Bestehender Schutzgrad .....	77
11.1.2	Grundvariante 1 .....	78
11.1.3	Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) .....	79
11.2	Ortslage Almendorf (Gemeinde Petersberg).....	81
11.2.1	Bestehender Schutzgrad .....	81
11.2.2	Grundvariante 1 .....	82
11.2.3	Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) .....	83
11.3	Ortslage Melzdorf (Gemeinde Petersberg).....	85
11.3.1	Bestehender Schutzgrad .....	85
11.3.2	Grundvariante 1 .....	86
11.3.3	Grundvariante 2 .....	87
11.3.4	Vorzugsvariante.....	89
11.4	Ortslage Margretenhaun (Gemeinde Petersberg).....	91
11.4.1	Bestehender Schutzgrad .....	91
11.4.2	Grundvariante 1 .....	93
11.4.3	Grundvariante 2.....	94
11.4.4	Vorzugsvariante.....	96
11.5	Ortslage Rex (Gemeinde Petersberg).....	98
11.5.1	Bestehender Schutzgrad .....	98
11.5.2	Grundvariante 1 .....	99
11.5.3	Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) .....	101
11.6	Ortslage Böckels (Gemeinde Petersberg).....	102
11.6.1	Bestehender Schutzgrad .....	102
11.6.2	Grundvariante 1 .....	103
11.6.3	Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) .....	104
11.7	Ortslage Wissels (Gemeinde Künzell).....	106
11.7.1	Bestehender Schutzgrad .....	106
11.7.2	Grundvariante 1 .....	107
11.7.3	Grundvariante 2.....	108

11.7.4	Vorzugsvariante.....	109
11.8	Ortslage Dirlos (Gemeinde Künzell).....	111
11.8.1	Bestehender Schutzgrad.....	111
11.8.2	Grundvariante 1.....	112
11.8.3	Grundvariante 2 (Vorzugsvariante).....	113
11.9	Ortslage Dietershausen (Gemeinde Künzell).....	115
11.9.1	Bestehender Schutzgrad.....	115
11.9.2	Grundvariante 1.....	116
11.9.3	Grundvariante 2 (Vorzugsvariante).....	117
11.10	Ortslage Dipperz (Gemeinde Dipperz).....	119
11.10.1	Bestehender Schutzgrad.....	119
11.10.2	Grundvariante 1.....	121
11.10.3	Grundvariante 2.....	122
11.10.4	Vorzugsvariante.....	124
11.11	Ortslage Wiesen (Gemeinde Hofbieber).....	126
11.11.1	Bestehender Schutzgrad.....	126
11.11.2	Grundvariante 1.....	127
11.11.3	Grundvariante 2.....	129
11.11.4	Vorzugsvariante.....	131
11.12	Ortslage Niederbieber (Gemeinde Hofbieber).....	133
11.12.1	Bestehender Schutzgrad.....	133
11.12.2	Grundvariante 1.....	134
11.12.3	Grundvariante 2.....	135
11.12.4	Vorzugsvariante.....	137
11.13	Ortslage Langenbieber (Gemeinde Hofbieber).....	139
11.13.1	Bestehender Schutzgrad.....	139
11.13.2	Grundvariante 1.....	140
11.13.3	Grundvariante 2.....	142
11.13.4	Vorzugsvariante.....	144
11.14	Ortslage Schackau (Gemeinde Hofbieber).....	145
11.14.1	Bestehender Schutzgrad.....	145
11.14.2	Grundvariante 1.....	146
11.14.3	Grundvariante 2.....	147

11.14.4	Vorzugsvariante.....	148
11.15	Ortslage Kleinsassen (Gemeinde Hofbieber).....	149
11.15.1	Bestehender Schutzgrad.....	149
11.15.2	Grundvariante 1.....	150
11.15.3	Grundvariante 2.....	151
11.15.4	Vorzugsvariante.....	154
11.16	Ortslage Traisbach (Gemeinde Hofbieber).....	156
11.16.1	Bestehender Schutzgrad.....	156
11.16.2	Grundvariante 1.....	157
11.16.3	Grundvariante 2.....	158
11.16.4	Vorzugsvariante.....	159
<b>12</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>161</b>
<b>13</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>163</b>

### Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Datengrundlagen für die Hochwasserstudie.....	16
Tabelle 2-2:	Umfang der Vermessungsarbeiten .....	17
Tabelle 2-3:	Gewässerabschnitte mit Vermessungsdaten aus dem Retentionskataster Hessen .....	17
Tabelle 3-1:	Anteil der verschiedenen Landnutzungen innerhalb des Einzugsgebiets der Haune (stromoberhalb des Haunestausees).....	20
Tabelle 3-2:	Untersuchte Gewässerabschnitte.....	21
Tabelle 4-1:	Klassifizierung der Überflutungsgefahr von Senken und Fließwegen [5].....	23
Tabelle 5-1:	Hochwassermeldestufen am Pegel Melzdorf.....	23
Tabelle 5-2:	Pegelstatistik Pegel Melzdorf (Haune).....	24
Tabelle 5-3:	Liste der extremen Hochwasserereignisse am Pegel Melzdorf.....	25
Tabelle 6-1:	Einzugsgebietsgrößen der Hauptgewässer.....	28
Tabelle 6-2:	Hydrologische Parameter der Landnutzung.....	32
Tabelle 6-3:	Hydrologische Parameter für die vorkommenden Bodenarten.....	32

Tabelle 6-4:	Messwerte zur Kalibrierung des NA-Modells.....	35
Tabelle 6-5:	Vergleich der berechneten HQ(T) mit der Pegelstatistik am Pegel Melzdorf.....	39
Tabelle 7-1:	Liste der hydraulischen Teilmodelle.....	43
Tabelle 7-2:	Verwendete Modellrauheiten (nach Kalibrierung) .....	46
Tabelle 8-1:	Übersicht zum Schutzgrad der einzelnen Ortslagen .....	55
Tabelle 9-1:	Hochwasserrückhaltebecken der Grundvariante 1 .....	59
Tabelle 9-2:	Retentionsraumgewinn und Änderung Scheitelabfluss/Scheitellaufzeit für HQ100 in Grundvariante 3.....	67
Tabelle 9-3:	Änderung Wasserspiegellagen innerhalb der Ortslagen für HQ100 in Grundvariante 3.....	69
Tabelle 10-1:	Schadensfunktionen der Nutzungsklassen .....	70
Tabelle 10-2:	Vermögenswerte der Nutzungsklassen.....	70
Tabelle 10-3:	Übersicht des Schadenserwartungswerts im Istzustand.....	71
Tabelle 10-4:	Verwendete Einheitspreise für Baukosten (Preisniveau 2021).....	73
Tabelle 10-5:	Nutzen-Kosten-Verhältnis der betrachteten Hochwasserschutzvarianten.....	75
Tabelle 11-1:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Steinhaus.....	79
Tabelle 11-2:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Steinhaus.....	80
Tabelle 11-3:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Almendorf.....	83
Tabelle 11-4:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Almendorf.....	84
Tabelle 11-5:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Melzdorf.....	87
Tabelle 11-6:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Melzdorf.....	88
Tabelle 11-7:	Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Melzdorf.....	90
Tabelle 11-8:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Margrethenhaun.....	94
Tabelle 11-9:	Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Margrethenhaun.....	95
Tabelle 11-10:	Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Margrethenhaun.....	98

Tabelle 11-11: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Rex.....	100
Tabelle 11-12: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Böckels.....	104
Tabelle 11-13: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Böckels.....	105
Tabelle 11-14: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Wissels.....	108
Tabelle 11-15: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Wissels .....	110
Tabelle 11-16: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Dirlos.....	113
Tabelle 11-17: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dirlos.....	114
Tabelle 11-18: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Dietershausen.....	117
Tabelle 11-19: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dietershausen.....	118
Tabelle 11-20: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Dipperz .....	122
Tabelle 11-21: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Dipperz .....	124
Tabelle 11-22: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Dipperz .....	125
Tabelle 11-23: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Wiesen.....	128
Tabelle 11-24: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Wiesen.....	130
Tabelle 11-25: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Wiesen.....	132
Tabelle 11-26: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Niederbieber.....	135
Tabelle 11-27: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Niederbieber.....	136
Tabelle 11-28: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Niederbieber.....	138
Tabelle 11-29: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Langenbieber.....	141
Tabelle 11-30: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Langenbieber.....	143
Tabelle 11-31: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Langenbieber.....	145
Tabelle 11-32: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Kleinsassen und Schackau.....	151
Tabelle 11-33: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Kleinsassen und Schackau.....	153
Tabelle 11-34: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Kleinsassen und Schackau....	155
Tabelle 11-35: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Traisbach .....	158

Tabelle 11-36: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Traisbach ..... 159

Tabelle 11-37: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Traisbach ..... 160

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 2-1: Übersicht der Gewässerabschnitte mit Vermessungsdaten ..... 18

Abbildung 3-1: Einzugsgebiet Haune (stromoberhalb Haunestausee) und Gemeindegrenzen  
20

Abbildung 5-1: Schlüsselkurve am Pegel Melzdorf (gültig seit 24.12.2012) mit Meldestufe 1, 2  
und 3.....25

Abbildung 5-2: Zeitliche Verteilung (Dekaden) der extremen Hochwasserereignisse am Pegel  
Melzdorf.....26

Abbildung 5-3: Zeitliche Verteilung (Monate) der extremen Hochwasserereignisse am Pegel  
Melzdorf.....27

Abbildung 6-1: Einzugsgebietsunterteilung mit urbanen Teilgebieten (schwarz schraffiert) und  
Landnutzung (siehe auch Anlage 2) .....29

Abbildung 6-2: KOSTRA-Kacheln und Niederschlagsstationen (grün: HLNUG, blau: DWD).....31

Abbildung 6-3: Flächendeckende Niederschlagssummen (Radolan) und Stationsmessungen  
für das Hochwasser vom 20.05.2019 bis 22.05.2019.....36

Abbildung 6-4: Vergleich der zeitlichen Niederschlagsverteilung von Stationsmessungen  
(HLNUG) und Radolan-Daten.....37

Abbildung 6-5: Ergebnis der Kalibrierung des NA-Modells (blau gemessene Ganglinie, rot  
Modellergebnis) .....38

Abbildung 6-6: Vergleich berechneter Scheitelabflussspenden HQ100 mit benachbarten  
Pegeln.....38

Abbildung 6-7: Hydrologischer Längsschnitt für die Haune im Istzustand .....40

Abbildung 6-8: Hydrologischer Längsschnitt für die Wanne im Istzustand .....40

Abbildung 6-9: Hydrologischer Längsschnitt für die Bieber im Istzustand.....41

Abbildung 7-1: Umgriff der hydraulischen Teilmodelle .....44

Abbildung 7-2: Vergleich der modellierten Wasserstand-Durchfluss-Beziehung mit der offiziellen Schlüsselkurve des Pegels Melzdorf .....	47
Abbildung 7-3: Straße Mahlsteg in Melzdorf, Hochwasser 21.05.2019.....	48
Abbildung 7-4: Drohnenbefliegung in Melzdorf, Hochwasser 21.05.2019.....	49
Abbildung 7-5: Modellierte Überflutungsflächen HQ50 in Margretenhaun .....	49
Abbildung 7-6: Fotodokumentation in Almendorf, Hochwasser 05.06.2021 .....	50
Abbildung 7-7: Modellierte Überflutungsflächen HQ10 in Melzdorf.....	50
Abbildung 7-8: Grundstück Philipp-Engel-Straße 19 in Almendorf, Hochwasser 05.06.2021 ...	51
Abbildung 7-9: Von Gemeinde dokumentierte Überflutungsflächen in Almendorf, Hochwasser 05.06.2021.....	51
Abbildung 7-10: Modellierte Überflutungsflächen HQ10 in Almendorf.....	52
Abbildung 9-1: Lage der untersuchten Standorte für potenzielle Hochwasserrückhaltebecken	59
Abbildung 9-2: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Haune stromoberhalb Mündung Wanne.....	61
Abbildung 9-3: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Wanne stromoberhalb Mündung in Haune.....	61
Abbildung 9-4: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Haune stromunterhalb Mündung Wanne.....	62
Abbildung 9-5: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Bieber stromoberhalb Mündung in Haune.....	62
Abbildung 9-6: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an Haune, Pegel Melzdorf.....	63
Abbildung 9-7: Untersuchte Flächen für das mögliche Anlegen von Auwäldern.....	66
Abbildung 9-8: Abflussganglinien HQ100 für Istzustand und Grundvariante 3 an der Haune (stromoberhalb Mündung Wanne.....	67

Abbildung 9-9: Abflussganglinien HQ100 für Istzustand und Grundvariante 3 an der Wanne (stromoberhalb Mündung in Haune) .....	68
Abbildung 9-10: Abflussganglinien HQ100 für Istzustand und Grundvariante 3 an der Bieber (stromoberhalb Mündung in Haune) .....	68
Abbildung 11-1: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Steinhaus .....	77
Abbildung 11-2: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Steinhaus.....	78
Abbildung 11-3: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Steinhaus.....	79
Abbildung 11-4: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Almendorf .....	81
Abbildung 11-5: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Almendorf.....	82
Abbildung 11-6: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Almendorf.....	83
Abbildung 11-7: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Melzdorf.....	85
Abbildung 11-8: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Melzdorf.....	86
Abbildung 11-9: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Melzdorf.....	87
Abbildung 11-10: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Melzdorf.....	89
Abbildung 11-11: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Margrethenhaun.....	91
Abbildung 11-12: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Margrethenhaun .....	93
Abbildung 11-13: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Margrethenhaun .....	94
Abbildung 11-14: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Margrethenhaun.....	96
Abbildung 11-15: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Rex.....	98
Abbildung 11-16: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Rex .....	99
Abbildung 11-17: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Rex..	101
Abbildung 11-18: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Böckels .....	102
Abbildung 11-19: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Böckels.....	103

Abbildung 11-20:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Böckels 104
Abbildung 11-21:	Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Wissels..... 106
Abbildung 11-22:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Wissels..... 107
Abbildung 11-23:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Wissels..... 108
Abbildung 11-24:	Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Wissels ..... 109
Abbildung 11-25:	Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Dirlos..... 111
Abbildung 11-26:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Dirlos..... 112
Abbildung 11-27:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dirlos 113
Abbildung 11-28:	Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Dietershausen..... 115
Abbildung 11-29:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Dietershausen..... 116
Abbildung 11-30:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dietershausen..... 117
Abbildung 11-31:	Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Dipperz..... 119
Abbildung 11-32:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Dipperz..... 121
Abbildung 11-33:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Dipperz..... 122
Abbildung 11-34:	Überflutungsfläche HQ100 für Vorzugsvariante in Dipperz..... 124
Abbildung 11-35:	Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Wiesen..... 126
Abbildung 11-36:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Wiesen..... 127
Abbildung 11-37:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Wiesen..... 129
Abbildung 11-38:	Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Wiesen ..... 131
Abbildung 11-39:	Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Niederbieber..... 133
Abbildung 11-40:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Niederbieber ..... 134
Abbildung 11-41:	Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Niederbieber ..... 135
Abbildung 11-42:	Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Niederbieber..... 137

Abbildung 11-43: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Langenbieber.....	139
Abbildung 11-44: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Langenbieber .....	140
Abbildung 11-45: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Langenbieber .....	142
Abbildung 11-46: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Langenbieber .....	144
Abbildung 11-47: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Schackau.....	145
Abbildung 11-48: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Schackau.....	146
Abbildung 11-49: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Schackau.....	147
Abbildung 11-50: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Schackau .....	148
Abbildung 11-51: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Kleinsassen .....	149
Abbildung 11-52: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Kleinsassen.....	150
Abbildung 11-53: Verlauf des Fangegrabens für Grundvariante 1 in Kleinsassen.....	151
Abbildung 11-54: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Kleinsassen.....	152
Abbildung 11-55: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Kleinsassen .....	154
Abbildung 11-56: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Traisbach .....	156
Abbildung 11-57: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Traisbach.....	157
Abbildung 11-58: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Traisbach.....	158
Abbildung 11-59: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Traisbach.....	159

### **Anlagenverzeichnis**

Anlage 1	Fließweganalyse, Kartenmaßstab 1 : 10.000
Anlage 2	Einzugsgebietsunterteilung, Kartenmaßstab 1 : 45.000
Anlage 3	DWD-KOSTRA-2010R Niederschläge
Anlage 4	Hydrologischer Längsschnitt im Istzustand
Anlage 5	Hydrologischer Längsschnitt für Grundvariante 1 und Vorzugsvariante
Anlage 6	Pegelstatistik am Pegel Melzdorf / Haune
Anlage 7	Bordvolle Leistungsfähigkeit der Gewässer

- Anlage 8      Wassertiefen HQ(T) im Istzustand, Kartenmaßstab 1 : 5.000
- Anlage 9      Wassertiefen HQ100 für die Grundvariante 1, Kartenmaßstab 1 : 5.000
- Anlage 10     Wassertiefen HQ100 für die Grundvariante 2, Kartenmaßstab 1 : 5.000
- Anlage 11     Maßnahmenkarte für die Grundvariante 2, Kartenmaßstab 1 : 2.000
- Anlage 12     Wassertiefen HQ100 für die Grundvariante 3, Kartenmaßstab 1 : 5.000
- Anlage 13     Wassertiefen HQ100 für die Vorzugsvariante, Kartenmaßstab 1 : 5.000
- Anlage 14     Maßnahmenkarte für die Vorzugsvariante, Kartenmaßstab 1 : 2.000
- Anlage 15     Schadenspotenzialanalyse für den Istzustand
- Anlage 16     Schadenspotenzialanalyse für die Grundvariante 1
- Anlage 17     Schadenspotenzialanalyse für die Grundvariante 2
- Anlage 18     Schadenspotenzialanalyse für die Vorzugsvariante
- Anlage 19     Maßnahmenliste
- Anlage 20     Grobkostenschätzung

## **1      Veranlassung**

Die vergangenen Hochwasserereignisse an Haune, Wanne und Bieber, insbesondere in den Jahren 2013 und 2018 und später auch 2019, veranlassten die betroffenen, räumlich und verwaltungstechnisch eng verflochtenen Gemeinden Petersberg, Künzell, Hofbieber und Dipperz im Jahr 2018 die Beauftragung der Bearbeitung eines Konzepts zur Reduzierung der Hochwasserrisiken auszulösen.

Im Rahmen des ausgearbeiteten Konzepts wurden für alle Gemeinden die Überflutungsrisiken und mögliche Maßnahmen zur Minderung des Schadensrisikos für den Fall von Starkregenereignissen oder generell für hohe Wasserstände in den Gewässern erarbeitet. Schwerpunkt der Untersuchung war die Untersuchung potenzieller Hochwasserrückhaltebecken.

Um eine Förderfähigkeit von möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen zu gewährleisten, wurde von den beteiligten Gemeinden 2021 eine vertiefende Studie beauftragt, welche hiermit vorliegt und die folgenden Leistungen umfasst:

- Grundlagenermittlung, Datensammlung und Aufbereitung
- Aufbau eines Niederschlag-Abfluss-Modells und Plausibilisierung für den Istzustand
- Ermittlung der Überschwemmungsgebiete Istzustand
- Starkregengefährdung
- Schadenspotentialanalyse
- Maßnahmenplan zur Erreichung des definierten Schutzniveaus
- Variantenuntersuchung
- Ausarbeiten der gewählten Lösung (Vorzugsvariante)
- Nutzen-Kosten-Analyse

## **2      Datengrundlagen**

### **2.1    Zusammenfassung bestehender Hochwasserstudien**

Aufgrund der engen, räumlichen und verwaltungstechnischen Verflochtenheit der Gemeinden Petersberg, Künzell, Dipperz und Hofbieber, sowie den ähnlich gelagerten Problemen in Bezug auf das Thema Hochwasser, gaben alle vier Gemeinden im Jahr 2018 die Erarbeitung eines Konzepts zur Reduzierung der Hochwasserrisiken in Auftrag [1] [2] [3] [4]. Im Rahmen der ausgearbeiteten Studie wurden für alle Gemeinden mögliche Hochwasserschutzmaßnahmen erarbeitet.

Die wesentlichen Handlungsfelder der Studien waren der natürliche und technische Wasserrückhalt.

Für mehrere potenzielle Hochwasserrückhaltebecken wurde im Rahmen der Studie die Wirksamkeit mittels Niederschlag-Abfluss-Modellierung nachgewiesen. So konnte die mögliche Abflusssdrosselung der Becken für drei Hochwasserszenarien ermittelt werden. Für die vorgeschlagenen Maßnahmen wurde eine Priorisierung für eine mögliche Umsetzung sowie eine Kostenschätzung aufgestellt.

Insgesamt wurden 15 Hochwasserrückhaltebecken (HRB) mit einem Gesamtvolumen von 341 Tm<sup>3</sup> mit einer hohen Priorität vorgeschlagen. Die ermittelten Gesamtkosten für diese 15 HRB wurden mit 10,5 Mio. EUR angegeben. Zusätzlich wurden 6 Maßnahmen zur Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts vorgeschlagen, welche mit einem Retentionsvolumen von 474 Tm<sup>3</sup> und Gesamtkosten in Höhe von 1,5 Mio. EUR angegeben wurden.

Im Rahmen der Studie erfolgte keine hydraulische Modellierung, sodass keine Aussagen zur Wirkung der Maßnahmen auf die Überflutungsflächen getroffen werden konnten. Dementsprechend konnte auch keine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden.

Da die Kosten-Nutzen-Analyse eine wichtige Voraussetzung für die Förderfähigkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen ist, wurde eine ergänzende Studie vorgesehen, welche mit dem hier vorliegenden Bericht dokumentiert wird.

## **2.2 Geobasis- und Fachdaten**

Folgende Datengrundlagen wurden für die Erarbeitung der Hochwasserstudie recherchiert. Die Bereitstellung der Daten des HLNUG erfolgte über das Regierungspräsidium Kassel. Außerdem stellte das Ingenieurbüro Falkenhahn und Partner mbB umfassende Daten aus deren Altuntersuchung bereit.

Von den Gemeinden wurden umfangreiche Daten zu den Hochwasserereignissen von 2018 und 2019 bereitgestellt (Einsatzberichte, Schadensmeldungen, Bilder, Videos).

**Tabelle 2-1: Datengrundlagen für die Hochwasserstudie**

<b>Datengrundlagen</b>	<b>Bereitstellungsdatum</b>	<b>Quelle</b>
Digitales Geländemodell DGM1	22.08.2021	HVBG
Liegenschaftskataster ALKIS	22.08.2021	HVBG
Topografische Karte DTK25	WMS-Dienst	HVBG
Orthofotos DOP20	WMS-Dienst	HVBG
Bodenflächendaten BFD50	04.08.2021	HLNUG
Gewässernetz	25.06.2021	HLNUG
Festgesetztes Überschwemmungsgebiet	25.06.2021	HLNUG
Vermessungsdaten (Haune, Wanne, Bieber, Traisbach)	25.06.2021 03.11.2021	HLNUG IB Falkenhahn
Pegelstatistik, Schlüsselkurve und Abflussganglinie Pegel Melzdorf (Haune)	29.06.2021	HLNUG
Niederschlagsdaten Fulda-Gläserzell und Dipperz-Giegenberg und DWD-KOSTRA 2010-R	29.07.2021	HLNUG Fugro
Bestandsmaßnahmen und laufende Planungen Gewässer Gemeinde Künzell	27.07.2021	Gem. Künzell
Kanalnetzpläne Gemeinde Petersberg, Künzell, Dipperz	26.10.2021 30.04.2021	AWV Fulda Gem. Dipperz
Planungsunterlagen Renaturierung in Dipperz	03.11.2021	IB Falkenhahn
Umfangreiche Unterlagen der Altstudie [1] [2] [3] [4]	03.11.2021	IB Falkenhahn

### 2.3 Durchgeführte Vermessungsarbeiten

Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchung wurden auf einer Länge von insgesamt 26,4 km Vermessungen an Gewässern durchgeführt. Die Vermessungen wurden von Fugro geplant und vom Vermessungsbüro GeoVogt durchgeführt:

**GeoVogt Ingenieure GmbH**

Herr Klaus Münch

Leerser Straße 16

08209 Auerbach/Vogtland

Nachfolgende Tabelle dokumentiert den Umfang der durchgeführten Vermessungsarbeiten:

**Tabelle 2-2: Umfang der Vermessungsarbeiten**

	Gewässer- länge [km]	Anzahl Vermessungsprofile			
		Gerinne	Brücke	Sonstige	Summe
Haune	11,5	159	36	18	<b>212</b>
Mühlgräben	0,6	4	9	3	<b>16</b>
Traisbach	0,8	11	2	-	<b>13</b>
Bieber	7,1	83	24	6	<b>113</b>
Almendorfer Wasser	1,4	22	6	-	<b>28</b>
Entwässerungsgraben B458	0,6	6	-	11	<b>17</b>
Grumbach	0,9	13	8	-	<b>21</b>
Holzbach	1,0	16	4	4	<b>24</b>
Holzgrundwasser	1,0	10	-	4	<b>14</b>
Horbach	0,4	7	-	4	<b>11</b>
Sommersbach	1,1	19	6	4	<b>29</b>
<b>Summe</b>	<b>26,4</b>	<b>350</b>	<b>95</b>	<b>54</b>	<b>498</b>

Für die restlichen Gewässerabschnitte konnte auf Vermessungsdaten zurückgegriffen werden, welche vom Land Hessen im Rahmen des sogenannten Retentionskataster Hessen (RKH) aufgenommen wurden:

**Tabelle 2-3: Gewässerabschnitte mit Vermessungsdaten aus dem Retentionskataster Hessen**

Gewässer	Gewässerlänge
Haune	12,1 km
Wanne	9,9 km
Bieber	6,8 km
Traisbach	1,6 km
Mühlgräben	2,7 km
<b>Summe</b>	<b>33,1 km</b>

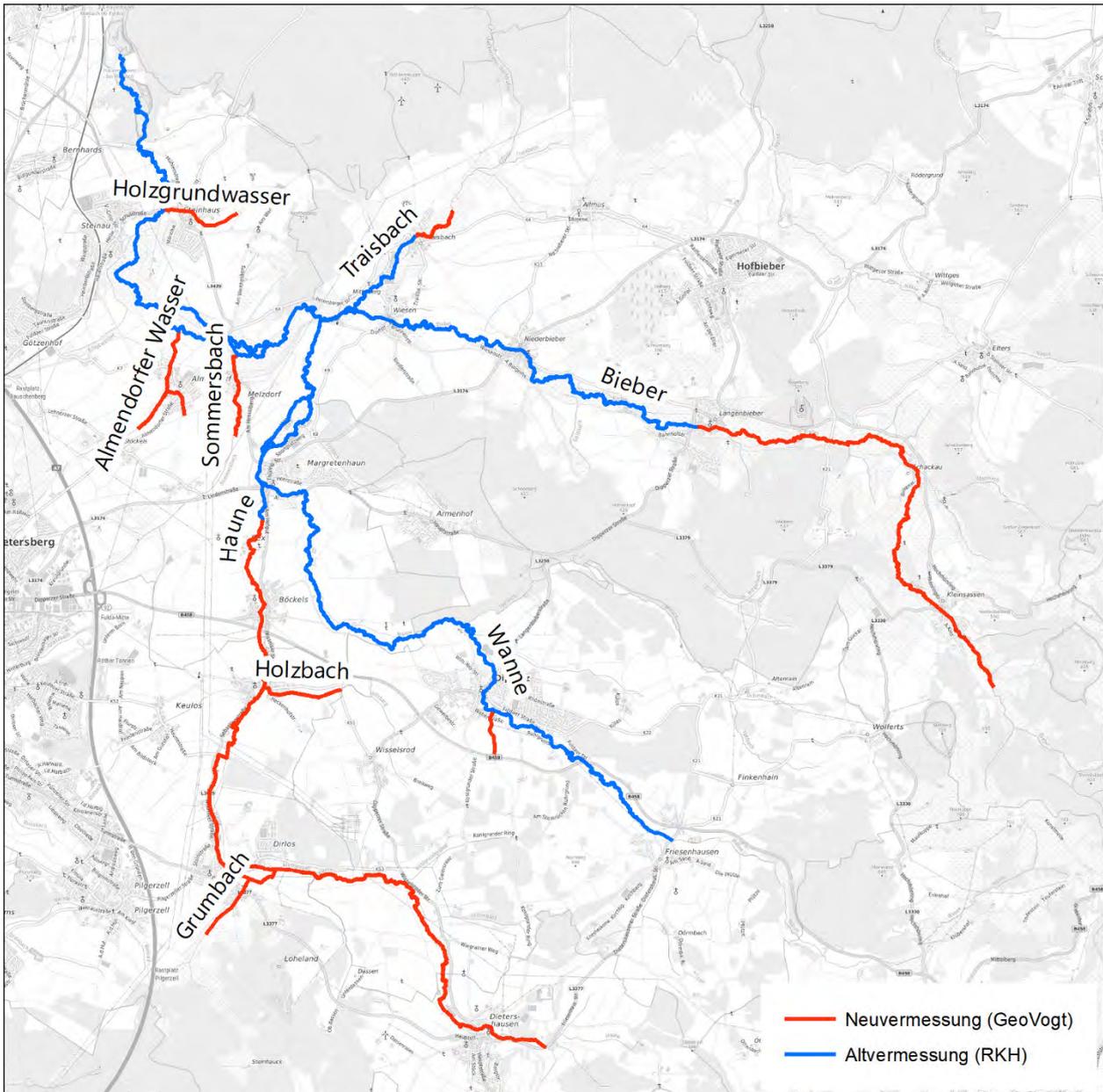


Abbildung 2-1: Übersicht der Gewässerabschnitte mit Vermessungsdaten

### 3 Gebietsbeschreibung

Das Untersuchungsgebiet der Hochwasserstudie umfasst das Einzugsgebiet der Haune (stromoberhalb des Haunestausees) auf den Gemeindeflächen von Petersberg, Künzell, Dipperz und Hofbieber (siehe Abbildung 3-1).

Das Einzugsgebiet der Haune stromoberhalb des Haunestausees besitzt eine Fläche von 146 km<sup>2</sup>. Davon entfallen fallen 31,1 km<sup>2</sup> auf die Gemeinde Petersberg, 17 km<sup>2</sup> auf die Gemeinde Künzell, 30 km<sup>2</sup> auf die Gemeinde Dipperz und 44,7 km<sup>2</sup> auf die Gemeinde Hofbieber.

Die Flächen sind überwiegend von Wald (32,3 %) sowie Acker (28,3 %) und Grünland (25,8 %) geprägt. Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen nehmen gemeinsam einen Anteil von 12,4 % ein (siehe Tabelle 3-1).

Die Morphologie des Untersuchungsgebiets wird insbesondere von den Tälern der Hauptgewässer Haune, Wanne und Bieber (mit Traisbach) geprägt. Die Gewässer fließen von Südost von den Ausläufern des Mittelgebirges Rhön nach Nordwest bis zum Haunestausee. Die Wanne mündet dabei in der Ortslage Margrethenhaun in die Haune. Der Traisbach gemeinsam mit der Bieber zwischen den Ortslagen Melzdorf und Wiesen in die Haune. Bei allen Gewässern handelt es sich um Gewässer 3. Ordnung. Lediglich die Haune, stromunterhalb der Mündung der Wanne, stellt ein Gewässer 2. Ordnung dar.

In den Mittelgebirgslagen der Röhn treten innerhalb des Untersuchungsgebiets sehr hohe Geländegefälle auf. Die Täler sind hier schmal und steil. Nach Nordwesten flacht sich das Gelände aber stark ab, sodass die Haune stromunterhalb der Mündung der Bieber in einer flachen und ca. 500 m breiten Aue verläuft. Den höchste Punkt innerhalb des Untersuchungsgebiets stellt die Milseburg dar (835 m NHN). Bis zum Haunestausee (275 m NHN) wird ein Höhenunterschied von 560 m überbrückt.

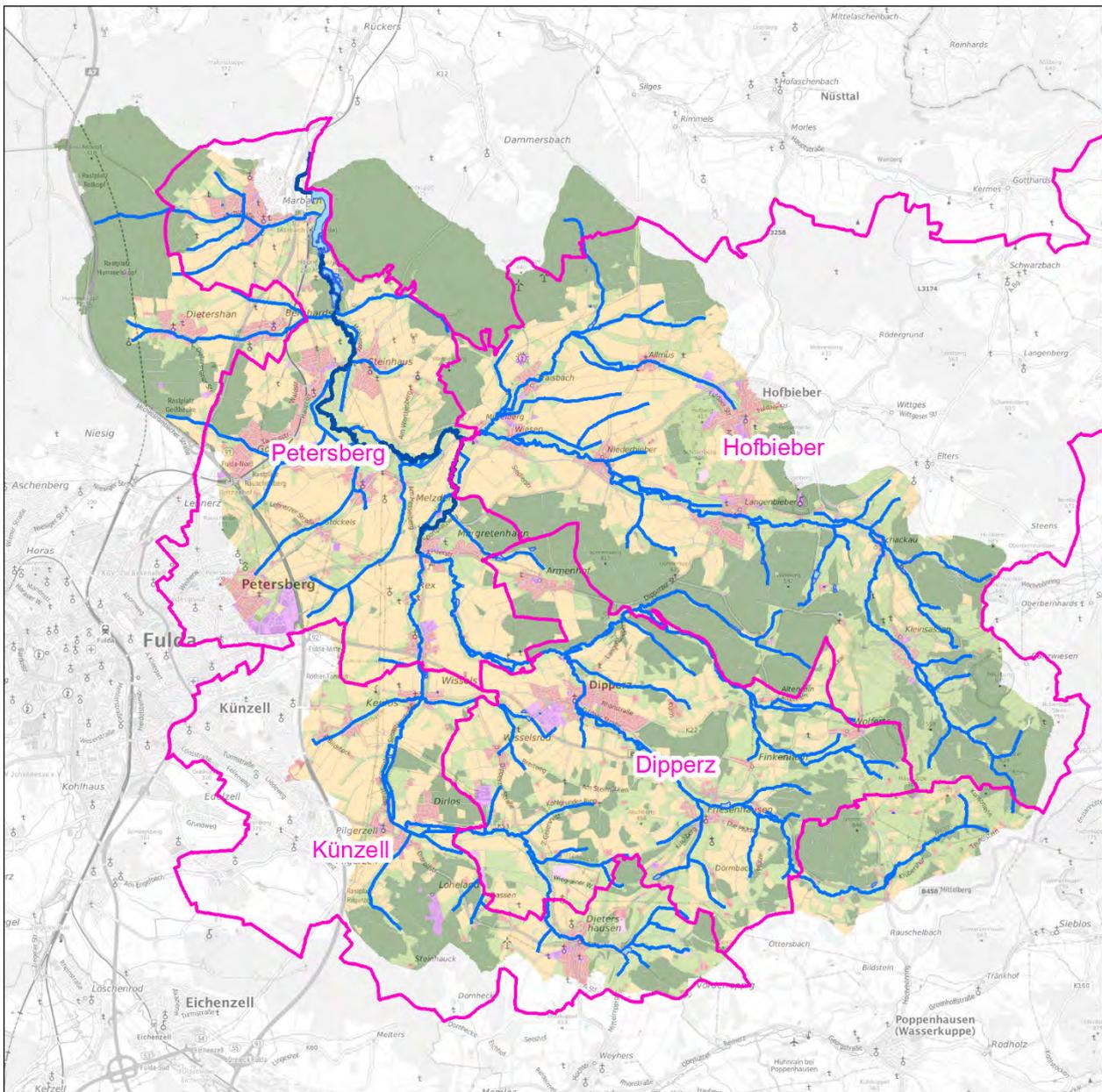


Abbildung 3-1: Einzugsgebiet Haune (stromoberhalb Haunestausee) und Gemeindegrenzen

Tabelle 3-1: Anteil der verschiedenen Landnutzungen innerhalb des Einzugsgebiets der Haune (stromoberhalb des Haunestausees)

Landnutzung	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Flächenanteil
Wald	47,26	32,3%
Acker	41,46	28,3%
Grünland	37,74	25,8%
Verkehr	9,10	6,2%

Landnutzung	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Flächenanteil
Siedlung	7,37	5,0%
Gewerbe	1,72	1,2%
Gewässer	1,30	0,9%
Sonstige	0,29	0,2%
<b>Gesamt</b>	<b>146,25</b>	<b>100%</b>

Für die Hochwasserstudie wurden insbesondere die nachfolgenden Gewässer untersucht:

**Tabelle 3-2:     Untersuchte Gewässerabschnitte**

Gewässer	Gewässerkennzahl	Lage
<b>Hauptgewässer</b>		
Haune	426	Stromoberhalb Haunestausee bis stromoberhalb Ortslage Dietershausen
Wanne	4262	Mündung in Haune bis Ortslage Friesenhauen
Bieber	42642	Mündung in Haune bis stromoberhalb Ortslage Kleinsassen
Traisbach	4264	Mündung in Bieber bis stromoberhalb Ortslage Traisbach
<b>Nebengewässer</b>		
Holzgrundwasser	4265152	Mündung in Haune bis stromoberhalb Ortslage Steinhaus
Almendorfer Wasser	42651512	Mündung in Haune bis stromoberhalb Ortslage Almendorf
Horbach	(ohne)	Ortslage Almendorf
Sommersbach	42651324	Mündung in Mühlgraben (Haune) bis stromoberhalb Ortslage Melzdorf
Holzbach	42614	Mündung in Haune bis stromoberhalb Ortslage Wissels
Grumbach	4261318	Mündung in Haune bis Stromoberhalb Ortslage Dirlos

Gewässer	Gewässerkennzahl	Lage
Entwässerungsgraben B458	4262314	Ortslage Dipperz

#### 4 Starkregengefährdung

Starkregenereignisse sind häufig die Ursache für Hochwasser an Gewässern zweiter und dritter Ordnung. Je kleiner das Einzugsgebiet des Gewässers ist, desto eher wird dieses Einzugsgebiet vollständig überregnet, was zu Hochwasser am Gewässer führt.

Um Starkregengefahren zu identifizieren, wurde eine Fließweganalyse für das Einzugsgebiet der Haune (stromoberhalb des Haunestausees) durchgeführt. Die Fließwege wurden auf Grundlage der Empfehlungen nach DWA-M 119 [5] GIS-gestützt ermittelt und hinsichtlich des von ihnen ausgehenden Gefährdungspotentials bewertet. Neben Starkregenfließwegen wurden auch Geländesenken identifiziert und bewertet.

Grundlage für diese Analyse bildete das digitale Geländemodell mit einer Auflösung von 1x1 m (DGM1). Eine Berücksichtigung von Durchlässen und Verrohrungen ist bei dieser Methode nicht möglich. Um möglichst plausible und durchgängige Fließwege zu erzielen, wurden in dem DGM1 zunächst Geländesenken automatisiert gefüllt (ArcGIS-Tool „Füllung“). Anschließend wurden mit dem ArcGIS-Tool „Abflussakkumulation“ die Fließwege ermittelt. Das Ergebnis stellt ein Raster dar, dessen Werte die Anzahl der Rasterzellen wiedergibt, welche in diese Zelle entwässern. Die Ausdehnung und das Volumen von Senken wurde über die Differenz des DGM1 mit gefüllten Senken und dem ursprünglichen, ungefüllten DGM1 ermittelt.

Auf diese Weise können belastungsunabhängige Intensitäten ermittelt werden, die zur Klassifizierung der Überflutungsrelevanz herangezogen werden können. Die Überflutungsrelevanz wurde entsprechend DWA-M 119 [5] für Fließwege und Geländesenken wie folgt klassifiziert:

**Tabelle 4-1: Klassifizierung der Überflutungsgefahr von Senken und Fließwegen [5]**

Gefahren- klasse	Überflutungs- gefahr	Spezifisches Retentionsvolu- men einer Senke	Akkumulierte Einzugsgebiets- fläche entlang eines Fließ- weges
1	Gering	Abseits einer Senke	Abseits eines Fließweges (<1ha)
2	Mäßig	100 m <sup>3</sup> /ha bis >500 m <sup>3</sup> /ha	1 ha bis 5 ha
3	Hoch	50 m <sup>3</sup> /ha bis 100 m <sup>3</sup> /ha	5 ha bis 10 ha
4	Sehr hoch	<50 m <sup>3</sup> /ha	> 10 ha

Bei einer Überlagerung von Starkregenfließwegen und Geländesenken nimmt die Überflutungsgefahr innerhalb der Senke zu. Daher wurde bei Überlagerungen immer die höhere der beiden Gefährdungsklassen für die Senke gewählt. Kreuzt beispielsweise ein Fließweg mit einer hohen Überflutungsgefahr eine Senke mit mäßiger Gefährdung, wird die Überflutungsgefahr der Senke als hoch eingestuft.

Die Ergebnisse der Fließweganalyse sind in Anlage 1 als Detailkarten dokumentiert.

## 5 Hydrologische Grundlagendaten

### 5.1 Pegel Melzdorf

Stromunterhalb der Mündung der Bieber existiert an der Haune (Gewässer 2. Ordnung) der Oberflächenwasserpegel Melzdorf (ID 42650050, Flusskilometer 47 km, rechtes Ufer). Der Pegel wird seit 1976 vom Wasserverband Haune betrieben und stellt einen Hochwassermeldepegel mit folgenden Meldestufen dar:

**Tabelle 5-1: Hochwassermeldestufen am Pegel Melzdorf**

	Pegelstand	Wasserspiegellage (Pegelnul = 291,62 m NHN)
Meldestufe 1	220 cm	293,82 m NHN
Meldestufe 2	250 cm	294,12 m NHN
Meldestufe 3	290 cm	294,52 m NHN

Das Einzugsgebiet des Pegels ist 107,7 km<sup>2</sup> groß und umfasst neben der Haune die Einzugsgebiete von Wanne und Bieber.

Vom HLNUG wurde die aktuell gültige Pegelstatistik des Pegels Melzdorf zur Verfügung gestellt, welche die geprüften Abflüsse von 1976 bis 2019 und die Rohdaten von 2020 berücksichtigt:

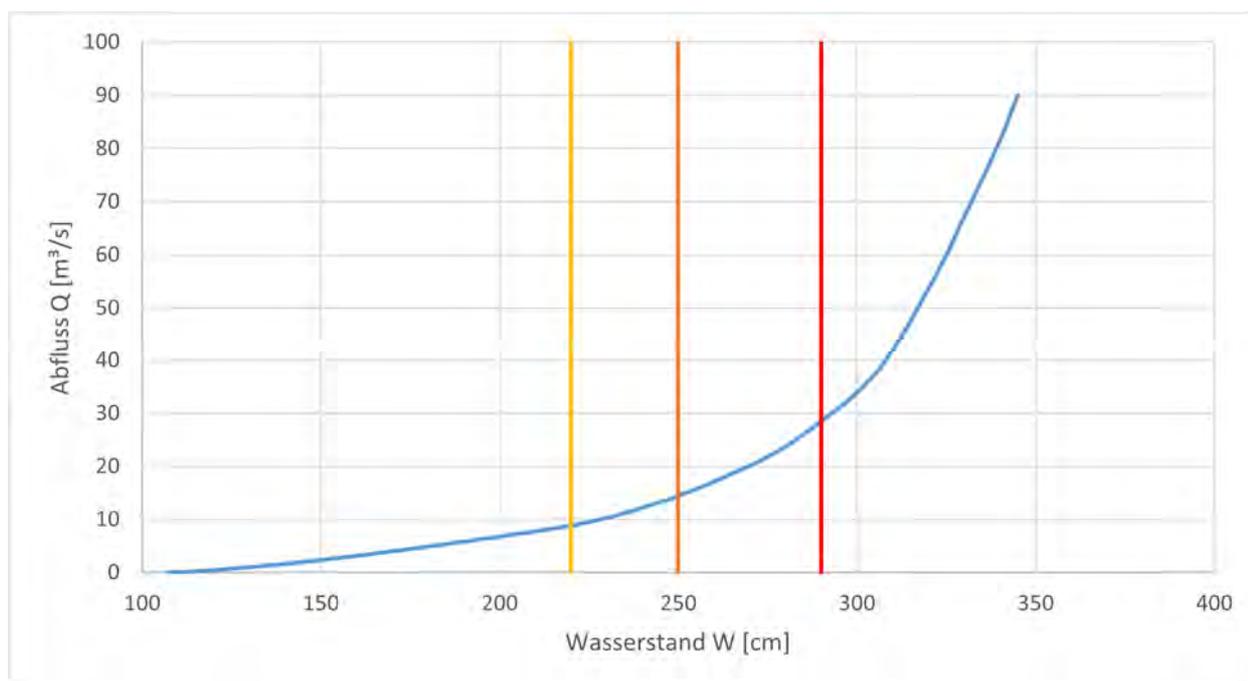
**Tabelle 5-2: Pegelstatistik Pegel Melzdorf (Haune)**

	<b>Scheitelabfluss [m<sup>3</sup>/s]</b>
<b>HQ2</b>	<b>26,2</b>
HQ5	36,7
<b>HQ10</b>	<b>44,7</b>
HQ20	54,5
HQ25	57,8
<b>HQ50</b>	<b>68,6</b>
<b>HQ100</b>	<b>80,2</b>
<b>HQextrem (*)</b>	<b>104,26</b>

*(\*) Hierbei handelt es sich um keinen Wert aus der offiziellen Pegelstatistik des HLNUG. Der Wert für HQextrem wurde in Anlehnung an die Hochwasserrisikomanagementpläne in Hessen mit dem 1,3-fachen des HQ100 angesetzt.*

In der vorliegenden Hochwasserstudie werden die Hochwasserszenarien HQ2, HQ10, HQ50, HQ100 und HQextrem untersucht.

Neben der Pegelstatistik wurden für den Pegel Melzdorf vom HLNUG die aktuell gültige Schlüsselkurve und Abflussmessungen vom 01.11.2009 bis 29.06.2021 bereitgestellt. Die aktuelle Schlüsselkurve ist seit dem 24.12.2012 gültig und stellt eine Wasserstand-Durchfluss-Beziehung dar:



**Abbildung 5-1: Schlüsselkurve am Pegel Melzdorf (gültig seit 24.12.2012) mit Meldestufe 1, 2 und 3**

## 5.2 Extreme Hochwasserereignisse

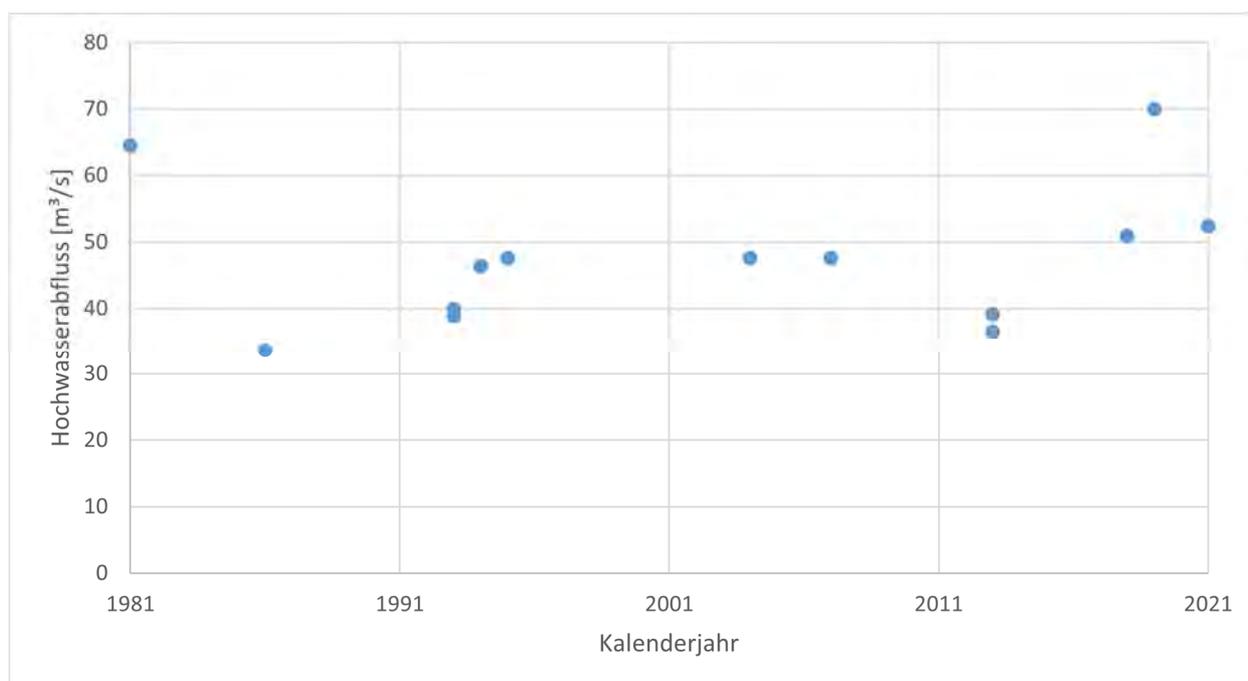
Auf Grundlage des Gewässerkundlichen Jahrbuches DGJ von 2017 und den vorliegenden Abflussmessungen zwischen November 2009 bis Juni 2021 wurden für den Pegel Melzdorf folgende extreme Hochwasserereignisse zusammengestellt:

**Tabelle 5-3: Liste der extremen Hochwasserereignisse am Pegel Melzdorf**

Scheitelabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Abflusspende [l/s/km <sup>2</sup> ]	Pegelstand [cm]	Statistische Einordnung	Datum
70,0	648	332	HQ50 bis HQ100	21.05.2019
64,5	599	321	HQ25 bis HQ50	11.08.1981
52,4	485	319	HQ10 bis HQ20	29.01.2021
50,9	471	318	HQ10 bis HQ20	13.04.2018
47,6	442	317	HQ10 bis HQ20	28.09.2007
47,6	442	313	HQ10 bis HQ20	07.05.2004
47,6	442	309	HQ10 bis HQ20	22.01.1995
46,4	431	308	HQ10 bis HQ20	13.04.1994
39,9	370	302	HQ5 bis HQ10	29.01.1993

Scheitelabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Abflusspende [l/s/km <sup>2</sup> ]	Pegelstand [cm]	Statistische Einordnung	Datum
39,1	363	307	HQ5 bis HQ10	27.05.2013
38,9	361	301	HQ5 bis HQ10	12.01.1993
36,5	339	304	HQ5	31.05.2013
33,6	312	297	HQ2 bis HQ5	31.03.1986

Der höchste gemessene Abfluss von 70,0 m<sup>3</sup>/s (Hochwasser Mai 2019) liegt entsprechend Pegelstatistik knapp über einem HQ50 (68,6 m<sup>3</sup>/s, siehe Tabelle 5-2). Die Mehrheit der bisher erfassten extremen Hochwasserereignisse lässt sich zwischen HQ10 und HQ20 einordnen.



**Abbildung 5-2: Zeitliche Verteilung (Dekaden) der extremen Hochwasserereignisse am Pegel Melzdorf**

Wie in Abbildung 5-2 ersichtlich, traten drei der vier höchsten Hochwasserereignisse am Pegel Haune in der Dekade 2011 bis 2020 und 2021 auf. In den Dekaden 1991 bis 2000 und 2011 bis 2020 traten mit jeweils 4 Hochwasserereignissen am meisten Extremereignisse auf. Auf Grundlage der Zeitreihe lässt sich kein eindeutiger Trend erkennen, jedoch stellt die Dekade von 2011 bis 2020 einen Zeitraum mit besonders vielen und auch schweren Hochwasserereignissen dar.

Die extremen Hochwasserereignisse treten dabei primär zwischen Januar und Mai auf. Hier können neben dem Niederschlag insbesondere gefrorene Böden, Schneeschmelze und eine hohe

Vorfeuchte des Bodens einen entscheidenden Einfluss auf die Hochwasserentstehung haben. Nur zwei von 13 Ereignisse fallen in die zweite Jahreshälfte.

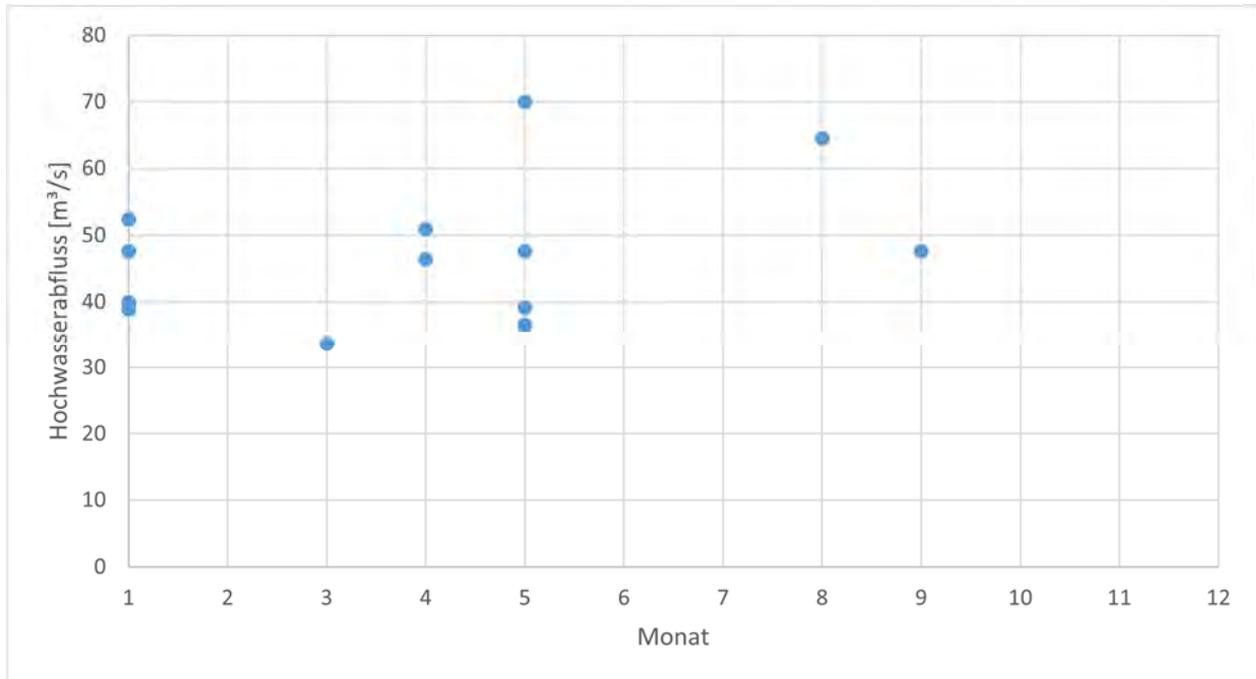


Abbildung 5-3: Zeitliche Verteilung (Monate) der extremen Hochwasserereignisse am Pegel Melzdorf

## 6 Niederschlag-Abfluss-Modellierung

### 6.1 Verwendete Modellsoftware

Das Niederschlag-Abfluss-Modell wurde mit der Simulationssoftware NASIM, Version 4.5.3 der Firma Hydrotec GmbH Aachen aufgebaut.

NASIM bildet die gesamte Entwässerungsstruktur durch sogenannte Systemelemente in einem Systemplan ab. Die Systemelemente verkörpern dabei in erster Linie die Teilgebiete (Einzugsgebiete). Zusätzlich können durch die Verwendung von Transportelementen Verrohrungen, Gerinne, Verzweigungen und Speicher abgebildet werden. Dadurch ist es möglich, komplexe Einzugsgebiete einschließlich urbaner, kanalisierter Gebiete zu modellieren.

Die Abflussbildung wird in NASIM anhand von Elementarflächen berechnet. Diese Elementarflächen stellen hydrologisch ähnlich reagierende Teilflächen (Hydrotpe) dar, welche sich aus der Verschneidung von Landnutzung und Bodeneigenschaften ergeben und daher einheitlich parametrisiert werden können.

Die Abflusskonzentration wird durch die sogenannte Zeitflächenfunktion und die Verwendung von Linearspeichern simuliert. Dabei wird zwischen unversiegelten und versiegelten Flächen un-

terschieden. Durch die Verwendung von urbanen Teilgebieten ist es zudem möglich, den Abfluss, welcher sich auf versiegelten Flächen bildet, separat an Systemelemente zu verschicken und auf diese Weise den Einfluss einer Kanalisation abzubilden.

Die Wellenverformung und Translation wird anhand von repräsentativen Gerinneprofilen bzw. der Kanalgeometrie ermittelt.

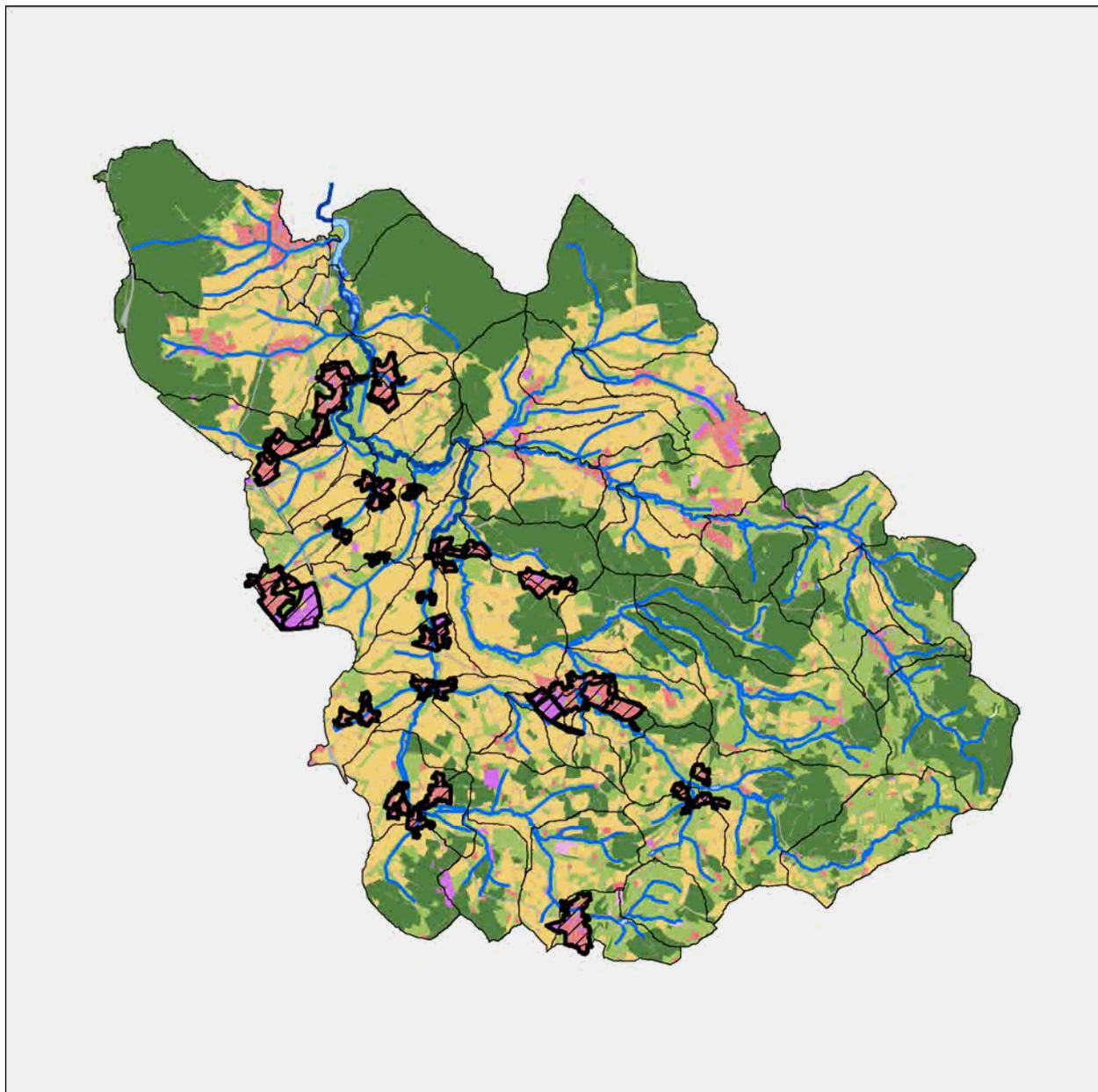
## 6.2 Einzugsgebietsstruktur

Für die Niederschlag-Abfluss-Modellierung wurde das Einzugsgebiet der Haune (stromoberhalb des Haunestausees) in mehrere Teilgebiete unterteilt. Die Unterteilung richtet sich dabei in erster Linie nach der natürlichen Entwässerungsstruktur und dem Gewässernetz (siehe Abbildung 6-1). Die Hauptgewässer bilden Haune, Wanne, Bieber und Traisbach.

Insgesamt wurden 62 natürliche Teileinzugsgebiete mit einer Gesamtfläche von 146,1 km<sup>2</sup> abgegrenzt (siehe Tabelle 6-1). Die Teilflächen weisen eine Größe zwischen 0,3 km<sup>2</sup> und 7,6 km<sup>2</sup> (Mittelwert 2,4 km<sup>2</sup>) auf.

**Tabelle 6-1: Einzugsgebietsgrößen der Hauptgewässer**

	<b>Anzahl natürlicher Teilgebiete</b>	<b>Fläche [km<sup>2</sup>]</b>
Haune	35	71,7 km <sup>2</sup>
Wanne	11	33,4 km <sup>2</sup>
Bieber	12	26,6 km <sup>2</sup>
Traisbach	4	14,5 km <sup>2</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>62</b>	<b>146,1 km<sup>2</sup></b>



**Abbildung 6-1: Einzugsgebietsunterteilung mit urbanen Teilgebieten (schwarz schraffiert) und Landnutzung (siehe auch Anlage 2)**

Für die Gemeinden Petersberg, Künzell und Dipperz wurden zudem urbane Teileinzugsgebiete berücksichtigt. Diese bilden kanalisierte Flächen ab, welche durch Regenwassereinleitungen und Regenüberläufe direkt in die Untersuchungsgewässer einleiten (Vergleich Tabelle 3-2). Grundlage für die Abgrenzung dieser Flächen waren die bereitgestellten Kanalnetzpläne. Für die Gemeinde Hofbieber wurden keine Kanalnetzpläne übergeben, weshalb hier der Einfluss der Kanalisation vereinfacht abgebildet wurde.

Insgesamt wurden 40 Regenwassereinleitungen, Kanalüberläufe und Kläranlagenabläufe berücksichtigt, welche eine Fläche von 5,7 km<sup>2</sup> entwässern (siehe Abbildung 6-1, schwarz schraffierte

Flächen). Da einzelne dieser urbanen Teilgebiete über die natürlichen Einzugsgebietsgrenzen hinwegreichen, vergrößert sich das Gesamteinzugsgebiet geringfügig auf 146,3 km<sup>2</sup>.

Anlage 2 gibt anhand einer Kartendarstellung eine Übersicht zur Entwässerungsstruktur, der Einzugsgebietsunterteilung und der Landnutzung innerhalb des Einzugsgebietes der Haune (stromoberhalb des Haunestausees).

### **6.3 Modellaufbau und Parametrisierung**

#### Niederschlagsbelastung

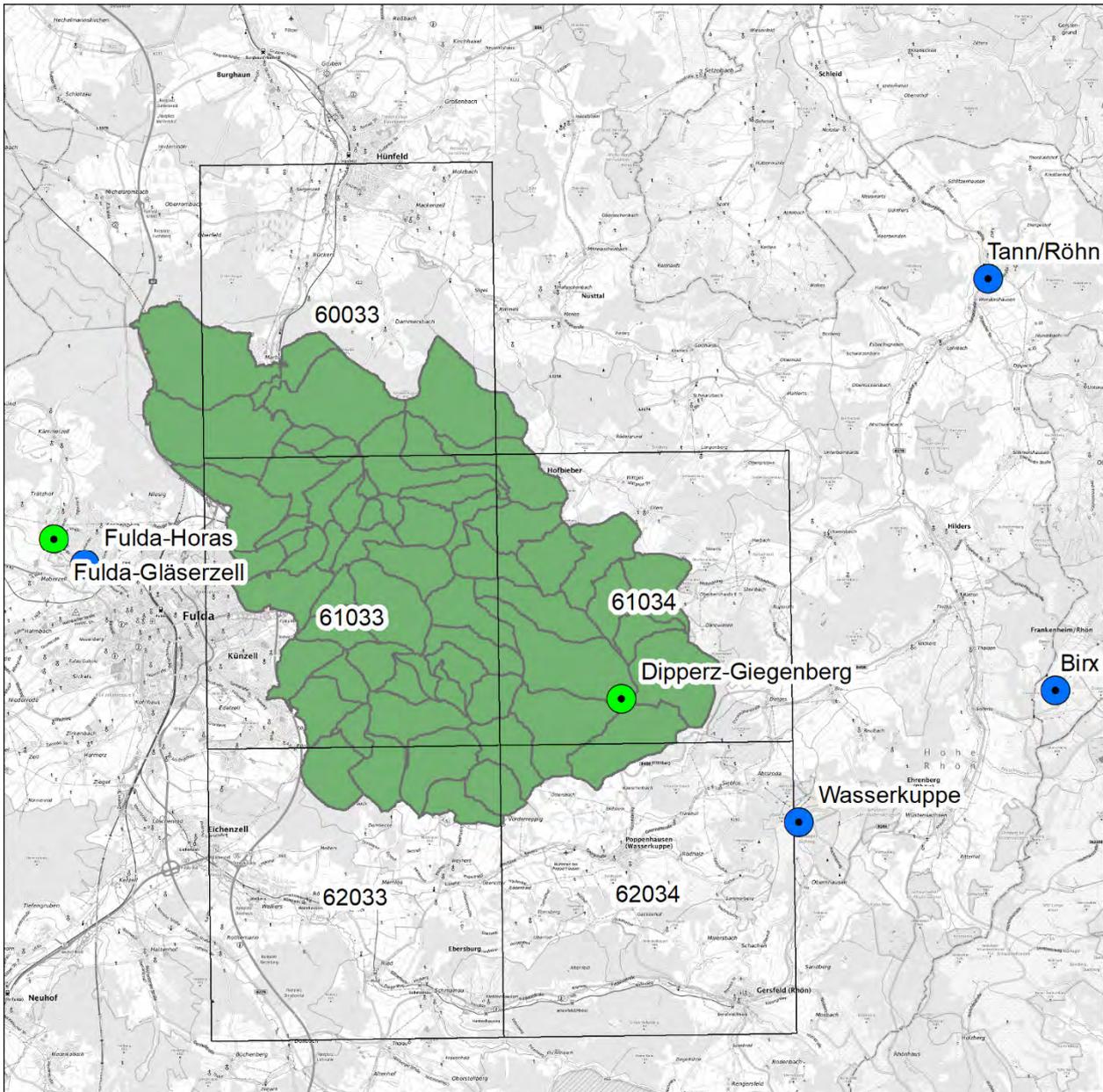
Für die Ermittlung der hydrologischen Bemessungswerte HQ(T) wurde als Niederschlagsbelastung auf die Koordinierte Starkregenanalyse des DWD „KOSTRA-2010R“ zurückgegriffen. Das Untersuchungsgebiet wird im Wesentlichen von den Kacheln 60033, 61033, 61034, 62033 und 62034 abgedeckt (Abbildung 6-2).

Die Zuordnung der KOSTRA-Kacheln erfolgt in NASIM automatisiert über ein Abstandsverfahren, welches sich auf die Flächenschwerpunkte der Teilgebiete und der Kacheln bezieht.

Für die Modellierung wurden die Wiederkehrintervalle von 2, 10, 50 und 100 Jahren und alle relevanten Dauerstufen zwischen 15 min und 72 h berücksichtigt.

Die verwendeten KOSTRA-Niederschläge sind in Anlage 3 dokumentiert.

Für die Modellkalibrierung wurden verschiedene Niederschlagsstation des DWD und HLNUG sowie Radardaten des DWD herangezogen (siehe Kapitel 6.4).



**Abbildung 6-2: KOSTRA-Kacheln und Niederschlagsstationen (grün: HLNUG, blau: DWD)**

Abflussbildung

Die Abflussbildung wird anhand der Elementarflächen ermittelt. Diese ergeben sich aus dem Verschnitt von Landnutzung und Bodentyp.

Für die Landnutzung wurden folgende Parameter berücksichtigt:

**Tabelle 6-2: Hydrologische Parameter der Landnutzung**

Landnutzung	Versiegelung [%]	Interzeption [mm]	Wurzeltiefe [m]
Acker	0	3	0.5
Gewässer	0	2	0.5
Gewerbe	45	1	0.5
Grünland	0	3	0.5
Siedlung	25	2	0.5
Sonstige	5	2	0.5
Verkehr	70	0.5	0.5
Wald	0	8	1

Die Parametrisierung der Böden basiert auf den Bodentypen und ihrer jeweiligen Schichtung, welche in der BFD50 hinterlegt sind. Die für die Schichten angegebenen Bodenarten wurden entsprechend der bodenkundlichen Kartieranleitung [6] parametrisiert:

**Tabelle 6-3: Hydrologische Parameter für die vorkommenden Bodenarten**

Bodenart	Welkepunkt [mm]	Feldkapazität [mm]	Gesamtporenvolumen [mm]	k <sub>f</sub> -Wert [mm/h]
Ls2	180	335	405	7,1
Ls3	185	335	400	3,3
Ls4	155	315	395	2,9
Lt2	240	390	440	2,9
Lt3	295	435	470	3,3
Lts	285	420	465	2,5
Lu	195	365	425	5,4
mS	65	110	360	205,0
mSgs	30	110	345	114,3

Bodenart	Welkepunkt [mm]	Feldkapazität [mm]	Gesamtporenvolumen [mm]	k <sub>f</sub> -Wert [mm/h]
SI3	80	260	370	12,5
SI4	115	285	385	6,7
Slu	105	315	380	5,4
St2	90	230	385	30,8
Su3	75	280	370	15,8
Tu2	345	490	520	1,3
Tu3	260	415	460	5,0
Tu4	210	370	425	8,3
Uls	110	330	395	6,7
Us	75	330	380	6,7
Ut4	125	360	415	3,8

### Abflusskonzentration

Die Abflusskonzentration wird in NASIM durch die Zeit-Flächen-Funktion beschrieben. Diese wird für jedes Teilgebiet ermittelt und beschreibt die Translation des Abflusses auf der Gebietsoberfläche (Zeit, welche benötigt wird, bis das Wasser vom jeweiligen Ortspunkt am Teilgebietsauslass ankommt). Die Zeit-Flächen-Funktion wird auf Grundlage des digitalen Geländemodells mit einem Werkzeug berechnet, welches von Hydrotec für ArcGIS entwickelt wurde. Die Ermittlung erfolgt für die natürlichen Einzugsgebiete, ohne dass die urbanen Teilgebiete herausgelöst wurden.

Um die Abflussretention der unterschiedlichen Abflussanteile zu beschreiben, wird außerdem für den unversiegelten und versiegelten Oberflächenabfluss, den Interflow und den langsamen Grundwasserabfluss jeweils eine Einzellinearspeicherkaskade nachgeschaltet. Entsprechend der NASIM-Dokumentation wurden die Retentionskonstanten des unversiegelten Oberflächenabflusses RETOB anhand der Einzugsgebietsgröße abgeschätzt. Da sich der Abfluss auf versiegelten Flächen schneller konzentriert wurde als Retentionskonstante ein Wert von  $0,5 \times \text{RETOB}$

gewählt. Für den Interflow wird pauschal eine Retentionskonstante in Höhe von  $6 \times \text{RETOB}$  und für den Basisabfluss von  $200 \times \text{RETOB}$  angesetzt.

Für urbane Teilgebiete, welche an die Kanalisation angebunden sind, wurde die Retentionskonstante des Abflusses von versiegelten Flächen pauschal auf 5 min gesetzt. Dies bildet den Abfluss auf der Straße bis zum Einlauf in die Kanalisation ab. Für die kanalisierten Siedlungsflächen der Gemeinde Hofbieber, für die keine Kanalnetzpläne zur Verfügung standen, wurde hingegen ein Wert von 10 Minuten festgelegt, welcher den Abfluss über Straße und das Kanalnetz bis ins Gewässer abbildet.

#### Wellenverformung im Gerinne

Um die Wellenverformung durch Translation und Gerinneretention beschreiben zu können, wird in NASIM das Kalinin-Miljukov-Verfahren angewendet. Hierfür wurden den Teilgebieten repräsentative Gerinneprofile zugeordnet, welche aus Vermessungsdaten und dem digitalen Geländemodell abgeleitet wurden.

Da die Transportelemente innerhalb eines Teilgebiets in NASIM nur von dem Zufluss aus den Oberliegerteilgebieten beaufschlagt werden, wurden für Kopfeinzugsgebiete (keine Oberlieger vorhanden) keine repräsentativen Gerinneprofile angegeben.

## 6.4 Modellkalibrierung

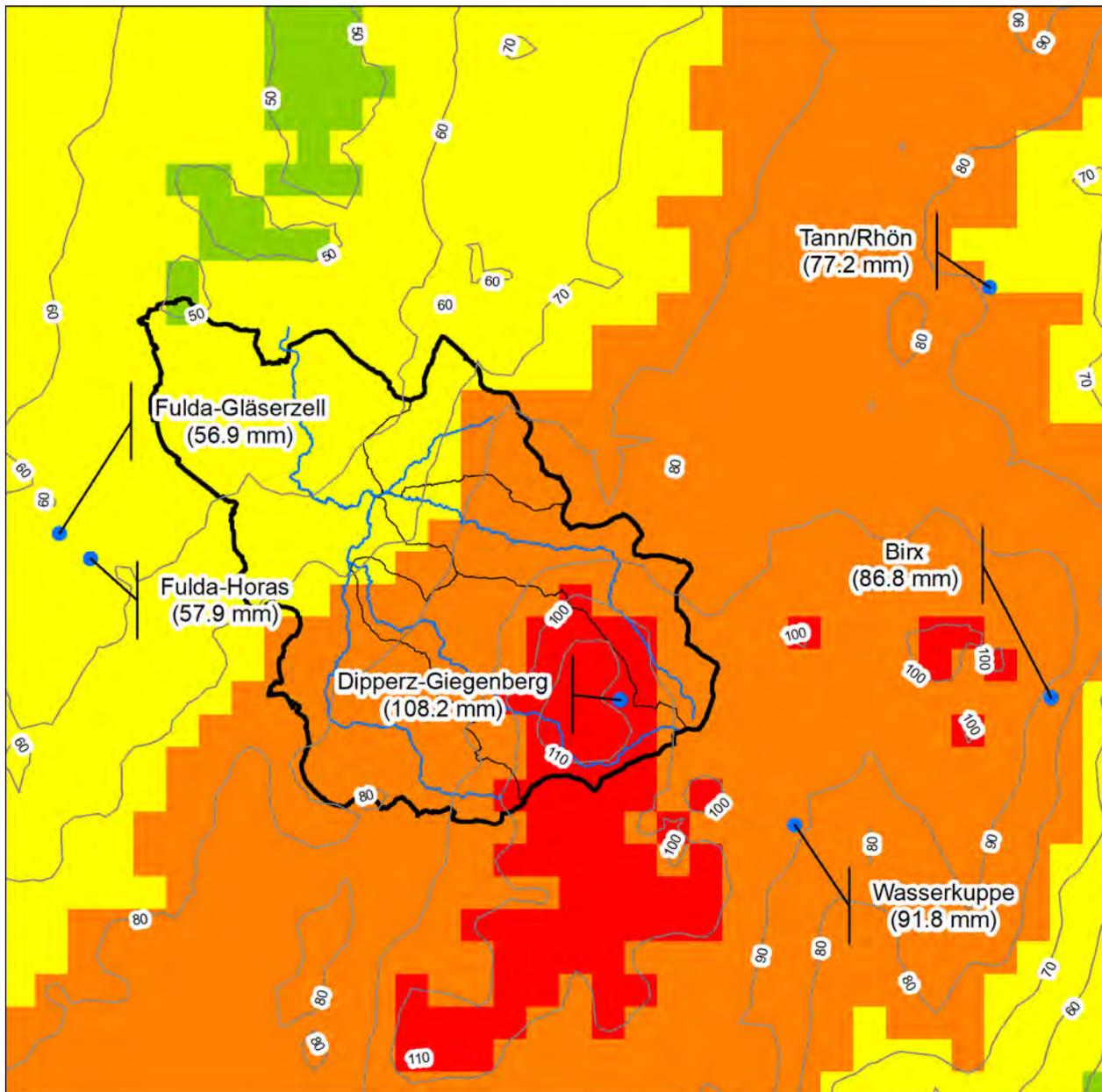
Das Niederschlag-Abfluss-Modell (NA-Modell) wurde anhand des extremen Hochwasserereignisses vom 20.05.2019 bis 22.05.2019 kalibriert. Hierfür standen folgende Messwerte zur Verfügung:

**Tabelle 6-4: Messwerte zur Kalibrierung des NA-Modells**

Daten	Lage	Zeitliche Auflösung
Abflussganglinie	Pegel Melzdorf	1-Stunde
Niederschlagsdaten	Dipperz-Giegegenberg (HLNUG)	1-Minute
	Fulda-Gläserzell (HLNUG)	1-Minute
	Fulda-Horas (DWD)	10-Minuten
	Tann/Röhn (DWD)	10-Minuten
	Brix (DWD)	10-Minuten
	Wasserkuppe (DWD)	10-Minuten
Radarniederschläge	Radolan (DWD)	5-Minuten

Die wichtigste Eingangsgröße für das NA-Modell stellt der Niederschlag dar. Dabei ist nicht ausschließlich die Niederschlagssumme oder -intensität ausschlaggebend. Bei einer Einzugsgebietsgröße von über 100 km<sup>2</sup> ist auch die räumliche Verteilung der Niederschläge von großer Bedeutung. Daher erfolgte eine detaillierte Auswertung aller verfügbarer Daten.

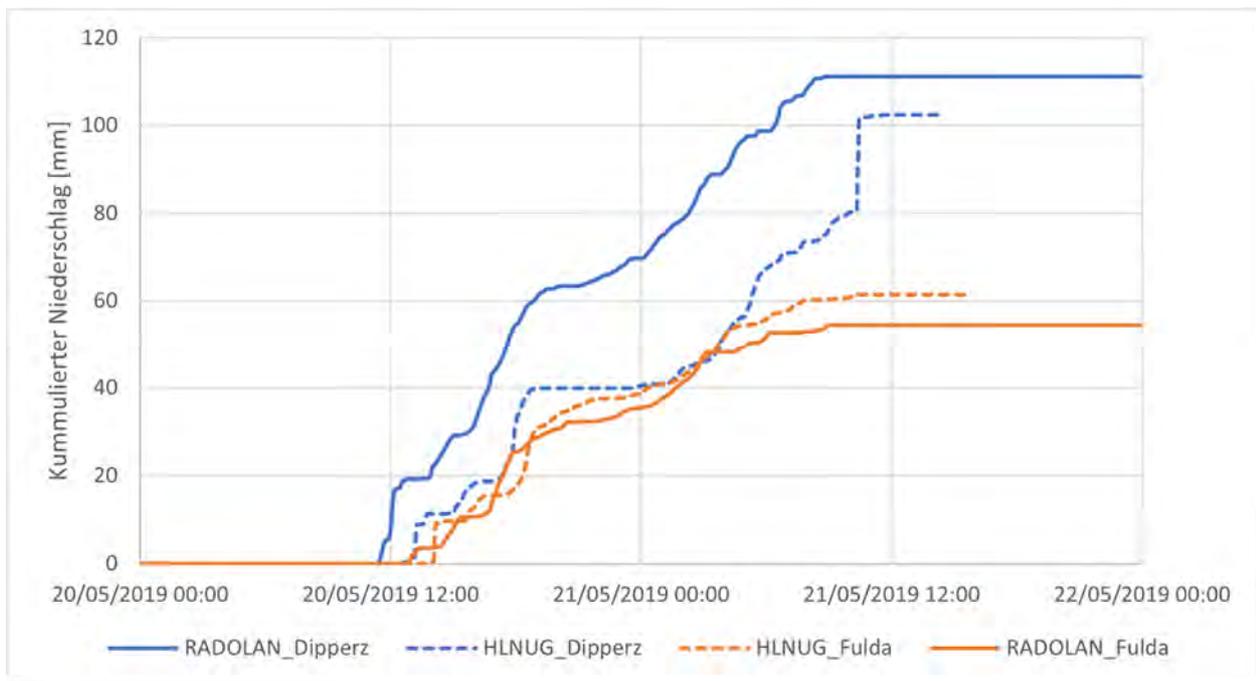
Anhand der Radarniederschlagsdaten (Radolan) lässt sich ein deutlicher orographischer Effekt erkennen (siehe Abbildung 6-3). In den Oberläufen von Haune, Wanne und Bieber traten die höchsten Niederschläge mit über 100 mm auf. Nach Nordwesten nahmen die Niederschläge aber deutlich bis auf 50 mm ab. Die durchschnittliche Niederschlagssumme betrug 78 mm.



**Abbildung 6-3: Flächendeckende Niederschlagssummen (Radolan) und Stationsmessungen für das Hochwasser vom 20.05.2019 bis 22.05.2019**

Die an den Stationen von DWD und HLNUG gemessenen Niederschläge passen dabei sehr gut zu den Radolan-Daten. Jedoch ergeben sich teilweise deutliche Unterschiede bei der zeitlichen Verteilung der Niederschläge (Abbildung 6-4). Die maximal auftretenden Niederschlagsintensitäten können mit den hochauflösenden Niederschlagsmessungen des HLNUG am besten abgebildet werden. Dabei ist von Vorteil, dass an der HLNUG-Station in Dipperz-Giegenberg nahezu die maximale Niederschlagssumme erfasst werden konnte, welche innerhalb des Einzugsgebiets auftrat.

Daher wurde für die Modellierung des Hochwassers vom Mai 2019 ein Modellregen erstellt, welcher die zeitliche Verteilung der HLNUG-Stationen Dipperz-Giegenberg und Fulda-Gläserzell nutzt, die Niederschlagssummen innerhalb der Teileinzugsgebiete aber aus den Radolan-Daten verwendet. So kann der Niederschlag für das NA-Modell besonders realistisch abgebildet werden.



**Abbildung 6-4: Vergleich der zeitlichen Niederschlagsverteilung von Stationsmessungen (HLNUG) und Radolan-Daten**

Für die anschließende Kalibrierung des NA-Modells diente die gemessene Abflussganglinie am Pegel Melzdorf als Referenz. Die Modellparameter wurden mittels Eichfaktoren so angepasst, dass die modellierte Abflussganglinie möglichst genau den Hochwasserscheitel, das Volumen der Hochwasserwelle und die Anstiegsgeschwindigkeit abbildet (siehe Abbildung 6-5).

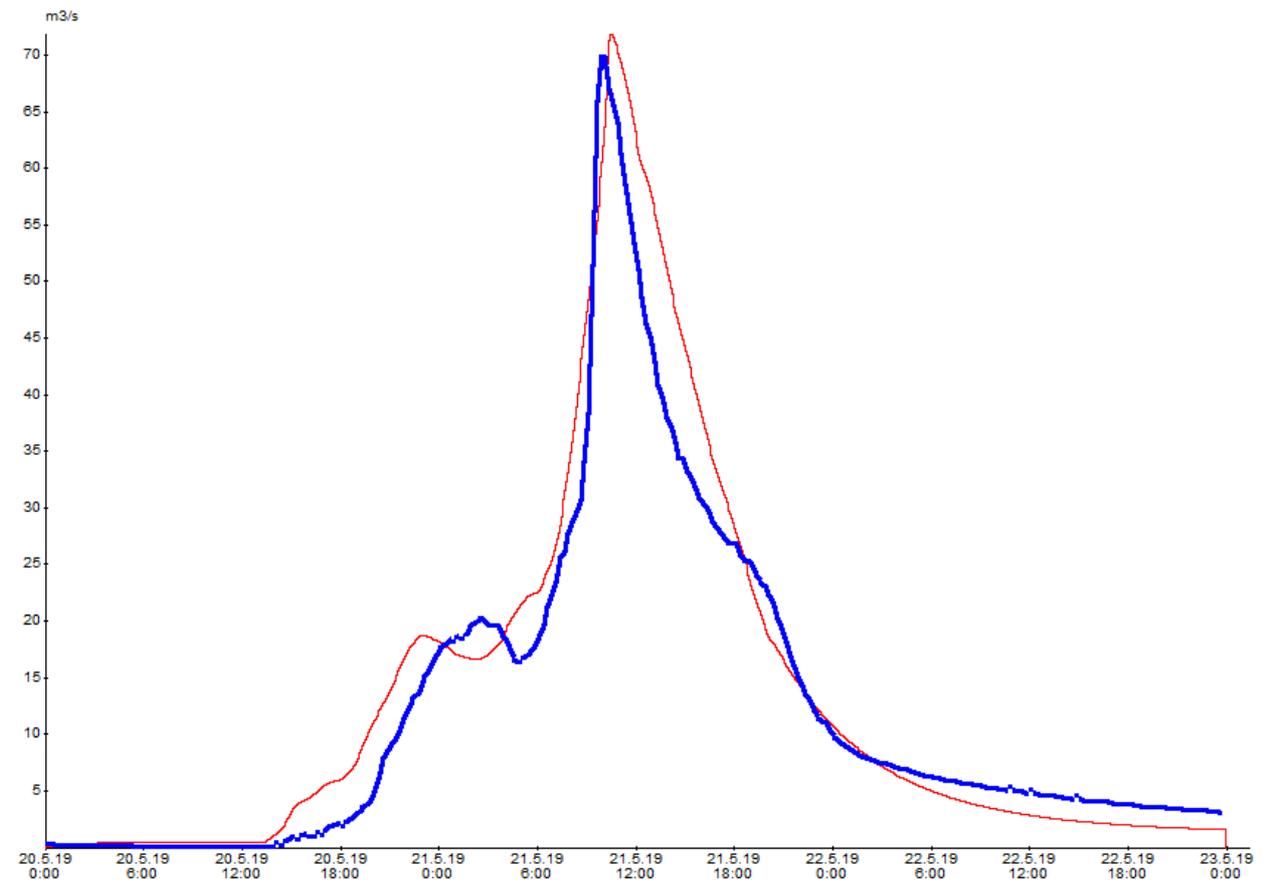


Abbildung 6-5: Ergebnis der Kalibrierung des NA-Modells (blau gemessene Ganglinie, rot Modellergebnis)

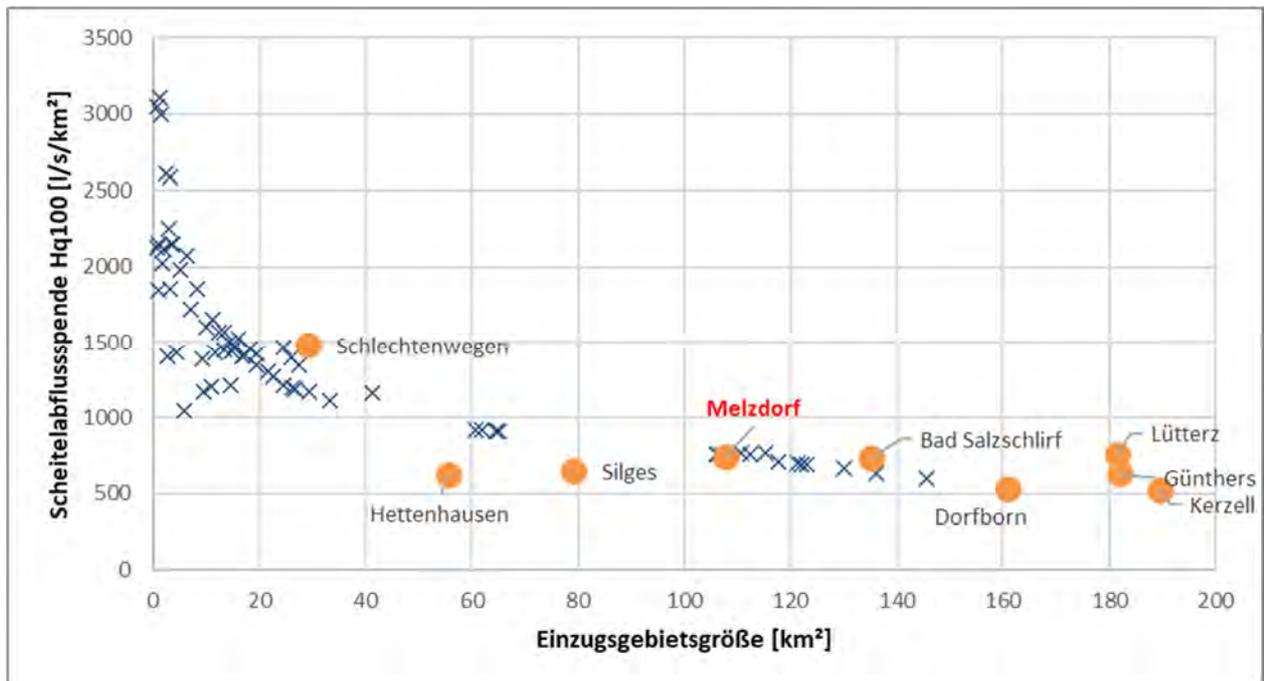


Abbildung 6-6: Vergleich berechneter Scheitelabflussspenden HQ100 mit benachbarten Pegeln

Zusätzlich wurden die für die Teilgebiete ermittelten Scheitelabflussspenden Hq100 mit benachbarten Pegeln verglichen (Abbildung 6-6). Dabei ist bei abnehmender Einzugsgebietsgröße

mit einer Zunahme der Scheitelabflusspende zu rechnen. Dieser Zusammenhang wird anhand der Nachbarpegel gut belegt. So weist der Pegel Schlechtenwegen mit einer Abflusspende von ca. 1500 l/s/km<sup>2</sup> den höchsten Wert auf, stellt mit 29 km<sup>2</sup> aber das kleinste Einzugsgebiet unter den Nachbarpegeln dar. Da die Teileinzugsgebiete des NA-Modells teils deutlich kleiner sind, sind die hohen Abflusspenden > 2000 l/s/km<sup>2</sup> als plausibel zu bewerten.

## 6.5 Ermittlung hydrologischer Bemessungswerte HQ(T)

Für die Ermittlung der Bemessungswerte HQ2, HQ10, HQ50 und HQ100 wurden Niederschläge aus DWD-Kostra-2010R herangezogen. Dabei handelt es sich um eine statistische Auswertung von Starkregenniederschlägen mit verschiedener Dauer und statistischem Wiederkehrintervall, welche vom DWD flächendeckend für Deutschland bereitgestellt wird (Vergleich Kapitel 6.3). Dabei wird die grundsätzliche Annahme getroffen, dass ein Niederschlagsereignis mit dem statistischen Wiederkehrintervall T auch ein Hochwasser mit dem gleichen Wiederkehrintervall T erzeugt. Um die für die Einzugsgebiete maßgebliche Niederschlagsdauer zu identifizieren, wurden für die Modellierung Niederschlagsdauerstufen zwischen 15 min und 72 h berücksichtigt.

Im Ergebnis der Modellierung liegen für alle Aussagepunkte instationäre Abflussganglinien (sowohl Gesamtabfluss als auch Abfluss des einzelnen Teilgebietes) vor. Die Scheitelabflüsse dieser instationären Ganglinien wurden in hydrologischen Längsschnitten für die unterschiedlichen HQ(T) in Tabellenform dokumentiert (siehe Anlage 4 und Anlage 6).

**Tabelle 6-5: Vergleich der berechneten HQ(T) mit der Pegelstatistik am Pegel Melzdorf**

	<b>Pegelstatistik am Pegel Melzdorf [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Ergebnis NA-Modell [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Abweichung</b>
HQ5	26,2	26,1	-0,4 %
HQ10	44,7	45,0	+0,7 %
HQ50	68,6	69,0	+0,6 %
HQ100	80,2	80,8	+0,7 %

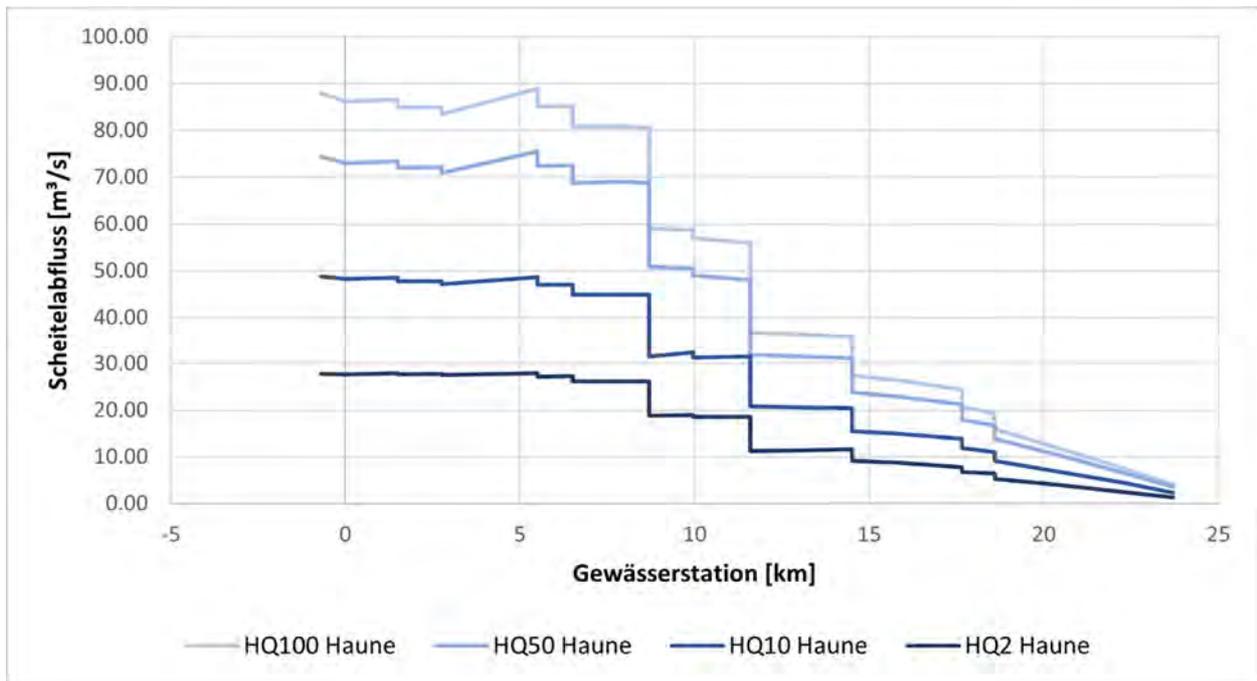


Abbildung 6-7: Hydrologischer Längsschnitt für die Haune im Istzustand

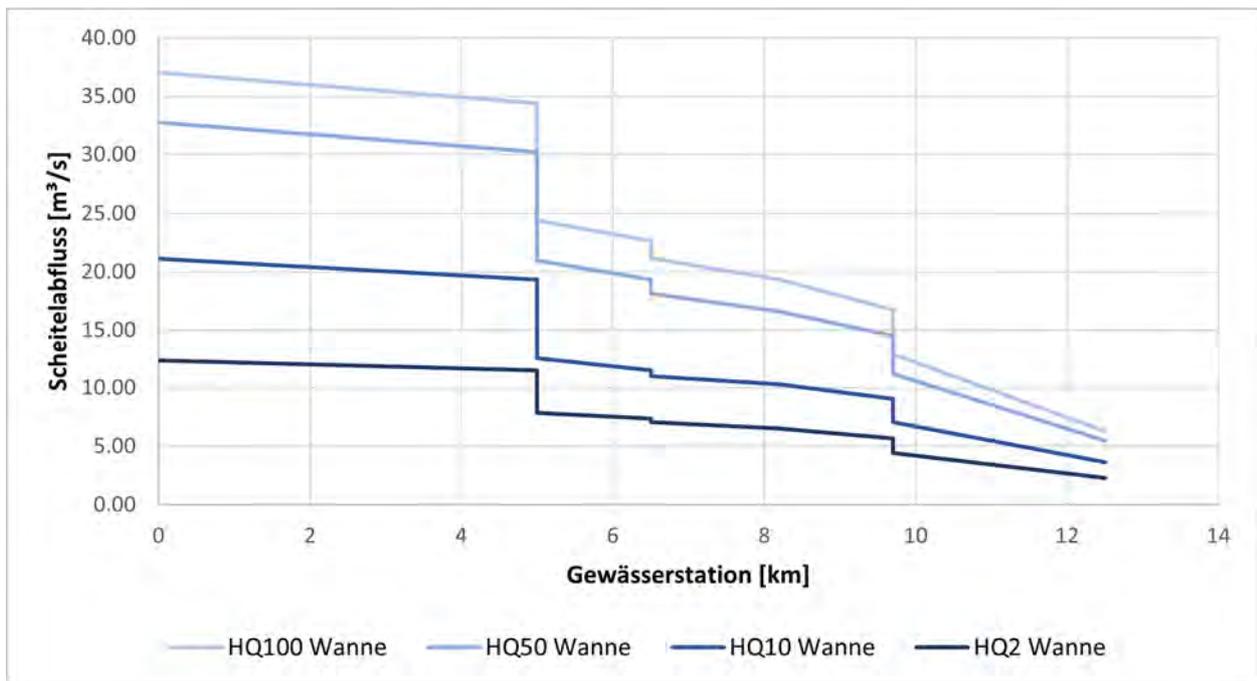
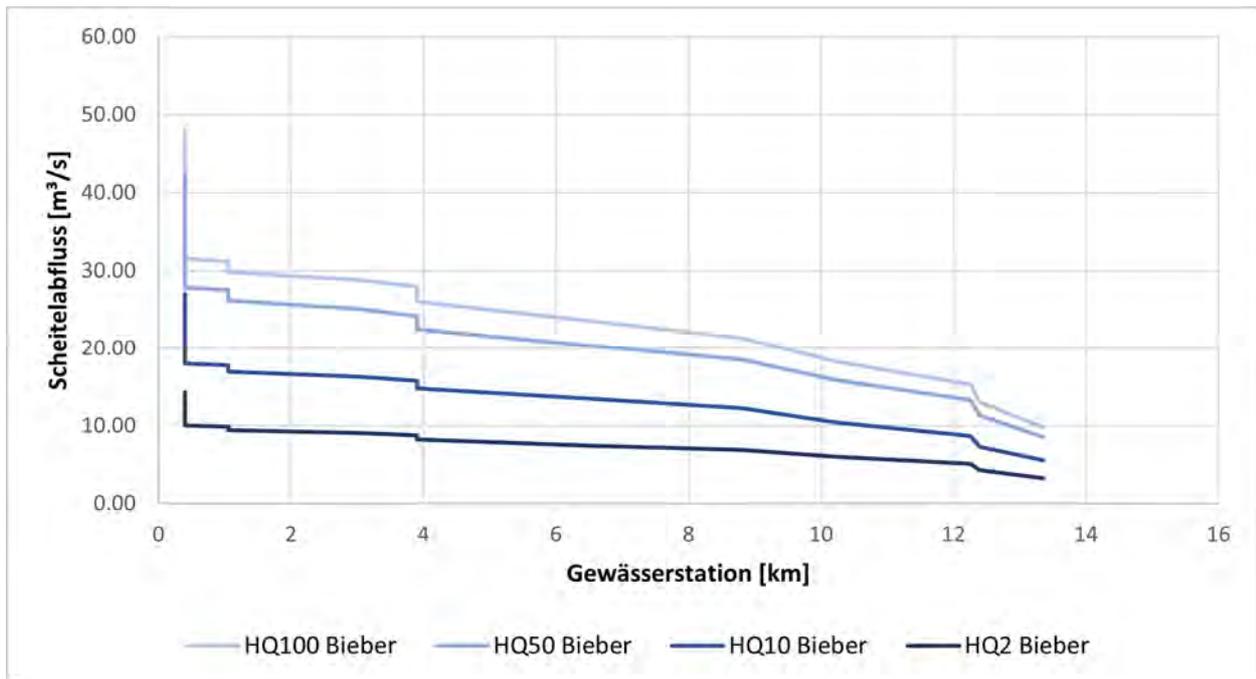


Abbildung 6-8: Hydrologischer Längsschnitt für die Wanne im Istzustand



**Abbildung 6-9: Hydrologischer Längsschnitt für die Bieber im Istzustand**

## 6.6 Modellanpassungen für Planvarianten

In der Hochwasserstudie wird die Wirkung von Hochwasserrückhaltebecken (HRB) untersucht. Daher war es nötig die HRB in das Niederschlag-Abfluss-Modell zu integrieren. Dies erfolgte mittels sogenannter Speicherelemente.

Die HRB werden im Modell anhand ihrer Speicherinhaltslinien und einer Drosselkurve abgebildet. Die Drosselkurven der Becken wurden dabei für den Bemessungsabfluss HQ100 optimiert, damit das Beckenvolumen optimal ausgenutzt wird und beim Bemessungsereignis keine Überlastung auftritt. Die Berechnung der Drosselkurven erfolgte mittels eines in [7] vorgestellten Verfahrens („Ausfluss aus Seitenöffnung mit Ansatzstutzen“). Die Dokumentation der HRB und der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 9.1.

Analog zu Kapitel 6.5 wurden anschließend für alle Aussagequerschnitte die Bemessungswerte für HQ100 ermittelt (siehe Anlage 5).

## 7 Hydraulische Modellierung

### 7.1 Verwendete Modellsoftware

Als Softwarelösung für die hydraulische Modellierung der Wasserspiegel an Gewässern kam das anerkannte zweidimensionale Finite-Volumen-Modell HYDRO\_AS-2D der Firma Hydrotec in Ver-

sion 4.4.7 zur Anwendung. Zum Aufbau des Modells und für die Ergebnisaufbereitung wurde die Software Surfacewater Modeling System (SMS) der Firma Aquaveo in Version 12 sowie ArcGIS der Firma Esri genutzt.

Ein Netz aus diskreten Elementen erfasst die Topografie und Parameterverteilung und ermöglicht die Ermittlung von Fließgeschwindigkeit, Fließrichtung und Wasserstand für alle Knotenpunkte. Hierfür wird die Flachwassergleichung tiefengemittelt gelöst. Die Diskretisierung erfolgt mittels unregelmäßiger Dreiecks- und Viereckelemente. Das Modell ermöglicht sowohl stationäre als auch instationäre Berechnungen bei Berücksichtigung von unterschiedlichen Sonderbauwerken (u. a. Brücken, Wehre, Durchlässe).

Das Flussschlauchmodell zur Abbildung des Gerinnes wird aus Viereckelementen aufgebaut, um die numerische Stabilität des gesamten Modells zu verbessern und die Rechenzeit zu verkürzen.

Bei der Erstellung des Vorlandnetzes kam die Software LASER\_AS-2D der Firma Hydrotec in Version 2.0 zur Anwendung. Diese ermöglicht eine automatisierte Vermaschung auf Grundlage des digitalen Geländemodells, wobei zusätzliche Bruchkanten für Landnutzungen, Gebäude und sonstige Geländestrukturen berücksichtigt werden.

## **7.2 Modellaufbau und Parametrisierung**

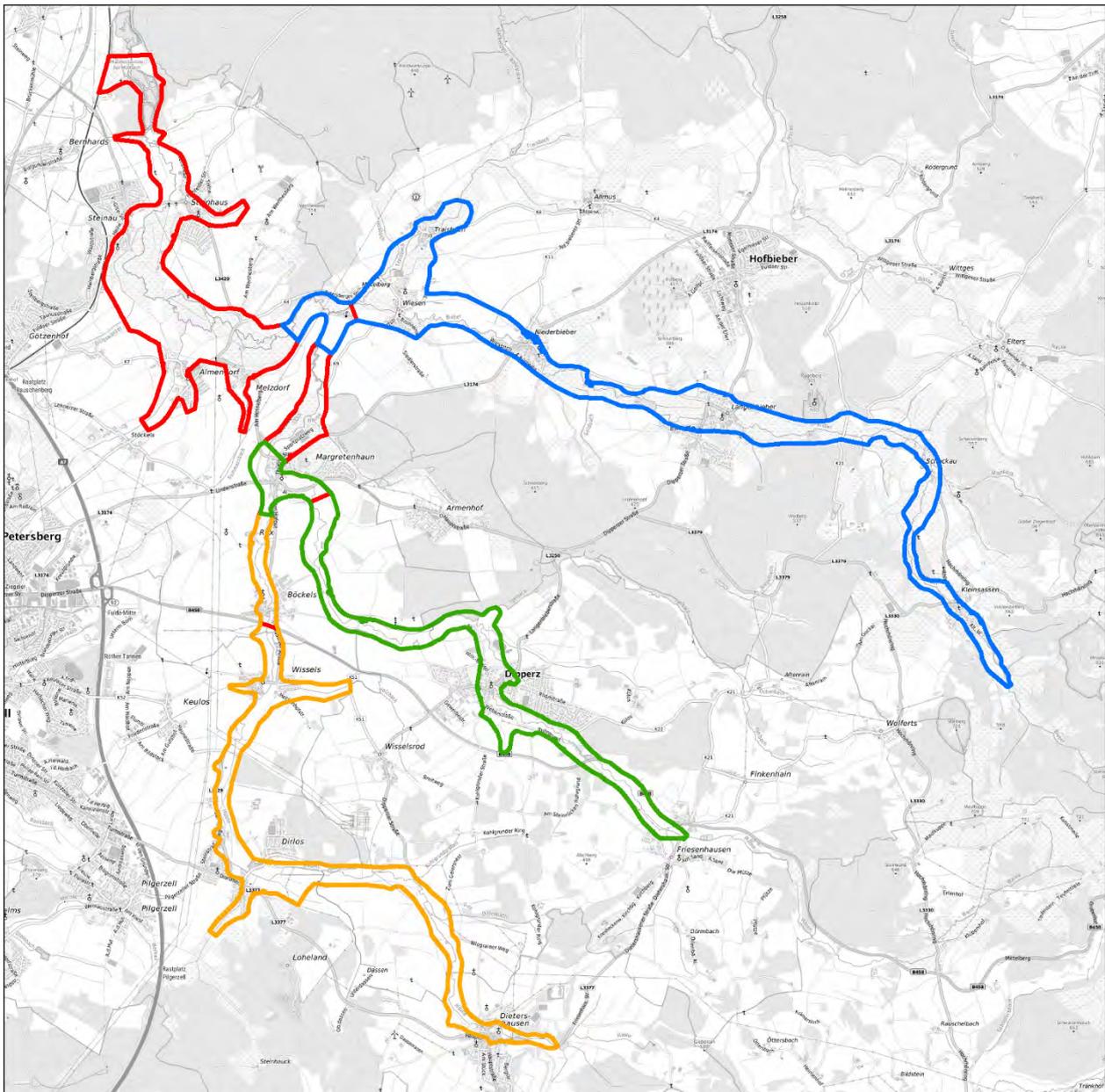
### Abgrenzung Teilmodelle

Für die Bearbeitung der Hochwasserstudie wurden vier hydraulische Modelle aufgebaut. Um eine plausible Überlagerung der Ergebnisse der Teilmodelle zu ermöglichen, wurden zwischen den Modellen ausreichende Überlappungsbereiche berücksichtigt.

Für die Haune und ihre betrachteten Nebengewässer wurden zwei Modelle erstellt. Die Wanne wurde in einem Modell abgebildet und für Traisbach und Bieber wurde ein gemeinsames Modell erstellt:

**Tabelle 7-1: Liste der hydraulischen Teilmodelle**

<b>Hydraulische Teilmodelle</b>	<b>Untersuchungsgewässer</b>	<b>Lage</b>
Haune (Unterlauf)	Haune Holzgrundwasser Almendorfer Wasser Horbach Sommersbach	Haune von Haunestausee bis B456 (stromoberhalb Ortslage Böckels)
Haune (Oberlauf)	Haune Holzbach Grumbach	Haune Stromoberhalb Ortslage Margrethenhaun bis stromoberhalb Ortslage Dietershausen
Wanne	Wanne Entwässerungsgraben B458	Wanne von Mündung in Haune bis Ortslage Friesenhausen
Bieber und Traisbach	Bieber Traisbach	Bieber von Mündung in Haune bis stromoberhalb Ortslage Kleinsassen



**Abbildung 7-1: Umgriff der hydraulischen Teilmodelle**

Die Modellumgriffe wurden so gewählt, dass die modellierten Ausuferungen nicht an den Modellrand stoßen.

### Aufbau Flussschlauch- und Vorlandmodell

Die Flussschläuche werden im Modellnetz mit Rechteckelementen abgebildet. Das Seitenverhältnis dieser Elemente beträgt zwischen 1:2 und 1:3, wobei die Elemente zwischen 0,5 m und 1,0 m breit sind. Da es sich teilweise um sehr schmale Gewässer handelt, wurden wichtige

Bruchkanten wie die Böschungsober- und -unterkante händisch aufgebaut. So wird eine möglichst genaue Abbildung der Gewässer im Modell sichergestellt.

Brücken und Stege wurden im Modell zweidimensional abgebildet und berechnet. Hierfür wurden die Widerlager in das Modellnetz eingearbeitet und die entsprechenden Elemente im Berechnungsnetz disabled (undurchströmbare Elemente). Zusätzlich wird zwischen den Widerlagern die Konstruktionsunterkante der Brücke als Randbedingung definiert. Um eine etwaige Überströmung von Brücken simulieren zu können, wurden die Elementreihen oberhalb und unterhalb der Brücke mit sogenannten Wehrüberfall-Nodestrings verbunden. Mittels dieser Nodestrings wird eine eindimensionale Berechnung auf Grundlage der Überfallformel nach Du Buat durchgeführt.

Durchlässe wurden mit Nodestrings abgebildet und somit eindimensional berechnet. Da diese Berechnungsmethode für sehr lange Verrohrungen keine plausiblen Ergebnisse liefert, wurden diese langen Verrohrungen mit der Randbedingung „Zufluss gebunden an Auslauf“ abgebildet. Damit ist es möglich eine Wasserstands-Durchfluss-Beziehung (W-Q-Beziehung) am Einlauf der Verrohrungen vorzugeben. Die Berechnung dieser W-Q-Beziehungen erfolgte extern über die Prandtl-Colebrook-Gleichung [8].

Für die Erstellung des Vorlandnetzes wurden Bruchkanten von Verkehrswegen und Gebäudegrundrissen berücksichtigt. Gebäude werden als undurchströmbare Bereiche im Modellnetz abgebildet.

#### Zufluss- und Abflussrandbedingungen

Die hydraulischen Berechnungen erfolgten instationär. Hierfür wurden die mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell ermittelten Abflussganglinien in das Modell überführt.

Als Auslaufrandbedingungen wurden konstante Energieliniengefälle vorgegeben. Dieses wurden über das Geländegefälle in Strömungsrichtung abgeschätzt.

#### Hydraulische Rauheit

Die Rauheit des Modells wurde in Abhängigkeit der ALKIS-Landnutzung gewählt. Nachfolgende Tabelle listet die Rauheitsklassen und verwendeten  $k_{st}$ -Werte auf:

**Tabelle 7-2: Verwendete Modellrauheiten (nach Kalibrierung)**

Rauheitsklasse	kst-Wert [ $m^{1/3}/s$ ]
Gewässersohle	24
Gewässersohle (verkrautet)	21
Gewässersohle (befestigt)	34
Sonstige Gewässer	24
Böschung (Gras)	17
Böschung (mit Bewuchs)	13
Böschung (mit Steinsatz)	20
Mauer (rau)	34
Mauer (glatt)	42
Grünland	17
Acker	13
Wald	8
Verkehrsflächen	34
Siedlung	14
Gewerbeflächen	10
Sonstige	17

### 7.3 Kalibrierung und Plausibilisierung

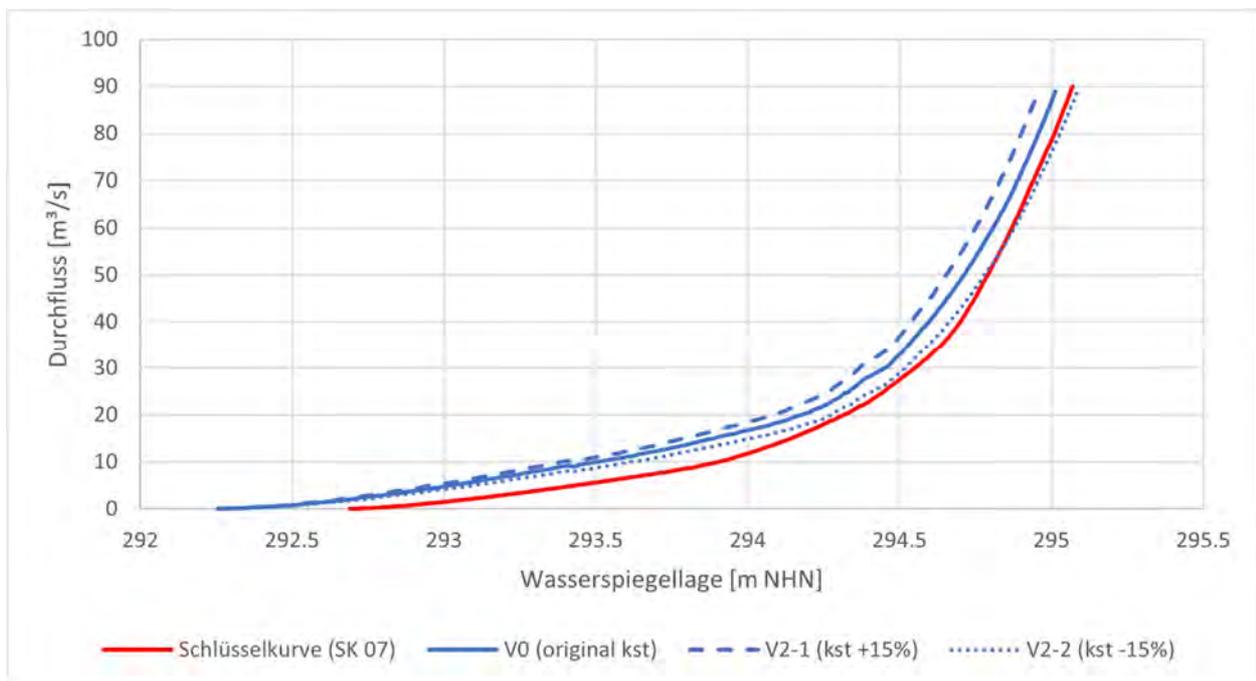
#### Kalibrierung

Um die Rauheiten des hydraulischen Modells zu kalibrieren, wurde eine Pegelnachrechnung für den Pegel Melzdorf durchgeführt. Als Referenz diente die Schlüsselkurve des Pegel Melzdorf (Vergleich Abbildung 5-1), welche die Wasserstand-Durchfluss-Beziehung am Pegel abbildet.

Für diesen Rechenlauf wurde ein ca. 2,5 km langer Modellausschnitt erstellt, welcher von der Mündung der Bieber in die Haune, über den Pegel Melzdorf bis zur Ruppersmühle reicht. Damit kann sichergestellt werden, dass Zulauf- und Auslauftrand keinen Einfluss auf die berechneten Wasserspiegellagen im Bereich des Pegels Melzdorf haben.

Als Zufluss wurde eine fiktive Ganglinie gewählt, welche den Abfluss langsam von 0 m<sup>3</sup>/s linear auf 90 m<sup>3</sup>/s ansteigen lässt.

Insgesamt wurden drei Rechenläufe durchgeführt, in denen die hydraulischen Rauheiten zwischen ± 15 % variiert wurden. Die berechneten Wasserspiegellagen und Durchflüsse am Pegel Melzdorf wurden anschließend mit der offiziellen Schlüsselkurve abgeglichen (Abbildung 7-2).



**Abbildung 7-2: Vergleich der modellierten Wasserstand-Durchfluss-Beziehung mit der offiziellen Schlüsselkurve des Pegels Melzdorf**

Die Berechnungsergebnisse mit einer um 15 % verringerten hydraulischen Rauheit zeigen eine besonders gute Übereinstimmung mit der offiziellen Schlüsselkurve des Pegels Melzdorf. Insbesondere in den für die Hochwasserstudie relevanten Abflussbereichen zwischen HQ2 = 26,2 m<sup>3</sup>/s und HQ100 = 80,2 m<sup>3</sup>/s sind mit diesem Parametersatz besonders gute Ergebnisse möglich, weshalb dieser für die weitere Modellierung Anwendung fand.

### Plausibilisierung

Die modellierten Überflutungsflächen und Wassertiefen im Istzustand wurden anhand von Fotos vergangener Hochwasserereignisse plausibilisiert. Dies erfolgte insbesondere für die Ortslagen Margrethenhaun, Almendorf und Melzdorf.

Das Hochwasser vom 21.05.2019 in Melzdorf kann als HQ50 eingeschätzt werden (Vergleich Tabelle 5-3). Wie in Abbildung 7-3 gut zu erkennen ist, wurde die Straße Mahlsteg kniehoch

überströmt. Die Fließtiefe wird daher auf ca. 40 cm geschätzt. Die Modellergebnisse für den Rechenlauf HQ50 weisen für diesen Bereich eine maximale Wassertiefe von 38 cm auf.

Auch die Ausdehnung der berechneten Überflutungsflächen deckt sich sehr gut mit Bildern einer Drohnenbefliegung (Abbildung 7-4 und Abbildung 7-5).



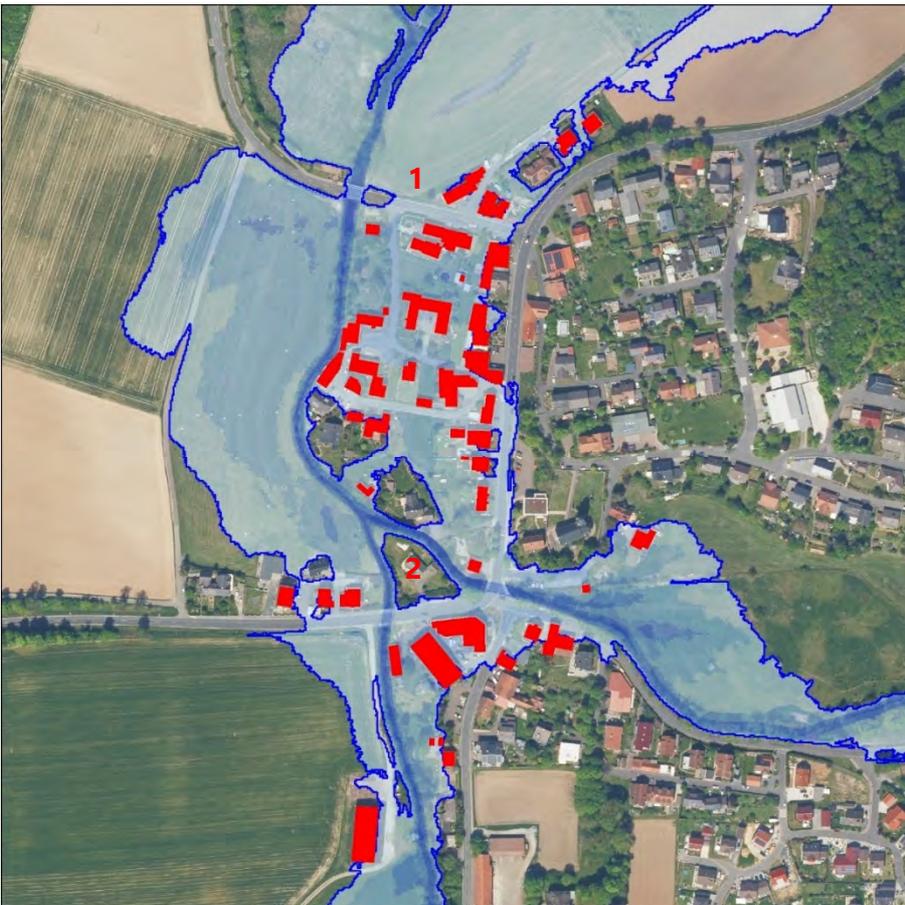
**Abbildung 7-3: Straße Mahlsteig in Melzdorf, Hochwasser 21.05.2019**



**Anlage 21: Drohnenbefliegung in Melzdorf, Hochwasser 21.05.2019**



**Abbildung 7-4: Drohnenbefliegung in Melzdorf, Hochwasser 21.05.2019**



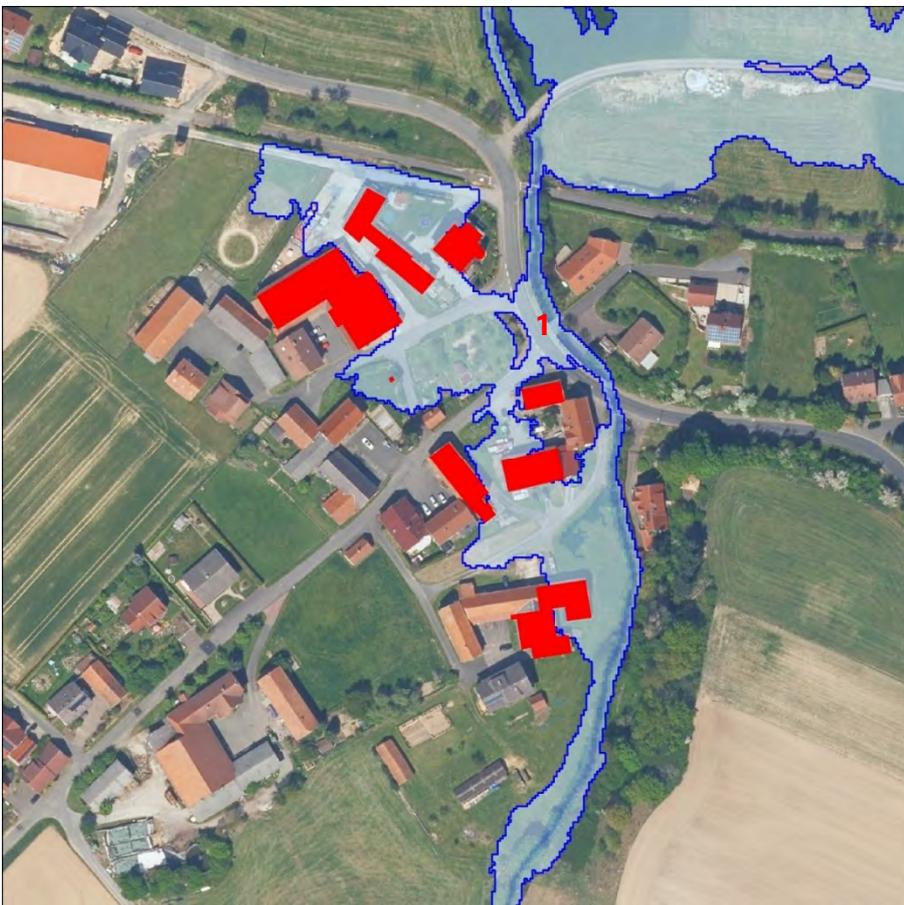
**Abbildung 7-5: Modellerte Überflutungsflächen HQ50 in Margrethenhaun**

Für die Ortslagen Almendorf und Melzdorf liegen dokumentierte Überflutungsflächen des Hochwassers vom 05.06.2021 vor. Dieses Ereignis mit ca. 35 mm Niederschlag innerhalb von 5

Stunden entsprach etwa einem HQ5. Da für HQ5 keine Berechnungen durchgeführt wurden, werden die Ergebnisse für HQ10 als Vergleich herangezogen. Insbesondere für die Ortslage Melzdorf werden sehr gute Übereinstimmungen erzielt. In Almendorf werden hingegen deutlich größere Überflutungsflächen ausgewiesen, hier scheint der Vergleich mit einem HQ10 weniger geeignet. Gerade die Überflutungen auf dem Grundstück Philipp-Engel-Straße 19 können aber sehr gut abgebildet werden.



**Abbildung 7-6: Fotodokumentation in Almendorf, Hochwasser 05.06.2021**



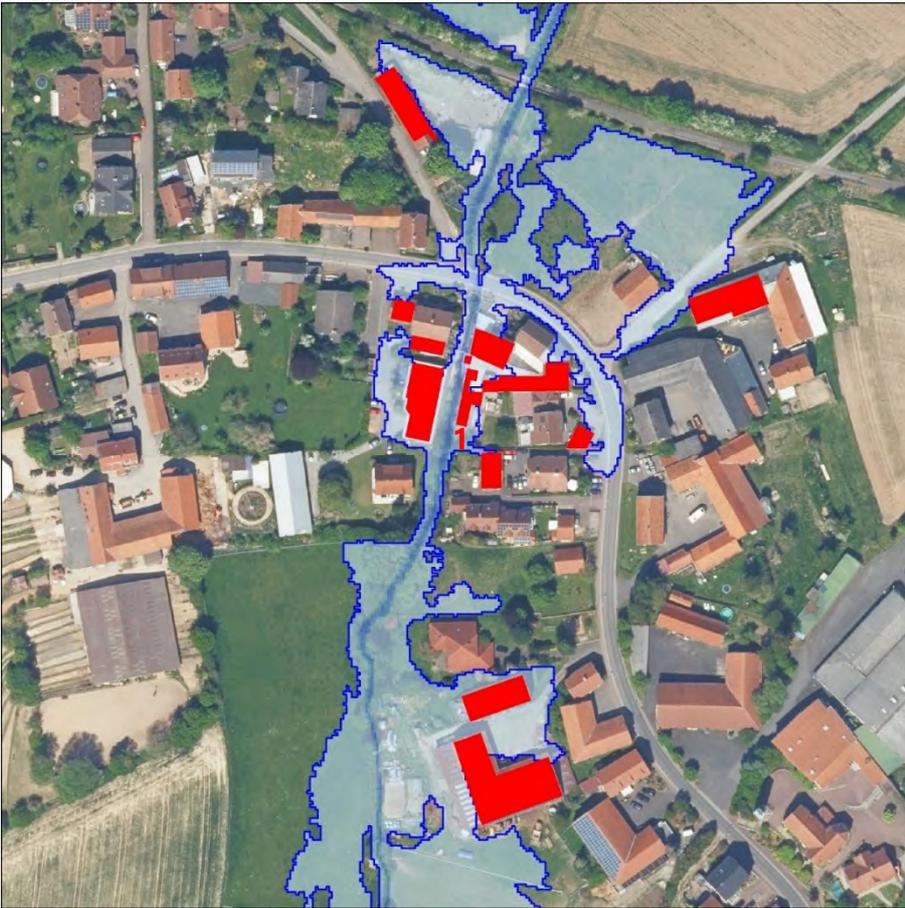
**Abbildung 7-7: Modellerte Überflutungsflächen HQ10 in Melzdorf**



**Abbildung 7-8: Grundstück Philipp-Engel-Straße 19 in Almendorf, Hochwasser 05.06.2021**



**Abbildung 7-9: Von Gemeinde dokumentierte Überflutungsflächen in Almendorf, Hochwasser 05.06.2021**



**Abbildung 7-10: Modellierte Überflutungsflächen HQ10 in Almendorf**

#### **7.4 Bordvollberechnung**

Um die hydraulische Leistungsfähigkeit der Gewässer zu ermitteln, wurde eine Bordvollberechnung durchgeführt.

Die Berechnung erfolgt ausschließlich für den aufgebauten Flussschlauch, die Vorländer werden also nicht berücksichtigt. Als Zuflussganglinie dient eine Stufenfunktion, welche den Abfluss von  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  bis auf  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  ansteigen lässt. Hierfür wurden insgesamt 20 Abflussstufen berücksichtigt.

Für die Auswertung der Bordvollberechnung wurden entlang der Gewässerachsen in einem Abstand von 100 m Auswertequerschnitte generiert und die Höhen des linken und rechten Ufers ermittelt. Die Uferhöhen wurden dabei aus dem aufgebauten Flussschlauchnetz abgeleitet. Durch eine Überlagerung der berechneten Wasserspiegellagen und der Abflüsse, wurde anschließend für jeden Auswertequerschnitt eine Wasserstand-Durchfluss-Beziehung aufgebaut. Daraus wurden abschließend die maximalen Abflüsse ermittelt, bis zu denen keine Überflutungen auftreten.

Die Ergebnisse wurden in Tabellenform in Anlage 7 dokumentiert.

## 7.5 Modellanpassungen für Planvarianten

Die in den Planvarianten entwickelten Maßnahmen wurden in die hydraulischen Modelle eingearbeitet:

Maßnahmen des Gerinneausbaus und Brückenaufweitungen wurden anhand ihrer konkreten Geometrie in das Modell eingearbeitet.

Für Verrohrungen erfolgte analog zum Aufbau des Istzustandsmodells eine manuelle Berechnung und die Definition von Wasserstand-Abfluss-Randbedingungen.

Für Hochwasserschutzmauern, Verwallungen und mobilen Hochwasserschutz wurden die Achsen der Maßnahmen in das Modell eingearbeitet und die luftseitigen Modellelemente als undurchströmbar definiert (disabled). Bei Straßenerhöhungen wurde ebenfalls undurchströmbare Elementreihen definiert. Dieses Vorgehen ist nötig, da erst mit den Modellergebnissen die erforderlichen Höhen (einschließlich Freibord) ermittelt werden können.

Die Dämme von Hochwasserrückhaltebecken (HRB) wurden als undurchströmbare Elemente definiert. Für die HRB-Drossel wurden die händisch ermittelten Wasserstand-Abfluss-Beziehungen als Randbedingungen definiert.

Das Anlegen von Auwald wurde durch die Anpassung der Rauheit mit einem  $k_{st}$ -Wert von 8 (Rauheitsklasse Wald) simuliert. Für die im Zuge dieser Maßnahmen geplanten Sohlenhebung wurden alle Sohlpunkte innerhalb der Auwaldflächen um 20 cm angehoben.

Wenn nötig, wurden die Maßnahmen iterativ angepasst, bis die gewünschte Schutzwirkung erzielt werden konnte.

## 7.6 Ermittlung von Überflutungsflächen

Im Ergebnis der hydraulischen Modellierung liegen an jedem Berechnungsknoten des Modellnetzes Wasserspiegellagen, Wassertiefen und Fließvektoren vor. Um eine möglichst genaue Darstellung der Überflutungsflächen und der darin auftretenden Wassertiefen zu ermöglichen, wurde ein Verschnitt der berechneten maximalen Wasserspiegellagen mit dem digitalen Geländemodell DGM1 durchgeführt.

Hierfür wurden die Berechnungsergebnisse als ASCII-Datei exportiert und unter ArcGIS ein Raster der maximalen Wasserspiegellagen interpoliert. Durch einen Verschnitt dieses Rasters mit dem digitalen Geländemodell DGM1 konnten anschließend die Wassertiefen berechnet werden. Um auch innerhalb der Gewässer korrekte Wassertiefen abbilden zu können, wurden die für die hydraulischen Modelle aufgebauten Flussschläuche zuvor in das DGM1 eingearbeitet.

Überflutungsfreie Inseln, welche sich als Löcher innerhalb der Überflutungsfläche darstellen, wurden geschlossen, wenn diese kleiner als 100 m<sup>2</sup> waren.

Die ermittelten Überflutungsflächen und Wassertiefen werden für den Istzustand und die Planvarianten in den Anlage 8 bis Anlage 14 dargestellt.

## **8 Ermittlung des bestehenden Schutzgrades**

Entlang der betrachteten Gewässer gibt es keine ausgewiesenen Hochwasserschutzanlagen. Jedoch ist in einigen Ortschaften der Einsatz von Objektschutzmaßnahmen bekannt. Beispielsweise hat die Gemeinde Petersberg die Dreschhalle in Böckels mit mobilen Dammbalkensystemen und Rückschlagklappen gesichert. In Dipperz wurden von den Eigentümern der Grundstücke entlang der Langenbieberstraße Objektschutzmaßnahmen in Form von niedrigen Mauern und mobilen Dammbalkensystem für Grundstückszufahren umgesetzt. Und auch in Niederbieber schützen sich Anwohner der Wiesenstraße mittels mobiler Dammbalkensysteme vor intensivem Hochwasser. Diese Objektschutzmaßnahmen konnten bereits erfolgreich eingesetzt werden und verhindern bzw. minimieren Hochwasserschäden sehr effizient.

Die Modellergebnisse zeigen auf, dass im Istzustand für keine der betrachteten Ortslagen der angestrebte Schutz für HQ100 erreicht wird. So werden in Teilen von Margrethenhaun (Ortszentrum An der Haune), Wiesen (Traisbacher Str.) und Niederbieber (Wiesenstraße) bereits erste Gefährdungen bei HQ2 ermittelt. Auch die Ortslagen Almendorf, Melzdorf, Böckels und Wissels weisen lediglich einen Schutz bis einschließlich HQ2 auf. Der höchste Schutzgrad wird für Steinhaus ermittelt, welches bis einschließlich HQ50 geschützt ist. Durch häufig auftretende Verkläuerungen am Einlauf der Verrohrung in Steinhaus treten in der Realität Gefährdungen aber deutlich häufiger auf. Für die übrigen Ortslagen wird ein Schutzgrad für HQ10 ermittelt.

Tabelle 8-1 gibt einen Überblick des für die einzelnen Ortslagen ermittelten Schutzgrades. Eine detaillierte Beschreibung für die einzelnen Ortslagen findet sich in Kapitel 11.

**Tabelle 8-1: Übersicht zum Schutzgrad der einzelnen Ortslagen**

Gemeinde	Ortslage	Schutzgrad
Petersberg	Steinhaus	HQ50
	Almendorf	HQ2
	Melzdorf	HQ2
	Margretenhaun	HQ2 (abschnittsweise <HQ2)
	Rex	HQ100
	Böckels	HQ2
Künzell	Wissels	HQ2
	Dirlos	HQ10
	Dietershausen	HQ10
Dipperz	Dipperz	HQ10
Hofbieber	Wiesen	HQ2 (abschnittsweise <HQ2)
	Niederbieber	<HQ2
	Langenbieber	HQ10
	Schackau	HQ10
	Kleinsassen	HQ10
	Traisbach	HQ10

## 9 Überblick Maßnahmenentwicklung

Ziel der Hochwasserstudie ist es Maßnahmen zu erarbeiten, welche für die bebauten Ortslagen einen Schutz für HQ100 ermöglichen.

Hierfür stehen entsprechend der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie folgende Handlungsfelder mit unterschiedlichen Maßnahmen zur Verfügung:

Handlungsfeld Vermeidung (hochwasserbedingter nachteiliger Folgen)

- Maßnahmen zur Vermeidung durch: Steuerung in Raumordnungs- und Regionalplanung, Festsetzung von Überschwemmungsgebieten und Anpassung der Bauleitplanung und Flächennutzung.
- Maßnahmen zur Entfernung oder Verlegung von sensiblen Nutzungen aus dem Gefahrenbereich.
- Maßnahmen der Verringerung durch angepasstes Bauen (Objektschutz).

#### Handlungsfeld Schutz (vor Hochwasser)

- Management natürlicher Überflutungen durch: natürlichen Wasserrückhalt im Einzugsgebiet und den Gewässerauen, Minderung von Flächenversiegelungen und Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten.
- Regulierung des Wasserabflusses durch Bau und Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken.
- Technische Anlagen im und am Gewässer, wie z.B. Deiche, (stationäre/mobile) Hochwasserschutzwände und Anpassungen von Brücken.
- Management von Oberflächengewässern durch Freihaltung des Hochwasserabflussquerschnitts (Gewässerunterhaltung).

#### Handlungsfeld Vorsorge (für den Hochwasserfall)

- Hochwasservorhersagen und -warnungen.
- Planung und Optimierung des Katastrophenschutzes.
- Stärkung des öffentlichen Risikobewusstseins (Informationsvorsorge).
- Erstellung von Studien und Schutzkonzepten.
- Bildung von Rücklagen und Abschluss von Versicherungen für den Schadensfall.

Dabei wird ersichtlich, dass Hochwasserschutz und -vorsorge auf ganz unterschiedliche Verantwortliche verteilt wird. So besteht laut Wasserhaushaltsgesetz WHG § 5 (2) in erster Linie eine allgemeine Sorgfaltspflicht für jeden Eigentümer:

*„Jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, ist im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt oder Sachwerte durch Hochwasser anzupassen.“*

Gemeinden und verantwortliche Verbände sind hingegen zur Unterhaltung der Gewässer und wasserwirtschaftlicher Anlagen verpflichtet. Zudem können Gemeinden insbesondere durch Flächenvorsorge, Informationsvorsorge und den Katastrophenschutz wichtige Maßnahmen ergreifen, um Hochwasserschäden zu vermeiden oder zu mindern und im Hochwasserfall handlungsfähig zu sein.

Zuletzt kann durch (technische) Hochwasserschutzmaßnahmen an den Gewässern der Hochwasserschutz verbessert werden. An Gewässern 1. Ordnung erfolgt die Umsetzung durch das Land Hessen (ausgenommen Schifffahrtsstraßen), an Gewässern 2. und 3. Ordnung durch die Kommunen und Verbände. Da die Vorbereitung und Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen mit großen Investitionskosten verbunden sind, existieren Fördermöglichkeiten, welche in der Fördermittelrichtlinie des Landes Hessen definiert sind [9]. Dabei spielen die Verhältnismäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen eine wichtige Rolle.

Die vorliegende Studie befasst sich vorrangig mit dem Handlungsfeld Schutz. Hierfür werden drei Grundvarianten untersucht:

- In der Grundvariante 1 wird untersucht, inwieweit der Hochwasserabfluss für HQ100 durch die Errichtung von Hochwasserrückhaltebecken in den Ortslagen gedrosselt werden kann und welche Auswirkung dies auf die Überflutungsflächen hat.
- Die Grundvariante 2 untersucht, welche technischen Hochwasserschutzmaßnahmen innerhalb der Ortslagen theoretisch erforderlich sind, um einen HQ100-Schutz für die Bebauung zu ermöglichen. Dabei werden keine HRB berücksichtigt.
- In Grundvariante 3 wird untersucht, inwieweit der natürliche Wasserrückhalt in der Aue verbessert werden kann. Hierfür wird die Wirkung von Auwaldflächen und die Anhebung der Gerinnesohle ermittelt.

Die Erkenntnisse, welche aus der Untersuchung dieser drei Grundvarianten gewonnen werden, fließen anschließend in die Entwicklung einer optimierten Vorzugsvariante ein.

Im Folgenden werden die untersuchten Grundvarianten im Überblick mit ihren wesentlichen Ergebnissen vorgestellt. Eine detaillierte Beschreibung erfolgt für die einzelnen Ortslagen in Kapitel 11. Die Maßnahmenlisten der einzelnen Varianten sind in Anlage 19 dokumentiert.

## **9.1 Grundvariante 1 – Hochwasserrückhaltebecken**

Um die Wirkung von Hochwasserrückhaltebecken (HRB) zu untersuchen, wurden mehrere potenzielle Standorte für HRB identifiziert (siehe Abbildung 9-1). Grundlage hierfür bildet das digitale Geländemodell DGM1 und die Voruntersuchung des Büro Falkenhahn. Insgesamt wurden 27 potenzielle Standorte berücksichtigt, für die die Speicherinhaltskurven abgeleitet wurden. Für potenzielle Standorte in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander, wurden die erschließbaren Speichervolumina anhand der Speicherinhaltskurven verglichen. Für die weitere Untersuchung wurden anschließend nur die potenziellen Beckenstandorte berücksichtigt, welche das höchste erschließbare Rückhaltevolumen ermöglichen. Eine direkt in Reihe geschaltete Anordnung von mehreren Becken wurde nicht betrachtet, da erfahrungsgemäß unmittelbar stromunterhalb befindliche Becken einen sehr schlechten Wirkungsgrad aufweisen, was sich deutlich negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt.

Anschließend wurden die potenziellen HRB im Niederschlag-Abfluss-Modell eingearbeitet und deren Wirkung auf den Scheitelabfluss ermittelt. Dabei wurden alle HRB als ungesteuerte Becken berücksichtigt.

In der hydraulischen Modellierung der Grundvariante 1 wurden nur noch potenzielle HRB mit einer relevanten Drosselwirkung berücksichtigt, diese werden in Tabelle 9-1 aufgelistet.

Mit Hilfe dieser HRB ist es möglich den Hochwasserscheitel des HQ100 etwa auf den Wert eines HQ10 bis HQ20 zu drosseln. Da jedoch bereits bei HQ10 großflächige Überflutungen innerhalb der betrachteten Ortslagen auftreten, kann mit den Becken kein vollständiger HQ100-Schutz erreicht werden. Lokale Hochwasserschutzmaßnahmen innerhalb der Ortslagen sind damit unumgänglich.

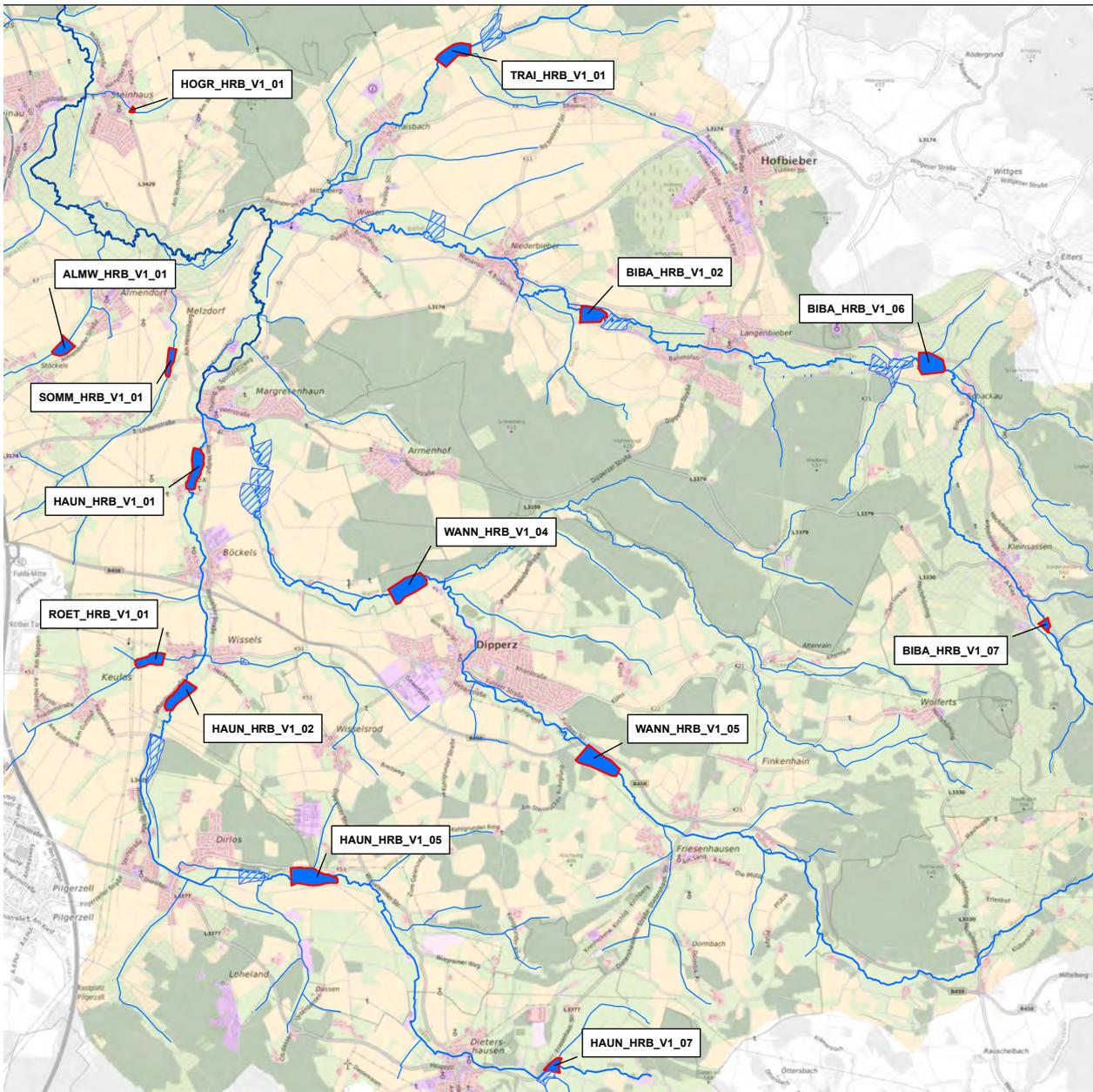
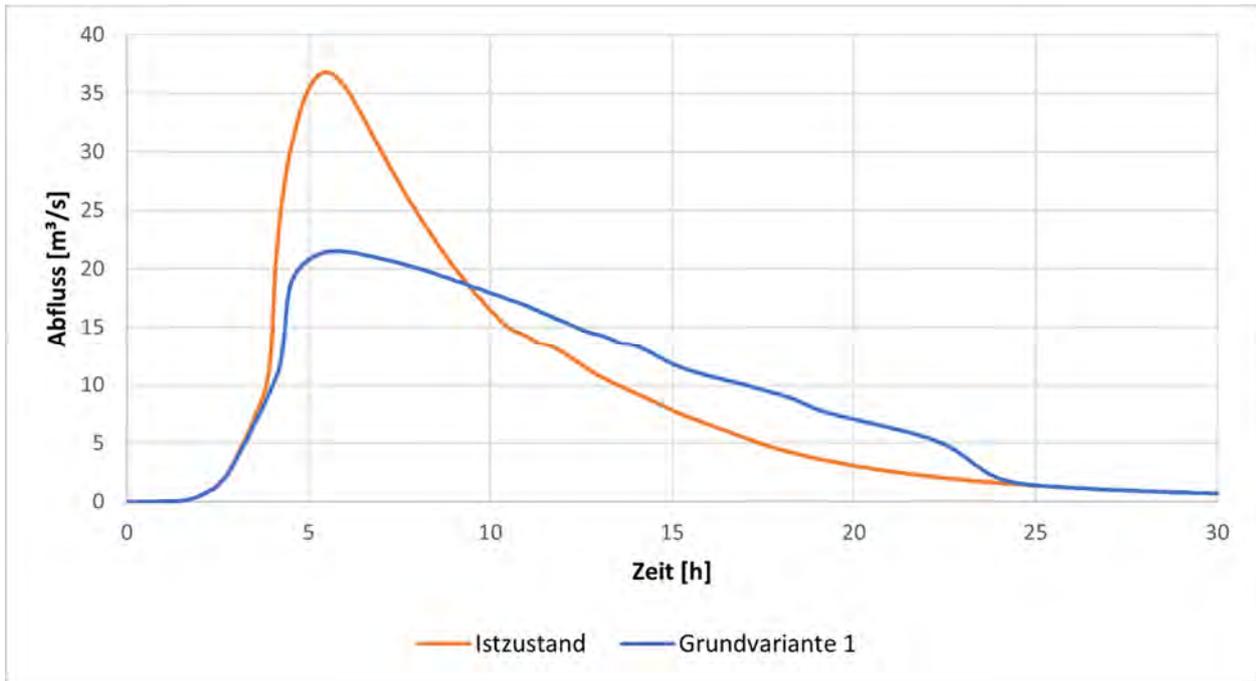


Abbildung 9-1: Lage der untersuchten Standorte für potenzielle Hochwasserrückhaltebecken

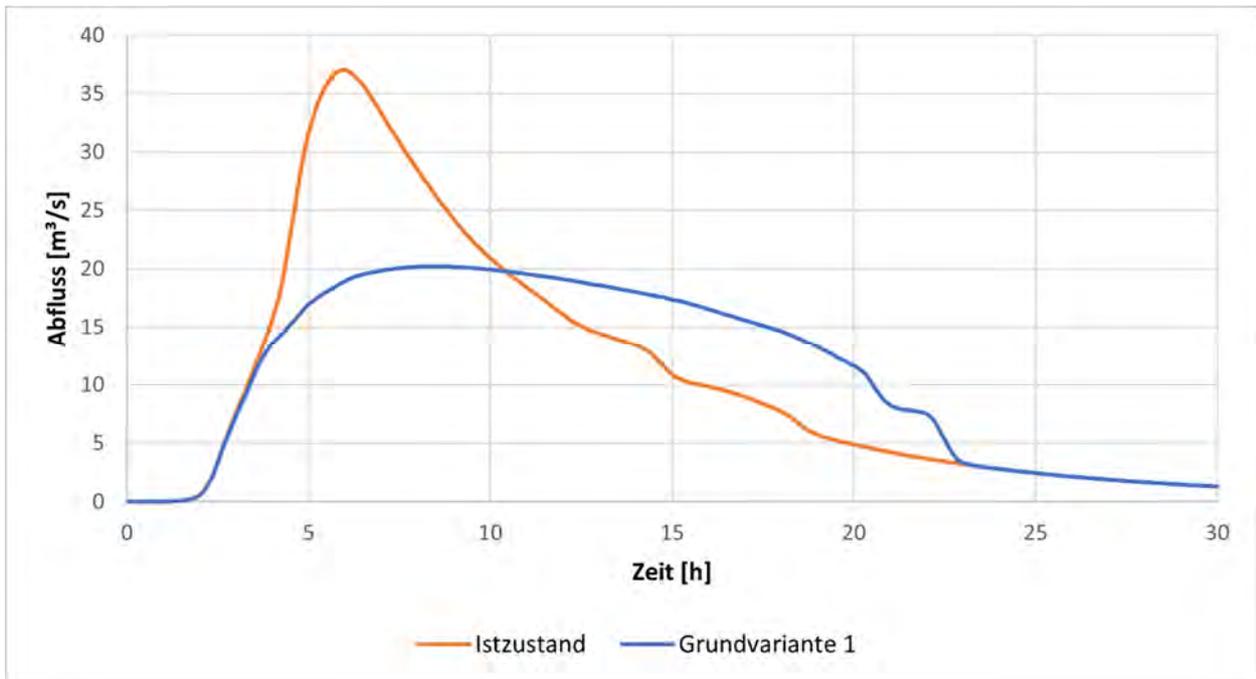
Tabelle 9-1: Hochwasserrückhaltebecken der Grundvariante 1

Hochwasserrückhaltebecken	Lage	Einzugsgebietsfläche	Stauvolumen	Drosselabfluss (Drosselwirkung)
HAUN_HRB_V1_01	Haune südl. Margrethenhaun	27,3 km <sup>2</sup>	35,4 Tm <sup>3</sup>	19,7 m <sup>3</sup> /s (-9%)
HAUN_HRB_V1_02	Haune südl. Wissels	19,3 km <sup>2</sup>	36,2 Tm <sup>3</sup>	14,7 m <sup>3</sup> /s (-15 %)

Hochwasserrückhaltebecken	Lage	Einzugsgebietsfläche	Stauvolumen	Drosselabfluss (Drosselwirkung)
HAUN_HRB_V1_05	Haune östl. Dirlos	10,0 km <sup>2</sup>	123,8 Tm <sup>3</sup>	6,9 m <sup>3</sup> /s (-53 %)
HAUN_HRB_V1_07	Haune östl. Dietershausen	1,9 km <sup>2</sup>	10,1 Tm <sup>3</sup>	2,8 m <sup>3</sup> /s (-31 %)
WANN_HRB_V1_04	Wanne uh. Mündung Kohlgrundwasser	29,3 km <sup>2</sup>	93,3 Tm <sup>3</sup>	18,2 m <sup>3</sup> /s (-24 %)
WANN_HRB_V1_05	Wanne östlich Dipperz, B 458	13,3 km <sup>2</sup>	131,3 Tm <sup>3</sup>	10,3 m <sup>3</sup> /s (-47 %)
BIBA_HRB_V1_02	Bieber östl. Niederbieber, Hahlingsmühle	19,3 km <sup>2</sup>	41,0 Tm <sup>3</sup>	15,6 m <sup>3</sup> /s (-8 %)
BIBA_HRB_V1_06	Bieber östl. Langenbieber	14,3 km <sup>2</sup>	84,2 Tm <sup>3</sup>	13,4 m <sup>3</sup> /s (-31 %)
BIBA_HRB_V1_07	Bieber südl. Kleinsassen	5,0 km <sup>2</sup>	8,7 Tm <sup>3</sup>	8,6 m <sup>3</sup> /s (-13 %)
TRAI_HRB_V1_01	Traisbach uh. Mündung Graben aus Allmus	9,4 km <sup>2</sup>	34,5 Tm <sup>3</sup>	8,1 m <sup>3</sup> /s (-27 %)
HOGR_HRB_V1_01	Holzgrundwasser östl. Steinhaus, Am Holzgrund	0,7 km <sup>2</sup>	1,6 Tm <sup>3</sup>	1,3 m <sup>3</sup> /s (-13 %)
ALMW_HRB_V1_01	Almendorfer Wasser südl. Almendorf	1,1 km <sup>2</sup>	20,7 Tm <sup>3</sup>	1,2 m <sup>3</sup> /s (-68 %)
SOMM_HRB_V1_01	Sommersbach südl. Melzdorf	2,8 km <sup>2</sup>	22,2 Tm <sup>3</sup>	3,2 m <sup>3</sup> /s (-49 %)
ROET_HRB_V1_01	Rötbach westl. Wissels	2,0 km <sup>2</sup>	23,9 Tm <sup>3</sup>	1,6 m <sup>3</sup> /s (-52 %)



**Abbildung 9-2: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Haune stromoberhalb Mündung Wanne**



**Abbildung 9-3: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Wanne stromoberhalb Mündung in Haune**

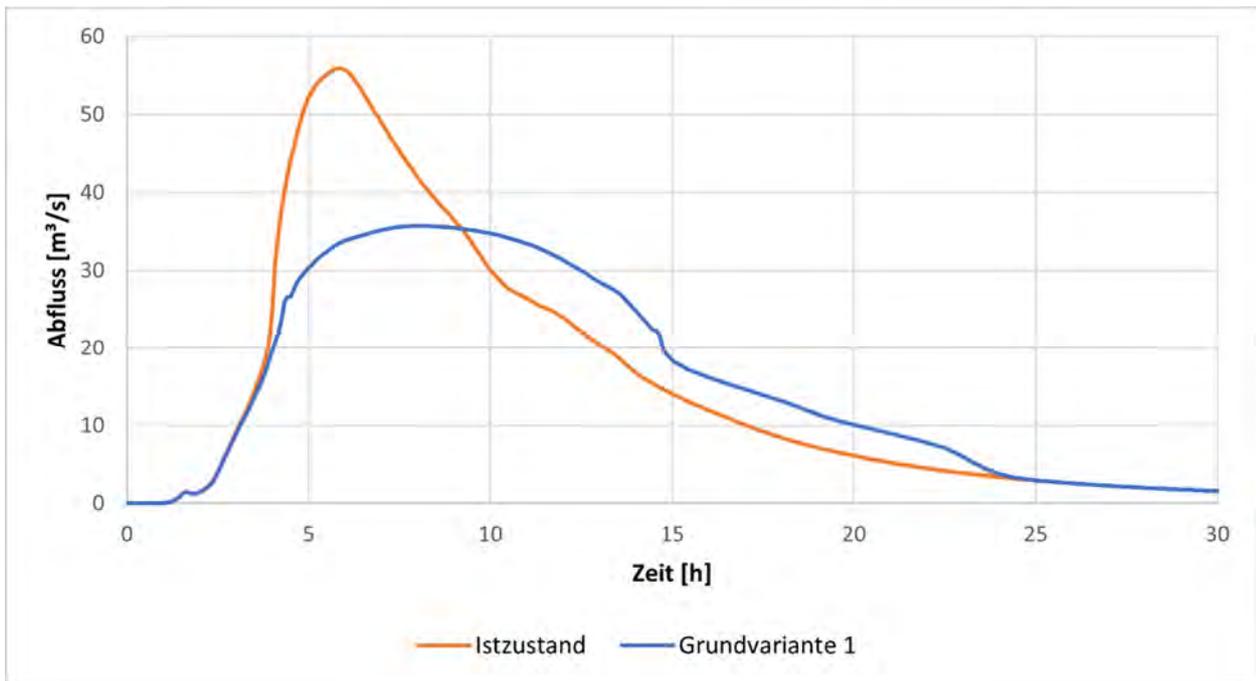


Abbildung 9-4: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Haune stromunterhalb Mündung Wanne

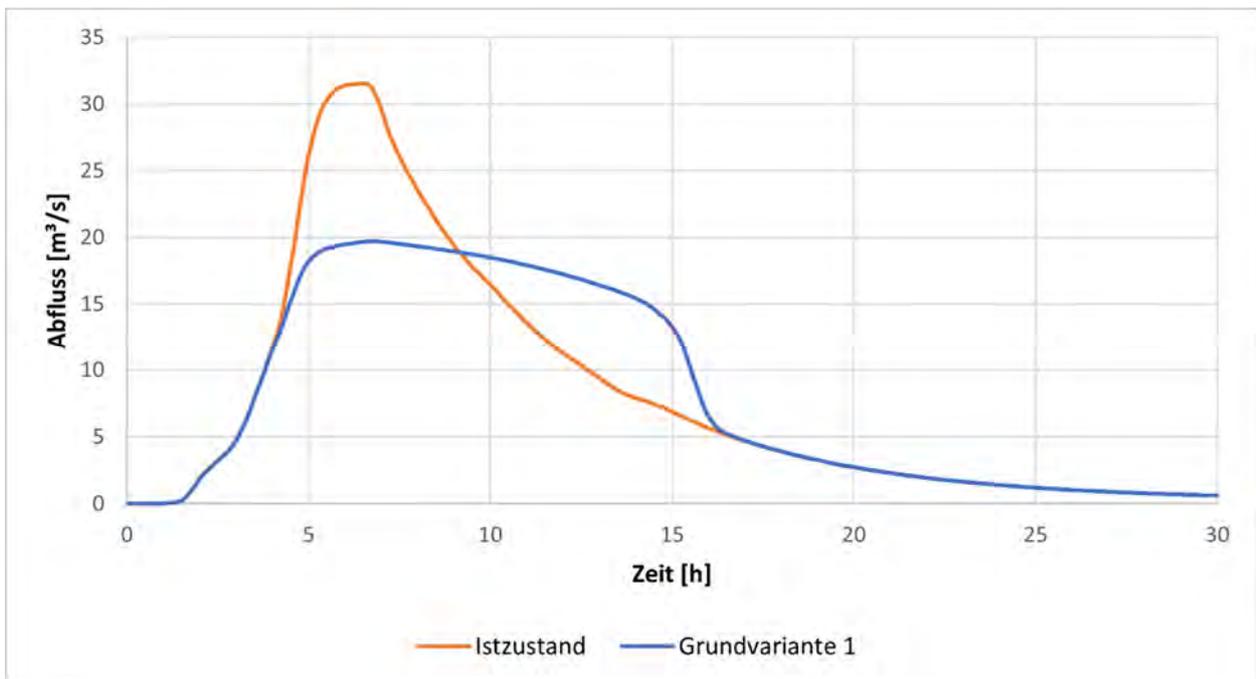
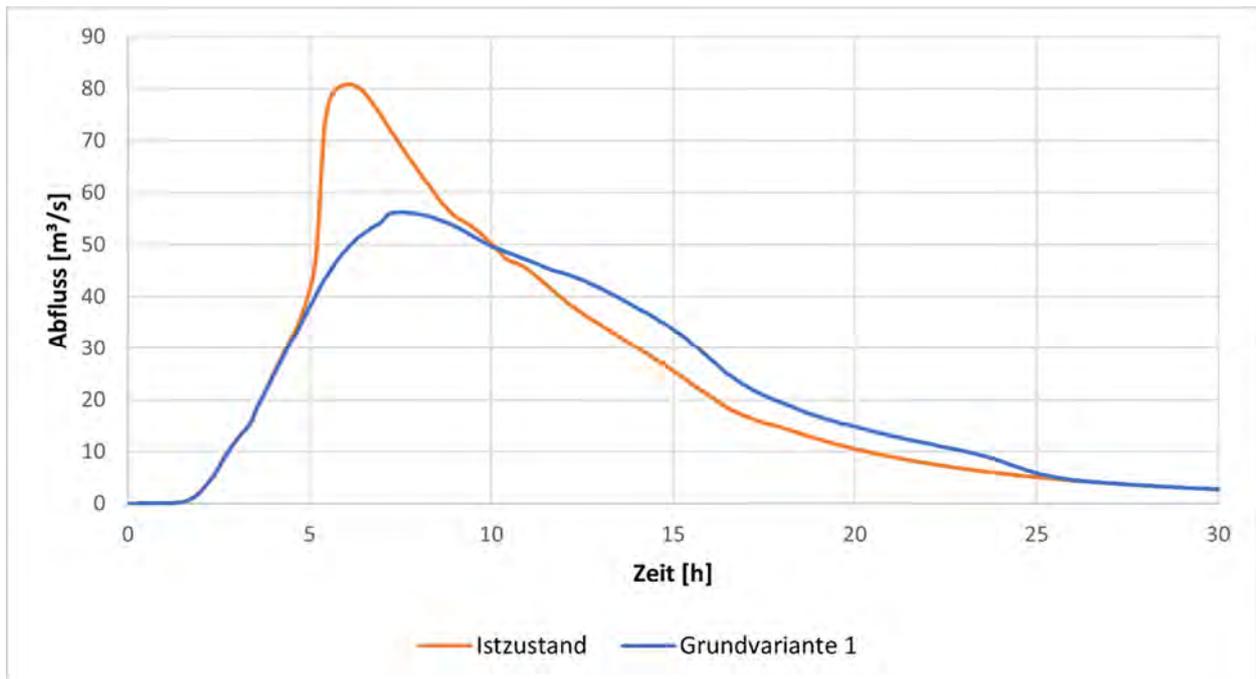


Abbildung 9-5: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an der Bieber stromoberhalb Mündung in Haune



**Abbildung 9-6: Abflussganglinie HQ100 für Istzustand und Grundvariante 1 an Haune, Pegel Melzdorf**

## 9.2 Grundvariante 2 – Technischer Hochwasserschutz innerhalb der Ortslagen

In der Grundvariante 2 werden Maßnahmen ermittelt, welche theoretisch notwendig wären, um einen HQ100-Schutz für die bebauten Ortslagen gewährleisten zu können. Dabei werden grundlegend folgende Maßnahmen an und im Bereich der Gewässer berücksichtigt:

### Gerinneausbau

Der Gerinneausbau erfolgt im Sinne von Gerinneaufweitungen in einem naturnahen Trapezprofil oder als Kastenprofilen mit Ufermauern. Die Wahl des Profils richtet sich nach der Platzverfügbarkeit vor Ort. Da innerorts überwiegend sehr beengte Verhältnisse vorherrschen und die Bebauung nah an die Gewässer reicht, müssen vielfach Kastenprofile mit Ufermauern gewählt werden. Bei Verbreiterungen des Gerinnes innerhalb der Ortslagen wird ein Mindestabstand von 3 m zur Bebauung berücksichtigt. Dabei werden die Gewässerparzellen vollständig ausgereizt oder geringfügig verbreitert.

In wenigen Fällen wird außerdem eine Umverlegung oder der Neubau von Gerinneabschnitten vorgesehen.

Im Zuge des Gerinneausbaus wird auf den entsprechenden Abschnitten eine Vereinheitlichung des Sohlgefälles vorgesehen. Auf diese Weise kann die Gewässersohle in vielen Abschnitten um

wenige Dezimeter abgesenkt werden, was insbesondere im Bereich von Brücken eine deutliche Verbesserung darstellen kann.

### Brückenaufweitungen und Vergrößerung von Verrohrungen

Um für die Bauwerke eine gewisse Verklausungssicherheit bei Hochwasser gewährleisten zu können, wird ein Freibord von 30 bis 50 cm vorgesehen. Der Freibord errechnet sich als Differenz der Bauwerksunterkante und der berechneten Wasserspiegellage bei HQ100.

### Linienschutz

Linienschutzmaßnahmen können als Hochwasserschutzmauern und Verwallungen ausgeführt werden. Für HWS-Mauern wird dabei ein Freibord von 20 cm, für Verwallungen von 30 cm berücksichtigt. Die Wahl der jeweiligen Umsetzungsart richtet sich primär nach der Platzverfügbarkeit. Das Regelprofil einer HWS-Mauern sieht in Summe eine Breite von mindestens 1 m bis maximal 2 m vor. Verwallungen weisen einen höheren Flächenbedarf auf. Die Böschungsneigung ist mit Verhältnis 1 : 3 auszuführen und eine Kronenbreite von 2 m bis 3 m zu berücksichtigen. Da in dieser Studie nur niedrige Verwallungen mit einer Höhe von meisten 0,5 m berücksichtigt werden, wird auf einen Verteidigungsweg verzichtet, welcher üblicherweise 3 m breit wäre. Für eine 0,5 m hohe Verwallung ergibt sich somit ein Regelprofilbreite von 5 m bis 6 m.

### Objektschutz

Das Hochwasserportal Hessen liefert eine kurze Zusammenfassung zu möglichen Objektschutzmaßnahmen [10]. Entsprechende Maßnahmen dienen dem Schutz einzelner Grundstücke bzw. der dort vorhandenen Bebauung. Die Schutzmaßnahmen können mittels Barriersystemen (mobile Dammbalken, Sandsäcke, etc.) im Außenbereich oder durch Barrieren und Abdichtungen (Klappen und Rücksicherungen) direkt an gefährdeten Gebäuden umgesetzt werden. Für weiterführende Informationen zum Objektschutz eignet sich insbesondere der Leitfaden Starkregen – Objektschutz und bauliche Vorsorge des Bundeinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung [11], welcher frei über das Internet verfügbar ist.

### Sonstige Maßnahmen

Zusätzlich werden verschiedene Einzelmaßnahmen berücksichtigt. Dabei handelt es sich um:

- Errichtung von Durchlässen mit Absperrvorrichtungen

- Die Installation von verklausungssicheren 3D-Rechen an Einläufen von Verrohrungen
- Straßenbautechnische Maßnahmen (Straßenerhöhung und Neubau)
- Der Abriss von Infrastruktur

Die für die einzelnen Ortslagen ermittelten Hochwasserschutzmaßnahmen werden in Kapitel 11 dokumentiert.

Generell zeigt sich, dass der angestrebte HQ100-Schutz innerhalb der bebauten Ortslagen nur mit einem sehr hohen Aufwand ermöglicht werden kann. Da Brücken und die Gewässergerinne innerhalb der Ortslagen in den meisten Fällen bereits bei HQ10 deutlich überlastet werden und großräumige Gefährdungen entstehen, sind nahezu über die gesamte Gewässerstrecke innerhalb der Ortslagen Maßnahmen erforderlich. Besonders neuralgische Punkte stellen dabei Brücken dar. Diese lassen sich aufgrund der Platzverfügbarkeit meist nicht im erforderlichen Maße aufweiten/verbreitern, sodass in vielen Fällen zusätzlich die Erhöhung der Brückenunterkante erforderlich wäre. Dadurch kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich relevante Änderungen der Straßenhöhen ergeben. Dies hat zur Folge, dass zusätzliche straßenbauliche Maßnahmen erforderlich sind, um die Zuwegung zu benachbarten Grundstücken sicherstellen zu können.

### **9.3 Grundvariante 3 – Maßnahmen zur Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts**

Die Grundvariante 3 sieht Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Wasserrückhalts vor.

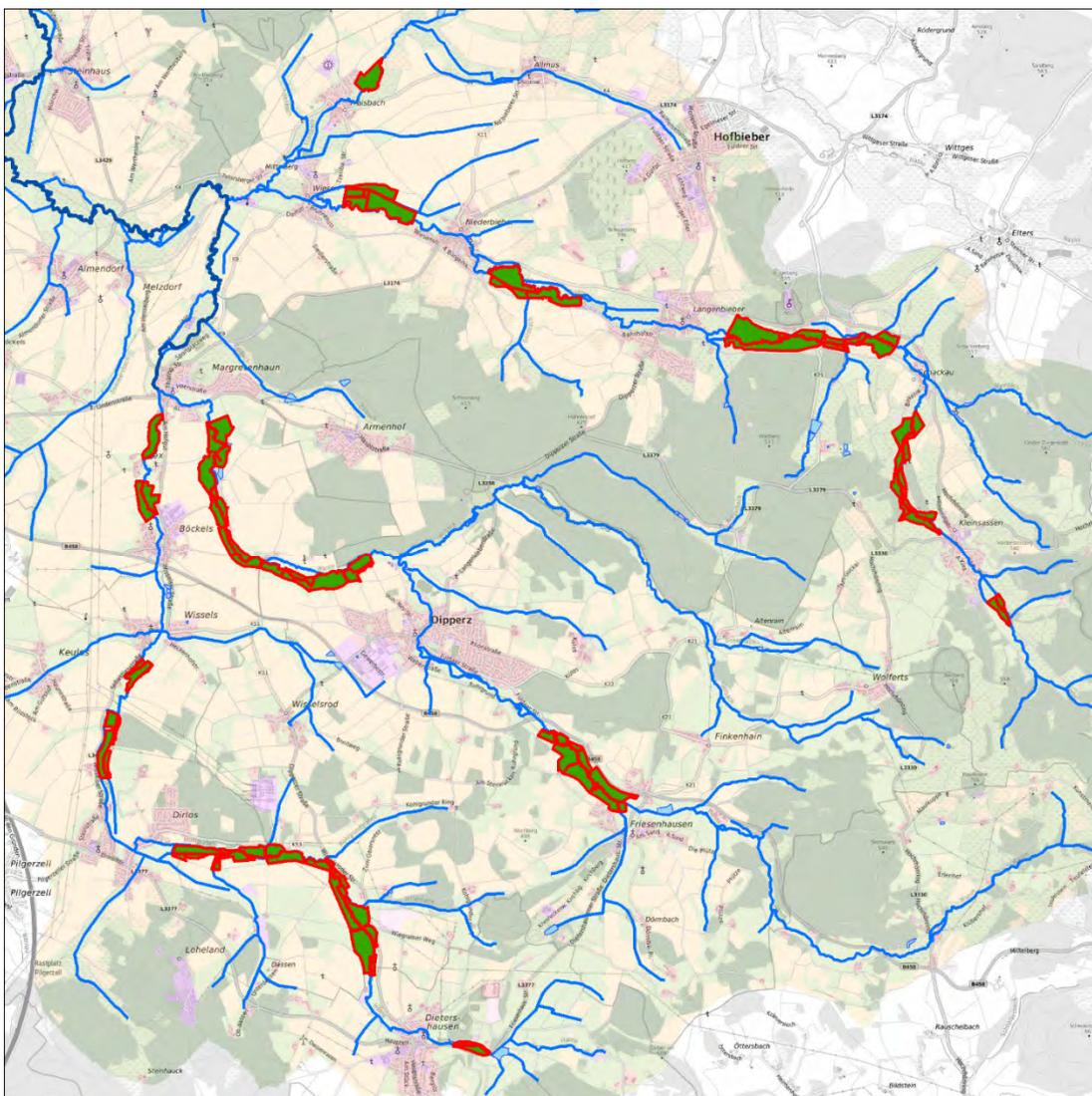
Da die Auen der Hauptgewässer überwiegend gut angeschlossen sind und frühzeitig Ausuferungen auftreten, ist das Potenzial zur Erschließung / Reaktivierung von Auen eher gering. Jedoch kann durch das Anlegen von Auwäldern die Struktur der vorhandenen Aue deutlich verbessert werden.

Auwälder wirken abflussbremsend, wodurch die Fließgeschwindigkeit abnimmt, die Fließtiefe zunimmt und dadurch eine zusätzliche Retention der Hochwasserwelle erfolgt. Auf diese Weise kann der Hochwasserscheitelabfluss stromunterhalb der Auwälder verringert werden.

Da die vorhandenen Auen nahezu ausschließlich durch Grünland geprägt sind, bietet sich ein hohes Potenzial zum Anlegen von Auwäldern. Insgesamt wurden geeignete Flurstücke mit einer Fläche von ca. 195 ha ausgewiesen (siehe Abbildung 9-7).

Die ausgewiesenen Flächen sind als eigendynamischer Entwicklungskorridor des Gewässers zu sehen. Die eigendynamische Entwicklung soll initiiert und gefördert werden, indem die Gewässerunterhaltung in den Bereichen eingestellt wird und gezielt Totholz und Störsteinen in das Gerinne eingebaut werden. So entstehen niedrige Schwellen und Verengungen, welche natürliche Erosions- und Sedimentationsprozesse begünstigen und über die Zeit zu einer Anhebung der Sohle und einer Gewässerlaufverlängerung führen.

Da Auwälder im Hochwasserfall zu einer Zunahme von Treibholz führen, werden oberhalb der Ortslagen Treibgutsperrungen vorgesehen. Dabei handelt es sich um Pfähle (z.B. Baumstämme), welche in Reihe über die Breite des gesamten Fließquerschnitts angeordnet werden. Sie dienen dazu angeschwemmtes, großes Treibgut zurückzuhalten. Nach Hochwasserereignissen sind die Treibgutsperrungen zu beräumen, weshalb eine Zuwegung nötig ist.

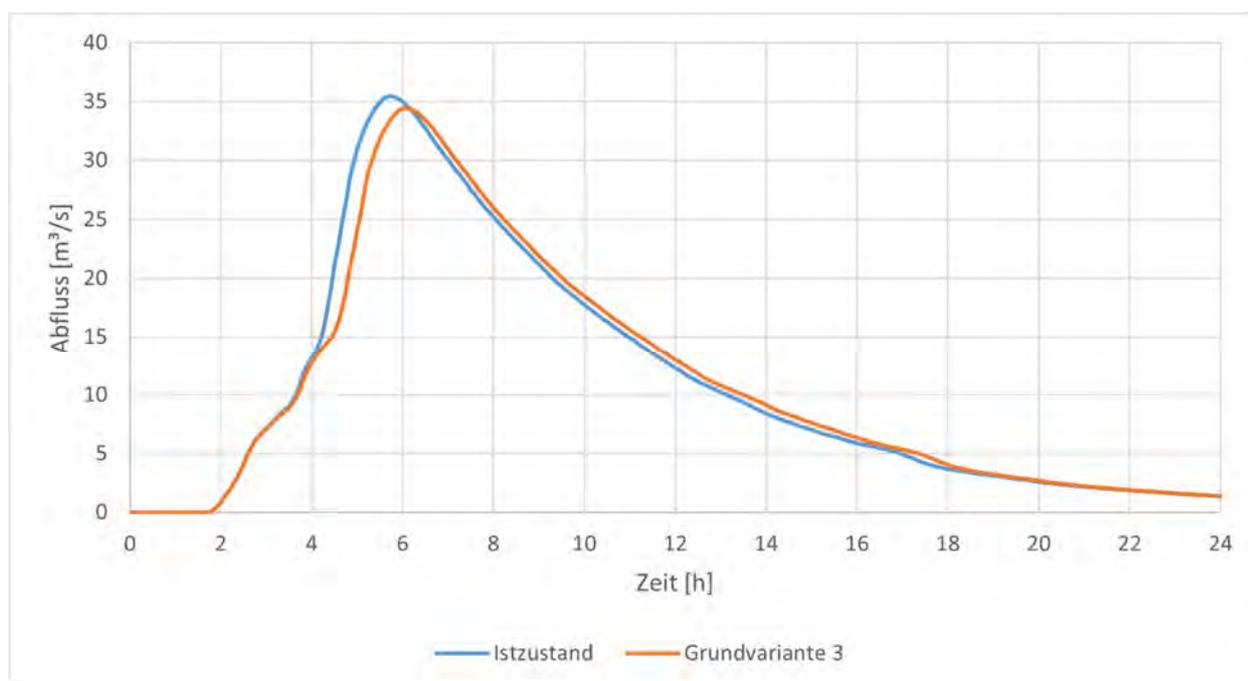


**Abbildung 9-7: Untersuchte Flächen für das mögliche Anlegen von Auwäldern**

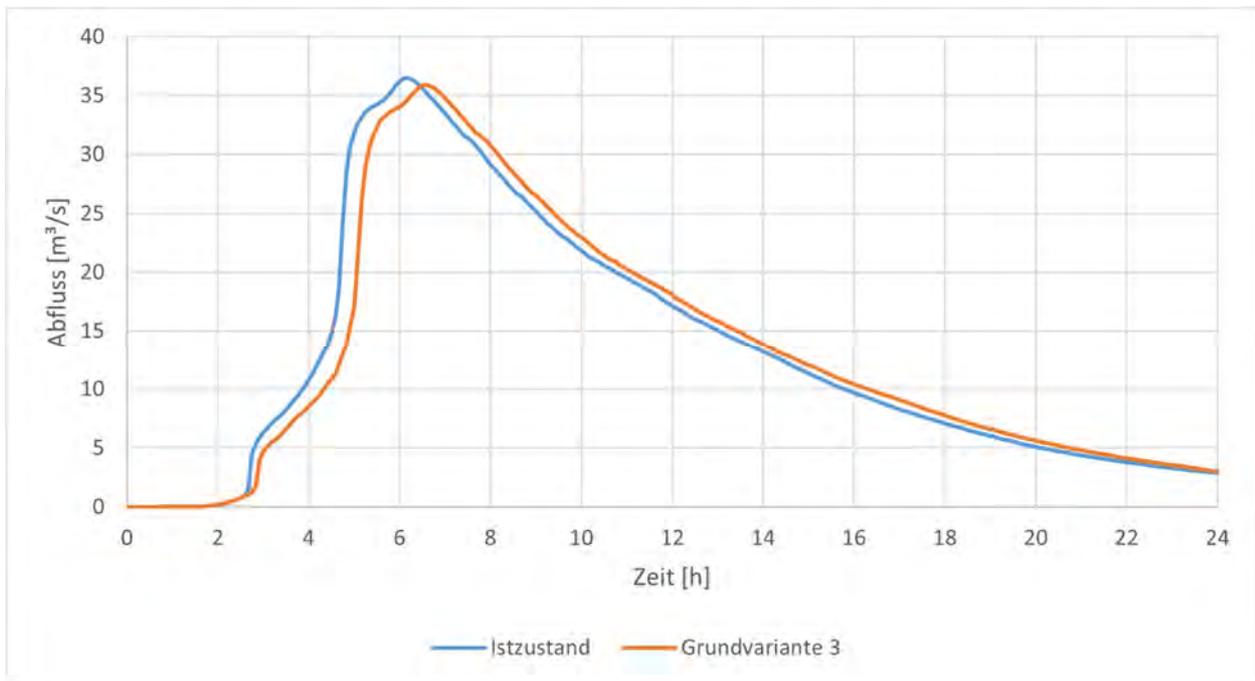
Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass innerhalb der betrachteten Auwaldflächen der Wasserspiegel um 20 cm bis 30 cm angehoben werden kann. Damit einher geht ein Retentionsraumgewinn von ca. 120 Tm<sup>3</sup>, welcher den Hochwasserscheitel bei HQ100 an den betrachteten Gewässern maximal um 1 m<sup>3</sup>/s senken und höchsten um 30 min verzögern kann (siehe Tabelle 9-2).

**Tabelle 9-2: Retentionsraumgewinn und Änderung Scheitelabfluss/Scheitellaufzeit für HQ100 in Grundvariante 3**

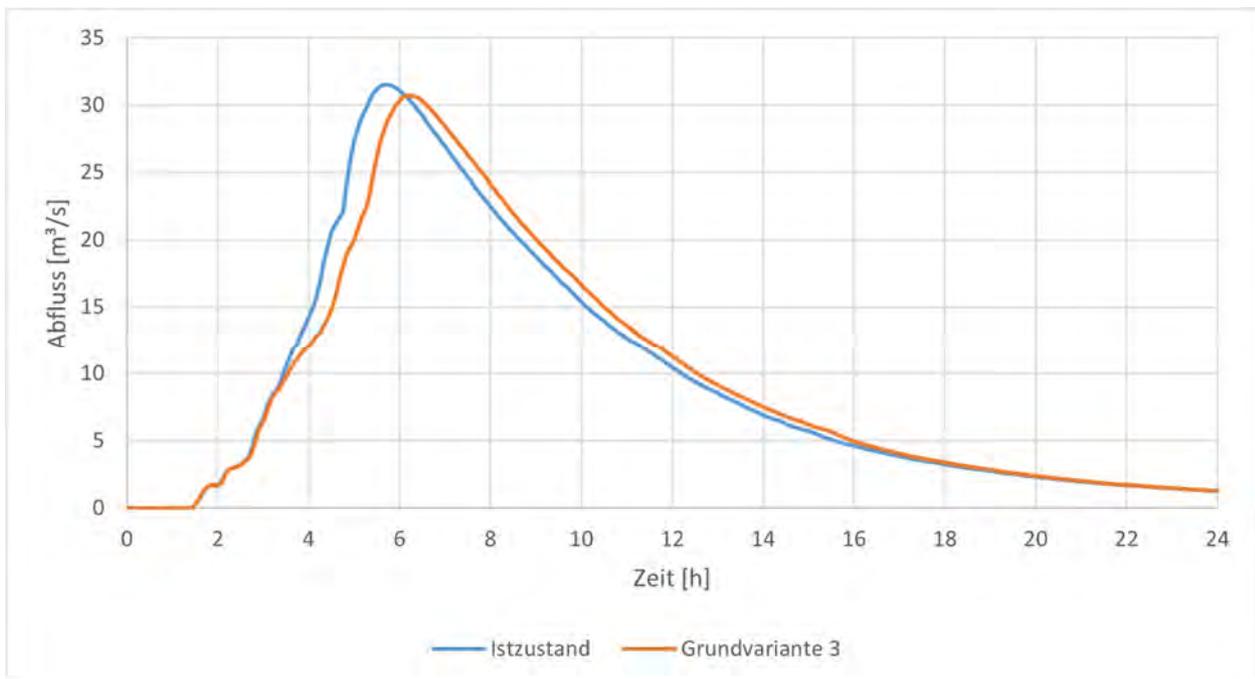
Gewässer	Retentionsraumgewinn	Änderung Scheitelabfluss	Änderung Scheitellaufzeit
Haune (stromoberhalb Mündung Wanne)	+29,7 Tm <sup>3</sup>	-1,0 m <sup>3</sup> /s	+20 min
Wanne (stromoberhalb Mündung in Haune)	+49,6 Tm <sup>3</sup>	-0,6 m <sup>3</sup> /s	+25 min
Bieber (stromoberhalb Mündung in Haune)	+37,6 T m <sup>3</sup>	-0,8 m <sup>3</sup> /s	+30 min



**Abbildung 9-8: Abflussganglinien HQ100 für Istzustand und Grundvariante 3 an der Haune (stromoberhalb Mündung Wanne)**



**Abbildung 9-9: Abflussganglinien HQ100 für Istzustand und Grundvariante 3 an der Wanne (stromoberhalb Mündung in Haune)**



**Abbildung 9-10: Abflussganglinien HQ100 für Istzustand und Grundvariante 3 an der Bieber (stromoberhalb Mündung in Haune)**

Innerhalb der Ortslagen können die Wasserspiegellagen in Grundvariante 3 um maximal 4 cm verringert werden (siehe Tabelle 9-3). Dies hat jedoch keine relevante Auswirkung auf die Überflutungsflächen bei HQ100.

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass die vorgeschlagene Auwaldfläche zwischen Rex und Margrethenhaun einen Rückstau produziert, der innerhalb von Rex für eine Erhöhung der Wasserspiegellage um bis zu 6 cm sorgt. Da dies zu einer Schlechterstellung von Dritten führen würde, ist diese Fläche zum Anlegen eines Auwaldes ungeeignet und kann in dieser Form nicht umgesetzt werden (Maßnahmen ID HAUN\_AUE\_V3\_01).

Die Hochwassergefährdung innerhalb der Ortslagen kann durch Grundvariante 3 somit nicht relevant verbessert werden.

**Tabelle 9-3: Änderung Wasserspiegellagen innerhalb der Ortslagen für HQ100 in Grundvariante 3**

Gemeinde	Ortslage	Änderung Wasserspiegellage
Petersberg	Margrethenhaun	-4 cm
	Rex	-1 cm bis +6 cm
	Böckels	-3 cm
Künzell	Wissels	-1 cm
	Dirlos	-4 cm
	Dietershausen	-1 cm
Dipperz	Dipperz	±0 cm
Hofbieber	Wiesen	-2 cm
	Niederbieber	-1 cm
	Langenbieber	-1 cm
	Schackau	±0 cm
	Kleinsassen	±0 cm
	Traisbach	±0 cm

## 10 Nutzen-Kosten-Analyse

### 10.1 Schadenspotenzialanalyse

Das Schadenspotential wird auf Grundlage der Ergebnisse der hydraulischen Modellierung für die Lastfälle HQ2, HQ10, HQ50, HQ100 und HQextrem im Istzustand ermittelt. Es findet die aktuell in Hessen gültige Methodik auf Grundlage des Rheinatlas Anwendung [12].

Die Schadenspotentiale werden GIS-gestützt anhand von Schadensfunktionen (Tabelle 10-1) und nutzungsabhängigen Vermögenswerten (Tabelle 10-2) abgeschätzt. Der Schädigungsgrad ist dabei von der Wassertiefe abhängig. Die Flächennutzung wird anhand der ALKIS-Daten erfasst.

**Tabelle 10-1: Schadensfunktionen der Nutzungsklassen**

Nutzungsklasse	Schadensfunktion	
	immobil	mobil
Siedlung	$Y = 2x^2 + 2x$	$Y = 11,4x + 12,625$
Gewerbe		$Y = 7x + 5$
Verkehr	$Y = 10x$ (max. $Y = 10$ )	$Y = 10x$ (max. $Y = 10$ )
Landwirtschaft	$Y = 1$	-
Forst	$Y = 1$	-

*Y: Schädigungsgrad in [%]*

*x: Wassertiefe in [m]*

**Tabelle 10-2: Vermögenswerte der Nutzungsklassen**

Nutzungsklasse	Vermögenswerte			
	Original (Stand 2001)		Aufgezinst (Stand 2021)	
	immobil	mobil	immobil	mobil
Siedlung	231	51	417	92
Gewerbe	258	80	466	144
Verkehr	300	3	542	5
Landwirtschaft	7	-	13	-
Forst	1	-	2	-

Da die veröffentlichte Methodik des Rheinatlas [12] auf das Jahr 2001 zurückgeht, hat sich in vergangenen Projekten gezeigt, dass die Schadenspotenziale deutlich unterschätzt werden. Um der Inflation und sonstigen Kostensteigerungen, welche von 2001 bis zum aktuellen Zeitpunkt wirksam wurden, ausreichend Rechnung zu tragen, hat es sich bewährt die Vermögenswerte mit

einem jährlichen Zinssatz von 3% aufzuzinsen. In der vorliegenden Studie wurden die Vermögenswerte für das Jahr 2021 aufgezinnt (Tabelle 10-2).

Das Schadenspotential für Siedlung, Gewerbe und Verkehr wird in Schäden an immobilien und mobilen Vermögenswerten unterschieden. Immobiler Vermögenswerte betreffen dabei die Baustoffe und fest installierte Geräte und Maschinen, mobile Vermögenswerte könnten bei ausreichender Reaktionszeit in Sicherheit gebracht werden (z.B. Möbel und Fahrzeuge).

Die Schadenspotentiale werden als Bruttokosten (inkl. 19 % Mehrwertsteuer) angegeben.

Auf Grundlage der ermittelten Schadenspotentiale wurde zudem der Schadenserwartungswert (SEW) ermittelt. Dabei handelt es sich um eine statistische Größe, die den jährlichen Schadenswert beschreibt, welcher im Mittel über einen langen Zeitraum auftritt. Der SEW ist dabei besonders wichtig, um den monetären Nutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen zu ermitteln und findet daher Eingang in die Nutzen-Kosten-Analyse (siehe Kapitel 10).

Die Ergebnisse der Schadenspotenzialanalyse werden in Anlage 15 für den Istzustand dokumentiert. Die Schadenspotentiale und Schadenserwartungswerte werden für die einzelnen Gemarkungen und die Gemeinden aufgeschlüsselt.

Mit den höchsten Schäden ist in der Gemeinde Petersberg zu rechnen (Tabelle 10-3). Unter den Gemarkungen weist Margretenhaun mit 301 T EUR pro Jahr den höchsten SEW auf. Hohe SEW weisen zudem die Gemarkungen Niederbieber und Wiesen auf. Dies ist insbesondere dem Umstand geschuldet, dass in diesen Ortslagen bereits bei häufigen Ereignissen großflächige Gefährdungen auftreten.

**Tabelle 10-3: Übersicht des Schadenserwartungswerts im Istzustand**

Gemeinde	Gemarkung	Schadenserwartungswert [T EUR pro Jahr]	
Petersberg	Almendorf	183	945
	Böckels	128	
	Margretenhaun	301	
	Melzdorf	61	
	Rex	12	
	Steinau	144	

Gemeinde	Gemarkung	Schadenserwartungswert [T EUR pro Jahr]	
	Steinhaus	115	
Künzell	Dietershausen	12	206
	Dirlos	83	
	Keulos	19	
	Wissels	92	
Dipperz	Dipperz	70	85
	Friesenhausen	3	
	Kohlgrund	12	
Hofbieber	Kleinsassen	28	426
	Langenbieber	57	
	Niederbieber	182	
	Traisbach	22	
	Wiesen	137	

## 10.2 Kostenschätzung

Für die ermittelten Hochwasserschutzmaßnahmen wurde eine Grobkostenschätzung auf Grundlage von Einheitskosten erstellt. Die Einheitskosten basieren auf Erfahrungswerten aus Hochwasserschutzprojekten von Fugro, welche in den vergangenen Jahren in Hessen, Niedersachsen und Brandenburg erarbeitet wurden.

In der Grobkostenschätzung werden folgende Kostenpositionen kalkuliert:

- Baukosten
- Baunebenkosten
- Kosten für den Grunderwerb
- Jährliche Unterhaltungskosten
- Reinvestitionskosten
- Projektkostenbarwert und Jahreskosten

Die Baunebenkosten werden pauschal mit 20 % der Baukosten angesetzt. Für Maßnahmen mit geringem technischem und planerischem Aufwand werden 15 % berücksichtigt.

Für den Grunderwerb werden pauschal 10 €/m<sup>2</sup> berücksichtigt.

Die jährlichen Unterhaltungskosten und Reinvestitionskosten werden als Prozentsätze der Baukosten ermittelt. Die Reinvestitionskosten werden entsprechend der Lebensdauer der Anlagen und Anlagenteile in regelmäßigen Abständen berücksichtigt.

Sämtliche Kosten werden auf dem Preisniveau von 2021 angegeben.

Der Projektkostenbarwert fasst mittels einer Kostenvergleichsrechnung alle, über einen Zeitraum von 80 Jahren anfallenden, Kosten zusammen. Er lässt sich zudem als mittlere Jahreskosten ausdrücken und bietet damit eine Vergleichbarkeit mit dem Schadenserwartungswert (Vergleich Kapitel 10.1).

Die Grobkostenschätzung ist in Anlage 20 dokumentiert.

**Tabelle 10-4: Verwendete Einheitspreise für Baukosten (Preisniveau 2021)**

Maßnahmentyp	Einheit	Einheitspreis Baukosten (netto)
Hochwasserrückhaltebecken	Stauraum in [m <sup>3</sup> ]	$7.390 \times V^{-0.575}$ [EUR/m <sup>3</sup> ] <i>Mit <math>V = \text{Stauraum in [m}^3\text{]} &lt; 200 \text{ Tm}^3</math></i>
Gerinneausbau	Aushub in [m <sup>3</sup> ]	50 [EUR/m <sup>3</sup> ]
HWS-Mauer und Ufermauer	Länge in [m]	$400 \times h + 1.700$ (min. 1.900) [EUR/m] <i>Mit <math>h = \text{Mauerhöhe in [m]}</math></i>
Verwallung	Länge in [m]	$1.000 \times h - 500$ (min. 500) [EUR/m] <i>Mit <math>h = \text{Höhe der Verwallung in [m]}</math></i>
Mobiler Hochwasserschutz	Länge in [m]	1.000 [EUR/m] (Höhe < 1 m) 2.000 [EUR/m] (Höhe > 1 m)
Brückenaufweitung (Ersatzneubau)	Fläche in [m <sup>2</sup> ]	3.200 [EUR/m <sup>2</sup> ]
Vergrößerung Verrohrung (Ersatzneubau)	Länge [m]	$765 \times A + 500$ (min. 1.000) [EUR/m] <i>Mit <math>A = \text{Querschnittsfläche in [m}^2\text{]}</math></i>
Neubau Durchlass	Stück [St.]	30.000 [EUR/St.] (< DN1000)

Maßnahmentyp	Einheit	Einheitspreis Baukosten (netto)
Abriss von Infrastruktur	Volumen [m <sup>3</sup> ]	520 [EUR/m <sup>3</sup> ]
Straßenneubau	Fläche in [m <sup>2</sup> ]	250 [EUR/m <sup>2</sup> ]
Straßenerhöhung	Länge [m]	700 [EUR/m] (Höhe < 1 m)
Objektschutz	Stück [St.]	10.000 [EUR/St.]
Anlegen von Auwald	Fläche [ha]	5.000 [EUR/ha]

### 10.3 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis ist ein wichtiges Maß für die Wirtschaftlichkeit der untersuchten Maßnahmen. Es hat entsprechend hohe Bedeutung für die Förderfähigkeit und den möglichen Fördersatz der Schutzmaßnahmen.

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) ergibt sich zu:

$$NKV = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Kosten}}$$

Ein  $NKV > 1$  bedeutet, dass durch die Hochwasserschutzmaßnahmen ein größerer Nutzen erzielt werden kann, als Kosten für die Umsetzung und Unterhaltung der Hochwasserschutzmaßnahmen anfallen. Eine Maßnahme bzw. Maßnahmenvariante mit einem  $NKV > 1$  wird entsprechend als wirtschaftlich bewertet.

Ein  $NKV < 1$  bedeutet hingegen, dass die erforderlichen Kosten den erzielbaren Nutzen übersteigen. Die Maßnahmenvariante ist daher als unwirtschaftlich zu bewerten.

Für die Kosten werden die ermittelten Jahreskosten (siehe Kapitel 10.2) herangezogen.

Der Nutzen wird als der durch die Maßnahmen verhinderte Schaden definiert. Hierfür wird die Differenz des Schadenserwartungswertes (SEW) für den Istzustand und für die jeweilige Hochwasserschutzvariante gebildet:

$$\text{Nutzen} = SEW(\text{Istzustand}) - SEW(\text{Hochwasserschutzvariante})$$

Dabei wird ausschließlich der monetär bezifferbare Nutzen berücksichtigt. Darüber hinaus können zusätzliche Effekte erzielt werden, welche ebenfalls einen Nutzen darstellen, jedoch nicht monetär erfassbar bzw. kaum abschätzbar sind. Wichtige Beispiele für diesen intangiblen Nutzen sind:

- Schutz von Leib und Leben, sowie Auswirkungen auf die Psyche,
- Vermeidung von Produktionsausfällen im Gewerbe nach Hochwasser (z.B. Stromausfälle, gestörte Lieferketten) und
- Vermeidung von Umweltschäden (z.B. durch Mobilisierung wassergefährdender Stoffe).

Um diesem Umstand bei der Fördermittelvergabe Rechnung zu tragen, werden Maßnahmenvarianten mit einem NKV < 1 nicht von vornherein von einer möglichen Förderung ausgeschlossen. Jedoch muss mit Abschlägen auf den maximalen Fördersatz gerechnet werden. Dies unterliegen nach Aussage des zuständigen Regierungspräsidiums (hier RP Kassel) einer Einzelfallprüfung. Für Maßnahmenvarianten mit einem NKV < 0,5 kann jedoch keine Wirtschaftlichkeit mehr attestiert werden, weshalb eine Förderung ausgeschlossen ist.

Eine Übersicht der ermittelten NKV in den einzelnen Gemeinden ist in Tabelle 10-5 gegeben. Für die Vorzugsvariante reicht das NKV von 0,73 (Gemeinde Petersberg) bis 0,17 (Gemeinde Dipperz). Die Dokumentation des NKV in den einzelnen Ortslagen erfolgt in Kapitel 11. Hier wird eine noch größere Spannweite des NKV ermittelt.

**Tabelle 10-5: Nutzen-Kosten-Verhältnis der betrachteten Hochwasserschutzvarianten**

Variante	Gemeinde	Nutzen [T EUR]		Kosten (Jahreskosten) [T EUR]		Nutzen-Kosten-Verhältnis	
Grundvariante 1	Petersberg	90	153	521		0,29	
	Künzell	12					
	Dipperz	11					
	Hofbieber	39					
Grundvariante 2	Petersberg	269	464	377	749	0,71	0,62
	Künzell	7		33		0,21	
	Dipperz	5		13		0,38	
	Hofbieber	184		326		0,56	
Grundvariante 3	Gesamtgebiet	0 <sup>(*)</sup>		53		0 <sup>(*)</sup>	
Vorzugsvariante	Petersberg	271	557	371	1.057	0,73	0,53
	Künzell	59		103		0,57	

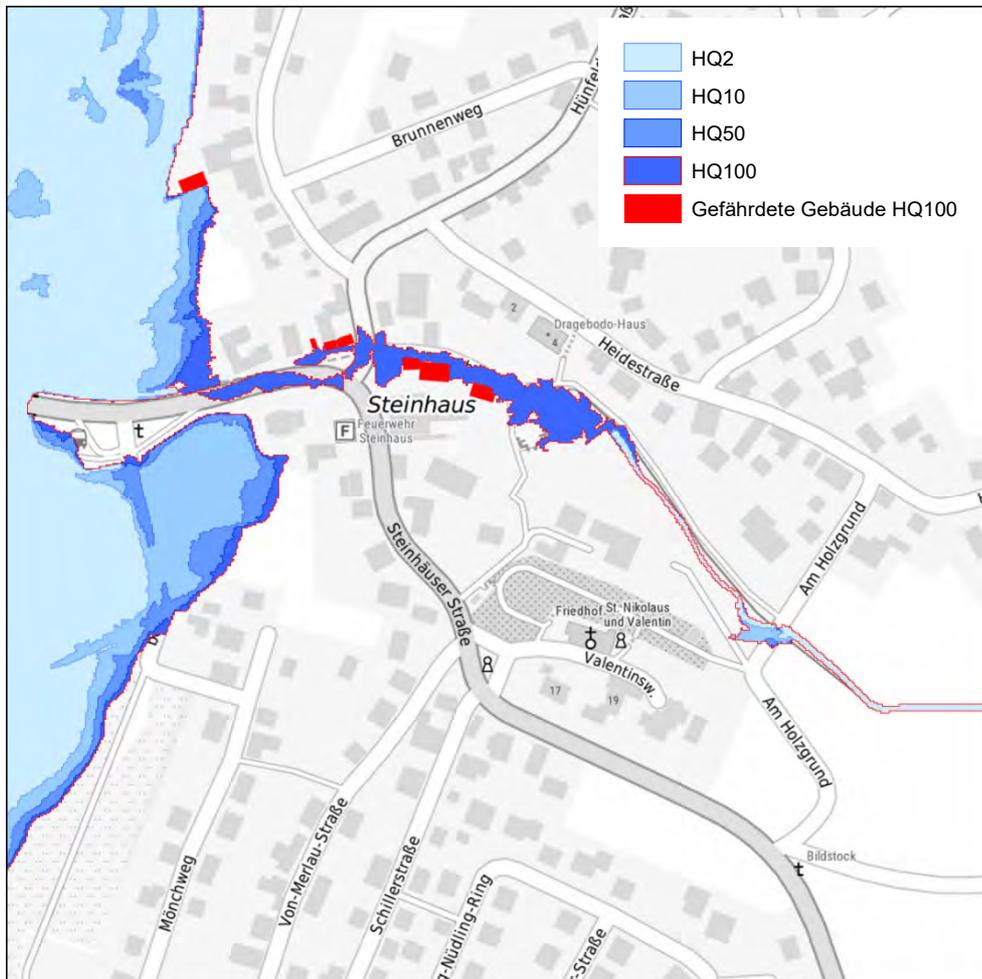
Variante	Gemeinde	Nutzen [T EUR]		Kosten (Jahreskosten) [T EUR]		Nutzen-Kosten- Verhältnis	
	Dipperz	11		64		0,17	
	Hofbieber	216		519		0,42	

(\*) Für Grundvariante 3 ist kein Nutzen nachweisbar

## 11 Ergebnisse in den einzelnen Ortslagen

### 11.1 Ortslage Steinhaus (Gemeinde Petersberg)

#### 11.1.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-1: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Steinhaus**

Die Ortslage Steinhaus wird im Osten von der Haune passiert und vom Holzgrundwasser durchflossen. Von der Haune geht keine relevante Hochwassergefährdung für Steinhaus aus, da die bebauten Siedlungsflächen nicht bis in die Niederung der Hauneauereichen.

Gefährdungen durch Hochwasser resultieren vielmehr aus Überflutungen, welche auf das Holzgrundwasser zurückzuführen sind. Hier stellt sich eine ca. 270 m lange Verrohrung als Hauptursache dar. Durch Verkläuerungen des Einlaufes der Verrohrung, kam es in der Vergangenheit wiederholt zu Überflutungen. Ohne diese Verkläuerungen ist die Verrohrung in der Lage Hochwasser bis zu einem HQ50 sicher abzuführen. Bei HQ100 wird die Verrohrung hingegen auch ohne Verkläuerung überlastet, sodass es entlang der Straße Am Burggraben und der Steinhäuser Str. zu Überflutungen kommt.

Die Ortslage Steinhaus ist somit bis einschließlich HQ50 vor Hochwasser geschützt. Dies trifft jedoch nur zu, wenn Verklausungen am Einlauf der Verrohrung des Holzgrundwassers verhindert werden können.

### 11.1.2 Grundvariante 1



- |                           |                                |                    |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Abriss Brücke             | Ersatzneubau Verrohrung        | Überflutungsfläche |
| Brückenaufweitung         | Linienschutz                   | Geschützte Gebiete |
| Installation Rechen       | Mobiler HWS                    | Geschützte Gebäude |
| Neubau Durchlass          | Straßenerhöhung                | Gefährdete Gebäude |
| Objektschutz              | Errichtung Erschließungsstraße |                    |
| Gerinneverlegung /-neubau | Auwald                         |                    |
| Gerinneausbau             | HRB-Stauraum                   |                    |

**Abbildung 11-2: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Steinhaus**

In der Grundvariante 1 wird für die Ortslage Steinhaus ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) stromoberhalb der Straße Am Holzgrund vorgesehen. Mit dem HRB ist es möglich den Hochwasserabfluss HQ100 so weit zu drosseln, dass es zu keiner Überlastung der Verrohrung kommt.

Durch das HRB wird gleichzeitig die Gefahr einer Verkläuserung des Einlaufs der Verrohrung minimiert, da Treibgut und Geschiebe im HRB zurückgehalten werden können.

Mit Grundvariante 1 ist ein vollständiger HQ100-Schutz für die Ortslage Steinhaus möglich.

**Tabelle 11-1: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Steinhaus**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	252 T EUR	0,02

### 11.1.3 Grundvariante 2 (Vorzugsvariante)



**Abbildung 11-3: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Steinhaus**

Die Grundvariante 2 sieht für die Ortslage Steinhaus die Vergrößerung der bestehenden Verrohrung von einem Durchmesser DN700 auf DN900 vor. Zudem wird ein Einlaufbauwerk mit einem dreidimensional ausgeprägten Rechen vorgesehen. Diese Art von Rechen ist deutlich besser vor Verkläuserung geschützt. Ein geeignetes Einlaufbauwerk würde bspw. das sogenannte Karlsruher-Modell darstellen.

Mit Grundvariante 2 ist ein vollständiger HQ100-Schutz für die Ortslage Steinhaus möglich.

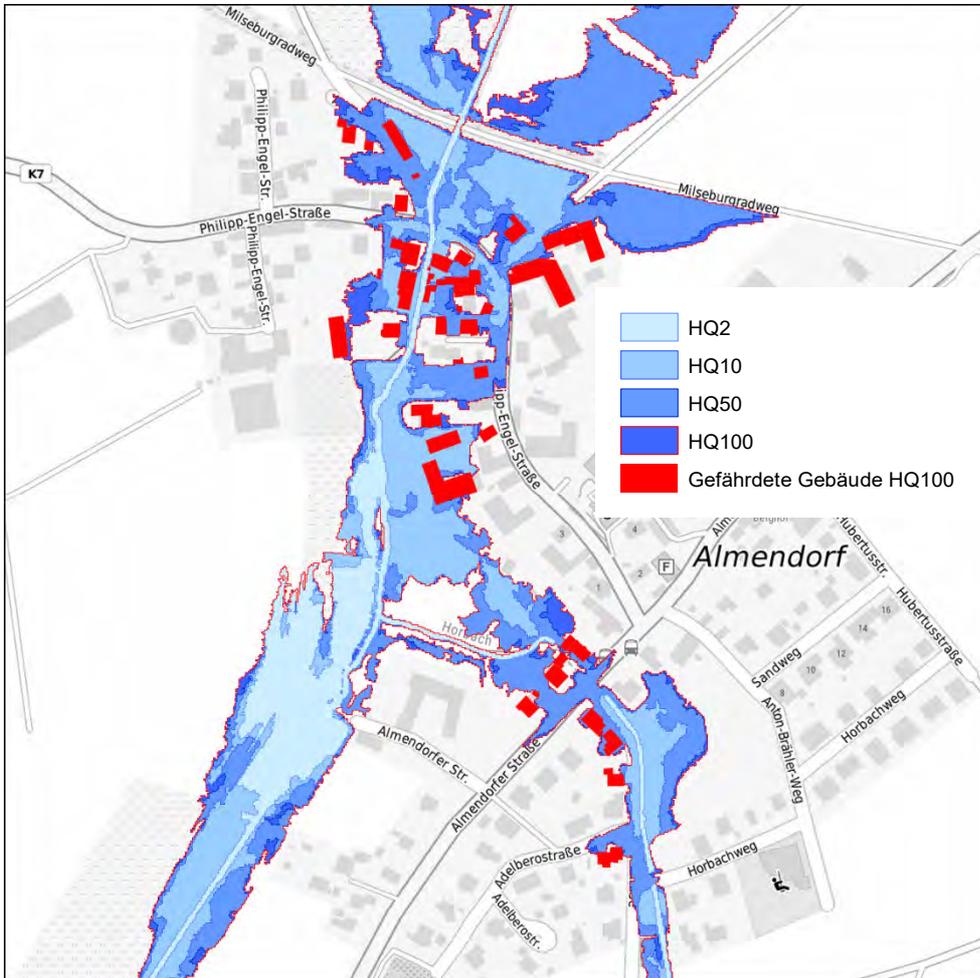
Der Grundvariante 2 wird gegenüber Grundvariante 1 der Vorzug gegeben, da im Vergleich zum Istzustand keine zusätzlichen Unterhaltungs- und Reinvestitionskosten entstehen. Die Grundvariante 2 stellt somit gleichzeitig die Vorzugsvariante dar.

**Tabelle 11-2: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Steinhaus**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	-	<b>0,02</b>
Brückenaufweitungen	-	
Vergrößerung von Verrohrungen	388 T EUR	
Linienschutz	-	
Sonstige Maßnahmen	21 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>0,4 Mio. EUR</b>	

## 11.2 Ortslage Almendorf (Gemeinde Petersberg)

### 11.2.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-4: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Almendorf**

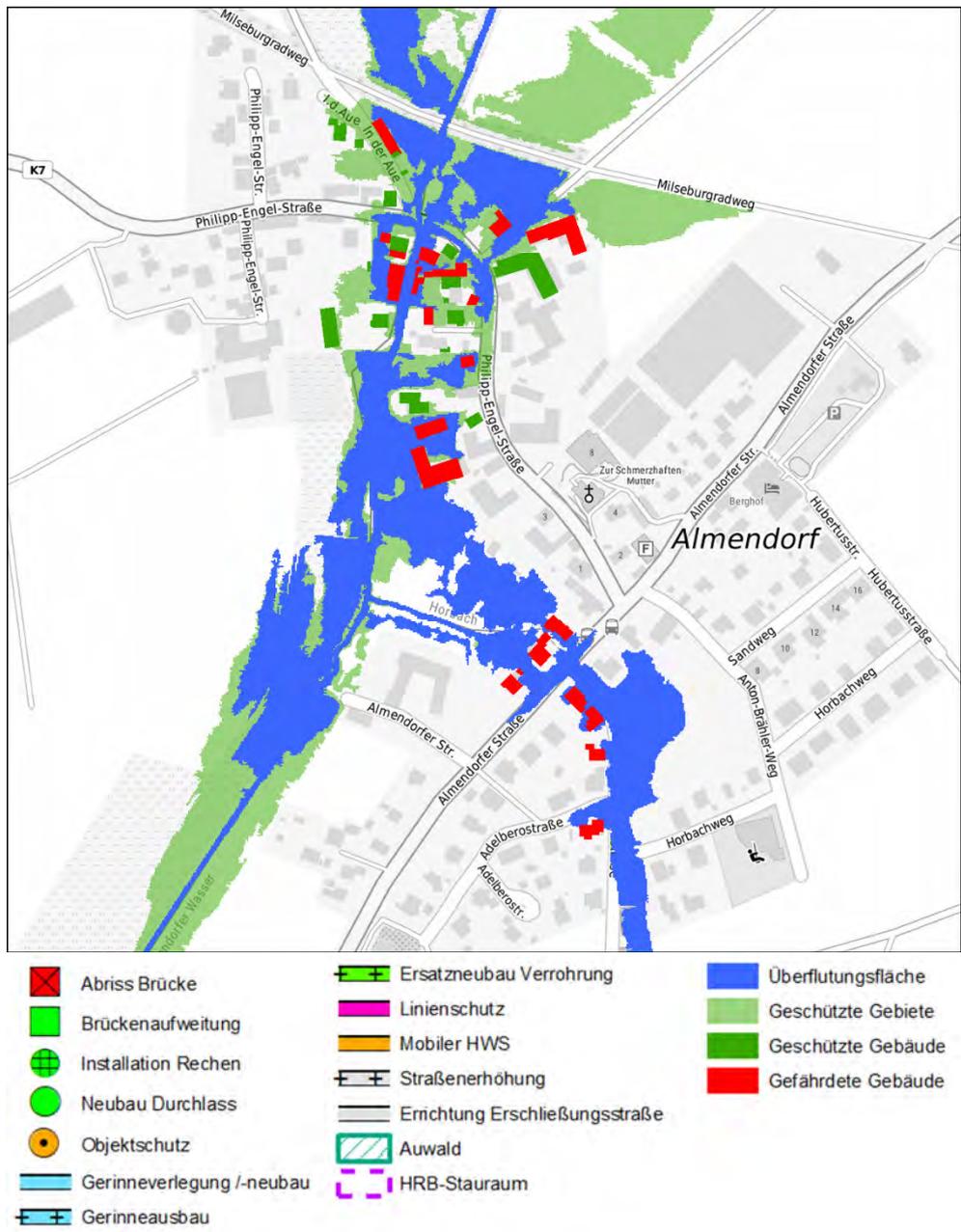
Die Ortslage Almendorf wird vom Almendorfer Wasser durchflossen. Zudem mündet von Osten kommende der Horbach in das Almendorfer Wasser.

Entlang des Almendorfer Wasser existieren die Brücke Philipp-Engel-Straße und eine Brücke am Milseburgradweg. Der Horbach weist einen Durchlass am Horbachweg und eine ca. 55 m lange Verrohrung im Bereich der Almendorfer Straße auf.

Innerorts wird das Gerinne von Almendorfer Wasser und Horbach bereits ab HQ10 überlastet, sodass Gefährdungen für die Bebauung entstehen. Überflutungen treten insbesondere in den Rückstaubereichen der Brücke Philipp-Engel-Straße und am Milseburgradweg auf. Zudem kommt es stromunterhalb des Auslaufs der Verrohrung des Horbachs zu Überflutungen. Ab HQ50 kommt es zur Überlastung dieser Verrohrung, wodurch zusätzliche Gefährdungen im Bereich der Almendorfer Straße und Adelberostraße entstehen.

Die Ortslage Almendorf ist somit bis einschließlich HQ2 vor Hochwasser geschützt. Spätestens ab HQ10 sind jedoch Gefährdungen für die bebaute Ortslage zu befürchten.

### 11.2.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-5: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Almendorf**

In der Grundvariante 1 wird für die Ortslage Almendorf am Almendorfer Wasser ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) vorgesehen. Mit dem HRB ist es nicht möglich einen vollständigen HQ100-Schutz innerhalb der bebauten Ortslage zu ermöglichen. Trotzdem kann eine relevante Wirkung auf die Überflutungsflächen entlang des Almendorfer Wassers festgestellt werden. Die

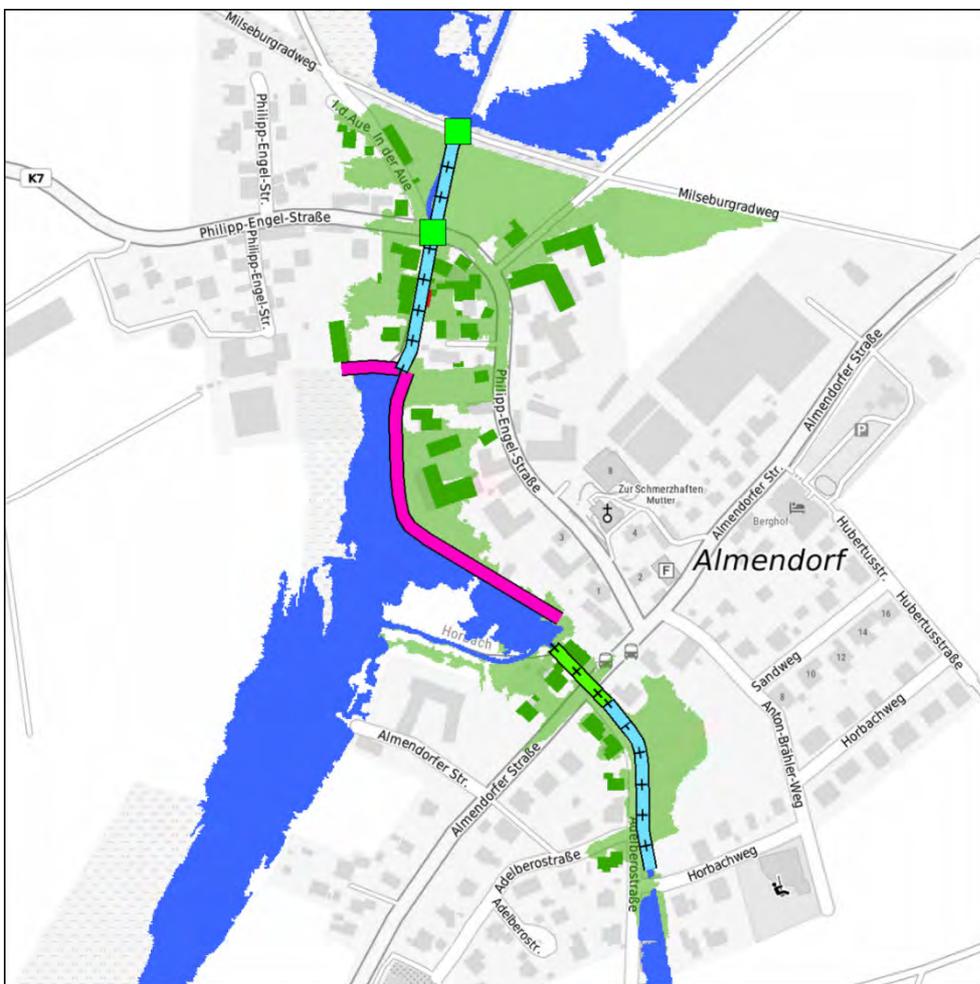
Brücke Philipp-Engel-Straße und der Milseburgradweg sorgen aber weiterhin für einen relevanten Aufstau.

Da am Horbach kein HRB berücksichtigt wurde, treten hier keine Veränderungen gegenüber dem Istzustand auf.

**Tabelle 11-3: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Almendorf**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	750 T EUR	<b>0,33</b>

### 11.2.3 Grundvariante 2 (Vorzugsvariante)



**Abbildung 11-6: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Almendorf**

#### Gerinneausbau

Am Almendorfer Wasser wird vorgesehen, dass das Gerinne stromoberhalb der Brücke Philipp-Engel-Straße als Kastenprofil (Breite 4,6 m, Tiefe 1,6 m) auf einer Länge von ca. 100 m ausgebaut wird. Stromunterhalb der Brücke erfolgt ein Gerinneausbau im Trapezprofil (7,6 m x 1,5 m).

Am Horbach wird vorgesehen, dass das Gerinne am Einlauf in die Verrohrung (Almendorfer Straße) auf einer Länge von 20 m im Kastenprofil (2,4 m x 1,0 m) ausgebaut wird. Weiter stromoberhalb kann der Gerinneausbau stattdessen im Trapezprofil erfolgen. In den Berechnungen wurde dabei am linken Ufer eine Ufermauer berücksichtigt (5,0 m x 1,0 m).

#### Brückenaufweitungen

Am Almendorfer Wasser wird die Aufweitung der Brücken an der Philipp-Engel-Straße (4,2 m x 1,9 m, Freibord 0,3 m) und am Milseburgradweg (4,2 m x 2,0 m, Freibord 0,5 m) vorgesehen. Für die Brücke Philipp-Engel-Straße wird lediglich ein Freibord von 0,3 m berücksichtigt. Trotzdem muss hierfür die Brückenunterkante dabei um 0,65 m gegenüber dem Istzustand angehoben werden.

#### Vergrößerung von Verrohrungen

Am Horbach wird vorgesehen die Verrohrung an der Almendorfer Straße zu vergrößern (Rechteckprofil 2,0 m x 0,8 m).

#### Linienschutz

Stromoberhalb des vorgesehenen Kastenprofils werden am Almendorfer Wasser beidseitig Verwallungen mit einer Gesamtlänge von 280 m (mittlere Höhe 0,6 m) vorgesehen.

Die Grundvariante 2 wird als Vorzugsvariante gewählt. Gegenüber der Grundvariante 1 wird eine bessere Schutzwirkung und ein höheres Nutzen-Kosten-Verhältnis erreicht. Eine Kombination aus Grundvariante 1 und 2 wird ausgeschlossen, da auch mit einem HRB lokale Schutzmaßnahmen in einem ähnlichen Umfang der Grundvariante 2 notwendig wären. Dies würde sich deutlich negativ auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis auswirken.

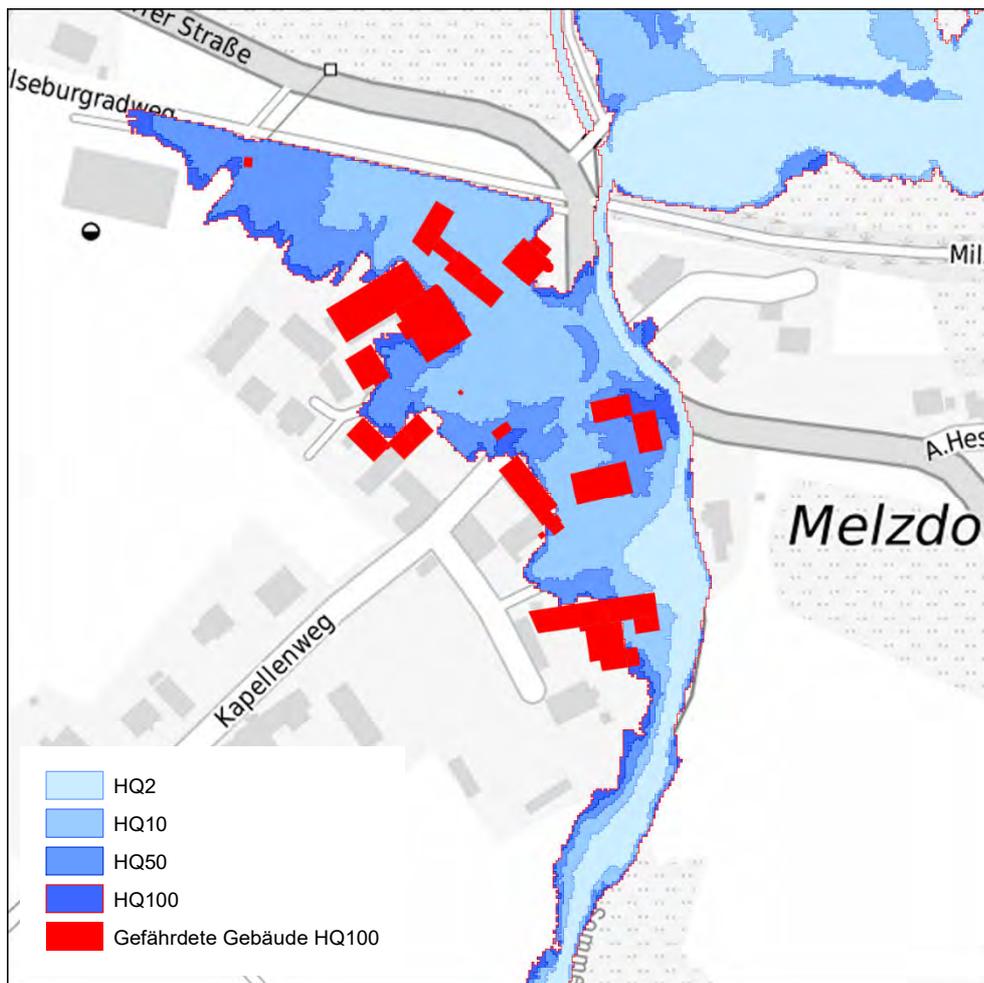
**Tabelle 11-4: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Almendorf**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Gerinneausbau	1.174 T EUR	<b>0,48</b>
Brückenaufweitungen	336 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	157 T EUR	
Linienschutz	208 T EUR	

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>1,9 Mio. EUR</b>	

### 11.3 Ortslage Melzdorf (Gemeinde Petersberg)

#### 11.3.1 Bestehender Schutzgrad

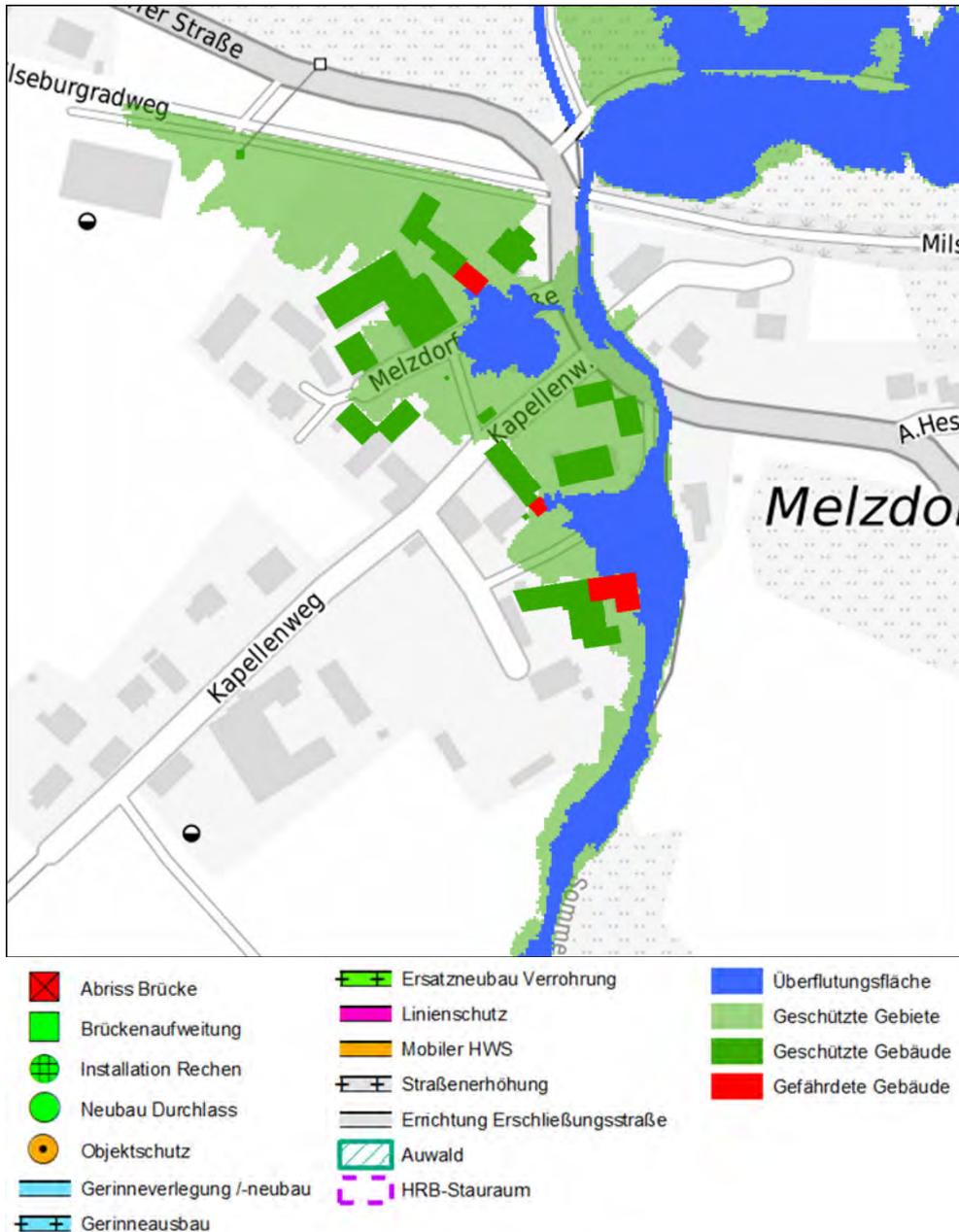


**Abbildung 11-7: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Melzdorf**

Die Ortslage Melzdorf wird vom Sommersbach durchflossen. Gefährdungen treten ab HQ10 auf. Dabei kommt es zu einer Umströmung der Brücke Am Hesselberg, wodurch Überflutungen in der Ortsmitte am Kapellenweg, der Melzdorfer Str. und der Straße Am Hesselberg entstehen. Das Gerinne stromunterhalb der Brücke Am Hesselberg ist bei HQ10 ebenfalls überlastet. Hier wirken sich die Brücke am Milseburgradweg und die Brücke einer Grundstückszufahrt negativ auf den Abfluss aus. Eine Engstelle innerhalb des Gerinnes, stromoberhalb des Milseburgradwegs wurde von der Gemeinde bereits beseitigt.

Die Ortslage Melzdorf ist somit bis einschließlich HQ2 hochwasserfrei. Spätestens ab HQ10 sind jedoch Gefährdungen für die bebaute Ortslage zu befürchten.

### 11.3.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-8: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Melzdorf**

In der Grundvariante 1 wird für die Ortslage Melzdorf ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) am Sommersbach vorgesehen. Mit dem HRB ist es möglich den Hochwasserabfluss HQ100 so weit zu drosseln, dass nahezu ein vollständiger HQ100-Schutz für die Bebauung erreicht wird. Durch Ausuferungen stromoberhalb der Brücke Am Hesselberg kommt es aber weiterhin zu Gefährdungen. Auch in der Ortsmitte, zwischen Melzdorfer Str. und Kapellenweg treten noch Überflu-

tungen auf, welche auf Rückstau an einer Grundstückszufahrt über den Sommersbach zurückzuführen sind.

**Tabelle 11-5: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Melzdorf**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	750 T EUR	1,05

### 11.3.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-9: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Melzdorf**

#### Gerinneausbau

Zwischen der Brücke Am Hesselberg und dem Milseburgradweg wird ein Gerinneausbau im Kastenprofil (5,0 m x 1,4 m) vorgesehen.

### Brückenaufweitungen

Für die beiden Brücken Am Hesselberg (5,0 m x 1,5 m) und Milseburgradweg (5,0 m x 1,8 m) wird eine Aufweitung vorgesehen. Um einen Freibord von 0,5 m zu gewährleisten, muss die Brückenunterkante Am Hesselberg um 0,22 m angehoben werden.

### Linienschutz

Stromoberhalb der Brücke Am Hesselberg wird eine ca. 70 m lange Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,7 m) vorgesehen.

### Sonstige Maßnahmen

Zwischen der vorgesehenen Hochwasserschutzmauer und der Brücke Am Hesselberg wird die Erhöhung eines Anliegerwegs vorgesehen.

Um Rückstau an der Grundstückszufahrt über den Sommersbach zu verhindern, wird der Abriss der Brücke vorgesehen. Als neue Zuwegung für die beiden Grundstücke wird weiter östlich die Errichtung einer Erschließungsstraße vorgesehen.

**Tabelle 11-6: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Melzdorf**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	508 T EUR	<b>0,78</b>
Brückenaufweitungen	386 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	202 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	94 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>1,2 Mio. EUR</b>	

### 11.3.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-10: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Melzdorf**

Da die Grundvariante 1 mit 1,05 ein sehr hohes Nutzen-Kostenverhältnis aufweist, wird sie als Grundlage für die Vorzugsvariante herangezogen. Um einen vollständigen Schutz der Bebauung zu ermöglichen, wird die Variante um verschiedene Maßnahmen aus Grundvariante 2 ergänzt.

#### Hochwasserrückhaltebecken

Es wird das HRB aus Grundvariante 1 vorgesehen.

#### Linienschutz

Stromoberhalb der Brücke Am Hesselberg wird eine ca. 70 m lange Hochwasserschutzmauer vorgesehen. Aufgrund der Wirkung des HRB kann die Mauer gegenüber der Grundvariante 2 niedriger ausgeführt werden (mittlere Höhe 0,4 m).

Sonstige Maßnahmen

Zwischen der vorgesehenen Hochwasserschutzmauer und der Brücke Am Hesselberg wird die Erhöhung eines Anliegerwegs vorgesehen.

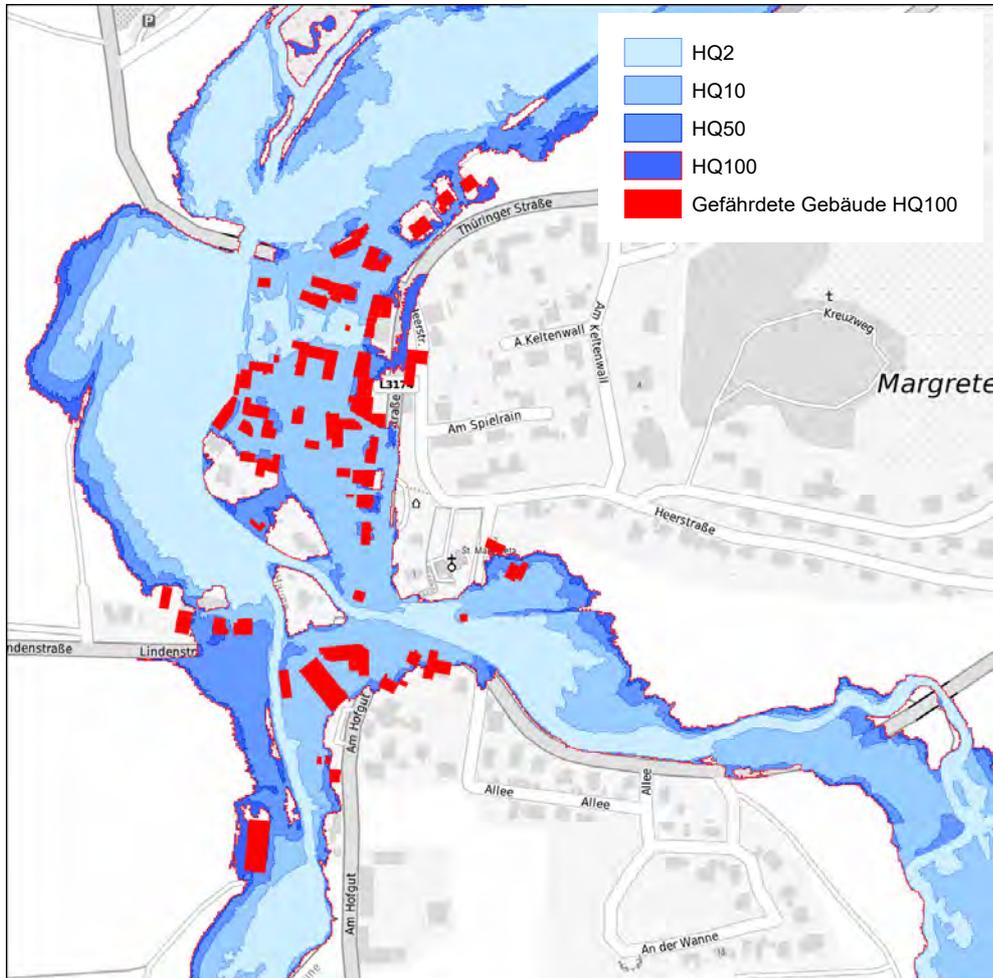
Um Rückstau an der Grundstückszufahrt über den Sommersbach zu verhindern, wird der Abriss der Brücke vorgesehen. Als neue Zuwegung für die beiden Grundstücke wird weiter östlich die Errichtung einer Erschließungsstraße vorgesehen.

**Tabelle 11-7: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Melzdorf**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Hochwasserrückhaltebecken	750 T EUR	<b>0,85</b>
Gerinneausbau	-	
Brückenaufweitungen	-	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	189 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	95 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>1,0 Mio. EUR</b>	

## 11.4 Ortslage Margretenhaun (Gemeinde Petersberg)

### 11.4.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-11: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Margretenhaun**

Innerhalb der Ortslage Margretenhaun mündet die Wanne in die Haune, weshalb die Hochwassergefährdungen gleich von zwei der betrachteten Hauptgewässer ausgehen.

Entlang der Haune existieren die Brücken Mahlsteig (Norden) und Lindenstraße (Süden). Die Wanne wird innerorts von der Thüringer Straße gekreuzt. Diese Brücken stellen bei Hochwasser die neuralgischen Punkte dar.

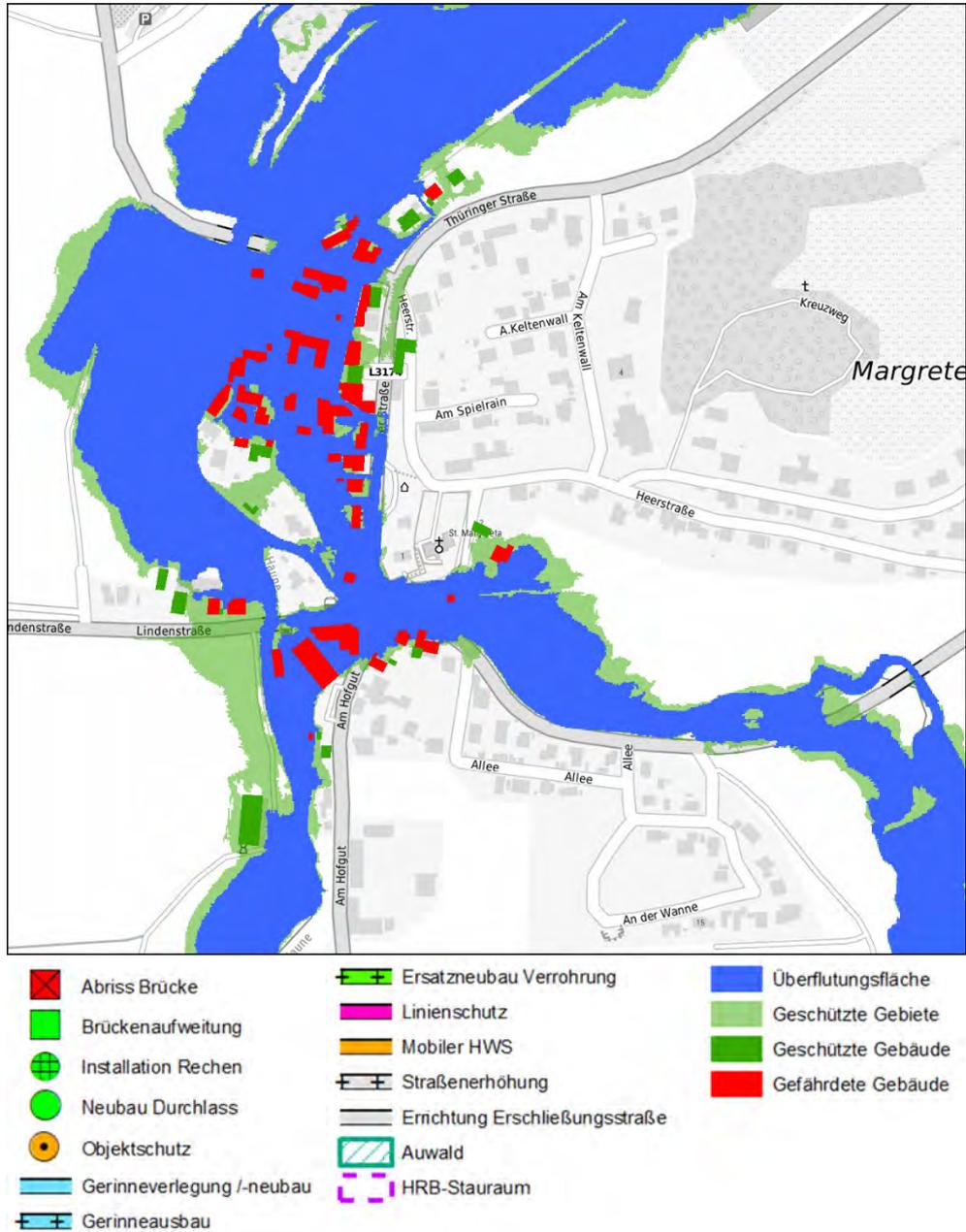
Bereits bei HQ10 kommt es an der Wanne zu einer Überlastung der Brücke Thüringer Straße. Das auf der Thüringer Straße nach Norden abfließende Wasser sorgt anschließend für Überflutungen im niedriger gelegenen Ortszentrum (An der Haune). Auch südlich der Brücke Thüringer Straße kommt es durch die Überlastung der Brücke zu Überflutungen, welche in der Vergangenheit insbesondere die Gaststätte Zum grünen Baum getroffen haben. Hier überlagern sich Hochwasser aus Wanne und Haune, da bei HQ10 auch die Brücke Lindenstraße (Haune) überlas-

tet wird. Stromoberhalb der Brücke Mahlsteg kommt es durch Rückstau beidseitig der Haune zu großflächigen Überflutungen. Dabei wird die Brücke im Osten umströmt, wobei sich Überlagerungen mit Hochwasser aus der Wanne ergeben.

Stromoberhalb der Brücke Mahlsteg existiert entlang des rechten Ufers der Haune eine niedrige Geländeaufhöhung/Verwallung, welche an einer Stelle jedoch abgesenkt ist. Hier können bereits bei HQ2 Gefährdungen durch den Rückstau der Brücke Mahlsteg auftreten.

Die Hochwassergefährdungen in Margrethenhaun ergeben sich daher durch eine intensive Überlagerung von Hochwasser aus Haune und Wanne. Die Gefährdungen treten deutlich vor HQ10 auf.

### 11.4.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-12: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Margrethenhausen**

In der Grundvariante 1 werden entlang der Haune (mit Nebengewässer Rötzbach) fünf und entlang der Wanne zwei Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen.

Für die bebaute Ortslage können die Überflutungsflächen bei HQ100 nicht relevant verringert werden. Nur wenige Gebäude lassen sich mittels der HRB schützen, die Mehrzahl bleibt hingegen weiterhin gefährdet.

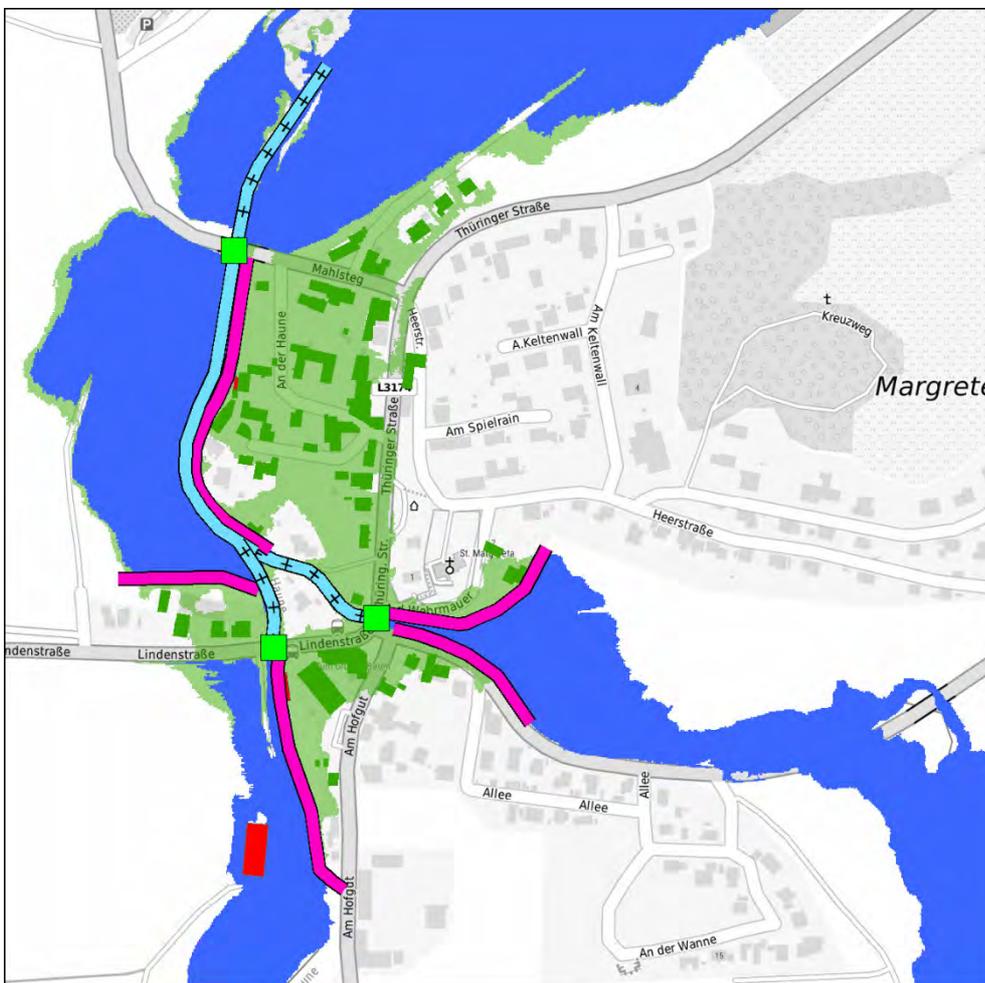
Insbesondere an den Brücken Thüringer Straße (Wanne) und Mahlsteg (Haune) kommt es weiterhin zur Überlastung.

Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalkulation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-8: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Margrethenhaun**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	3.312,3 T EUR	0,24

### 11.4.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-13: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Margrethenhaun**  
Gerinneausbau

Entlang der Haune wird stromunterhalb der Mündung der Wanne bis zum Wehr des Flutgrabens ein Gerinneausbau im Trapezprofil vorgesehen (12,5 m x 1,5 m). Dabei sind insbesondere

stromunterhalb der Brücke Mahlsteig die wallartigen Strukturen entlang der rechten Böschungsoberkante zu beseitigen.

Zwischen der Brücke Lindenstraße und der Mündung der Wanne wird für die Haune ein Gerinneausbau im Kastenprofil (11,5 m x 2,5 m) vorgesehen.

Auch für die Wanne wird stromunterhalb der Brücke Thüringer Straße ein Gerinneausbau im Kastenprofil (10,6 m x 2,5 m) vorgesehen.

### Brückenaufweitungen

Es wird vorgesehen alle drei Brücken aufzuweiten: Lindenstraße (11,5 m x 2,5 m), Mahlsteig (18,0 m x 2,8 m) und Thüringer Straße (10,6 m x 2,4 m). Um einen Freibord von 0,5 m einzuhalten, müssen die Brückenunterkanten von Mahlsteig um 0,65 m und Lindenstraße um 0,49 m erhöht werden. An der Thüringer Straße lässt sich ein Freibord von 0,5 m nicht realisieren. Daher wird hier ein Freibord von 0,3 m angesetzt, wofür eine Erhöhung der Brückenunterkante von 0,84 m erforderlich ist.

### Linienschutz

Entlang der Haune wird stromoberhalb der Brücke Lindenstraße eine Hochwasserschutzmauer (rechtes Ufer, mittlere Höhe 1,0 m) vorgesehen. Nördlich der Brücke Lindenstraße wird im linken Vorland eine Verwallung (mittlere Höhe 0,8 m) vorgesehen. Zwischen der Mündung der Wanne bis zur Brücke Mahlsteig ist entlang des rechten Ufers der Haune eine Hochwasserschutzwand (mittlere Höhe 0,5 m) vorgesehen.

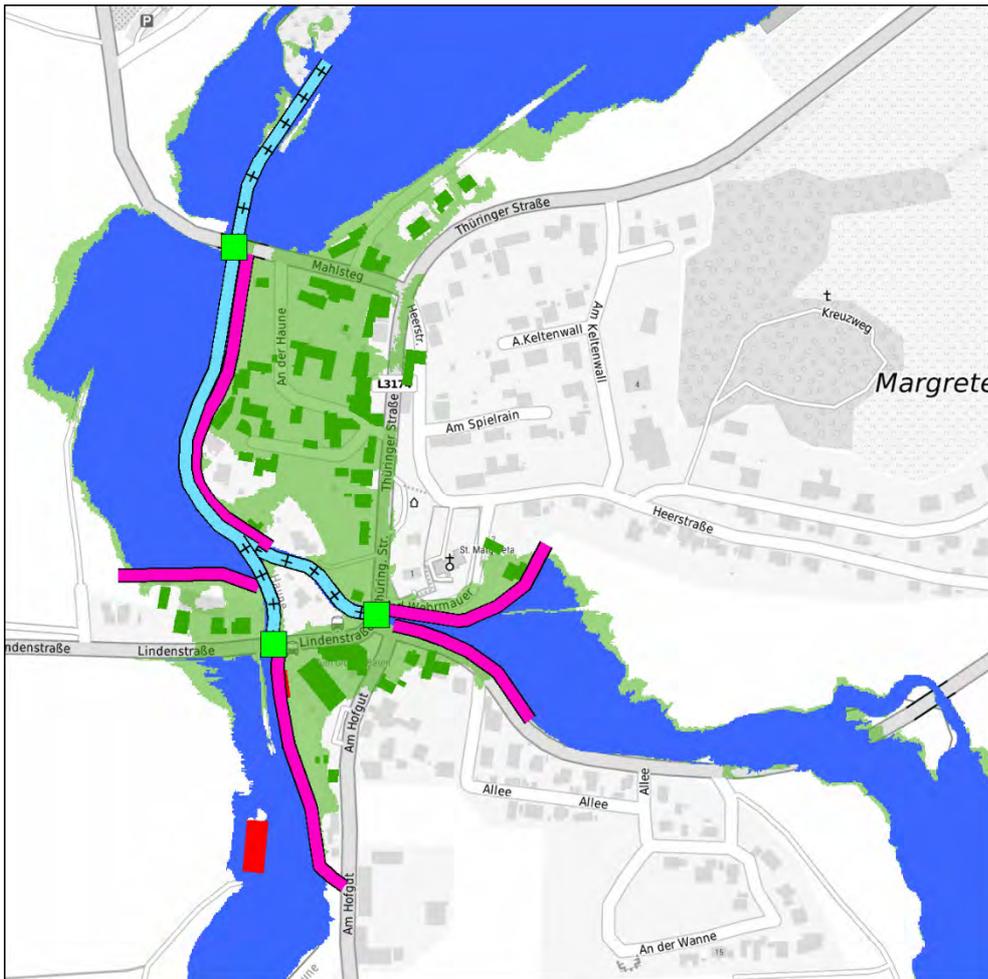
Entlang der Wanne werden stromoberhalb der Brücke Thüringerstraße beidseitig Hochwasserschutzmauern (mittlere Höhe 0,9 m) und eine Verwallung im rechten Vorland (mittlere Höhe 1,3 m) vorgesehen.

**Tabelle 11-9: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Margrethenhaun**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Gerinneausbau	1.891 T EUR	<b>0,87</b>
Brückenaufweitungen	2.143 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	2.063 T EUR	

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>6,1 Mio.</b>	

#### 11.4.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-14: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Margrethenhaun**

Die Grundvariante 2 wird als Vorzugsvariante gewählt. Gegenüber der Grundvariante 1 wird eine bessere Schutzwirkung und ein höheres Nutzen-Kosten-Verhältnis erreicht. Eine Kombination aus Grundvariante 1 und 2 wird ausgeschlossen, da auch mit einem HRB lokale Schutzmaßnahmen in einem ähnlichen Umfang der Grundvariante 2 notwendig wären. Dies würde sich deutlich negativ auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis auswirken.

Da für die Ortslage Dipperz in der Vorzugsvariante ein Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen wird (siehe Kapitel 11.10) und dieses entlang der Wanne auch in Margrethenhaun eine Wirkung erzielt, können die Maßnahmen entlang der Wanne jedoch kleiner dimensioniert werden.

### Gerinneausbau

Entlang der Haune wird stromunterhalb der Mündung der Wanne bis zum Wehr des Flutgrabens ein Gerinneausbau im Trapezprofil vorgesehen (12,5 m x 1,5 m). Dabei sind insbesondere stromunterhalb der Brücke Mahlsteg die wallartigen Strukturen entlang der rechten Böschungsoberkante zu beseitigen.

Zwischen der Brücke Lindenstraße und der Mündung der Wanne wird für die Haune ein Gerinneausbau im Kastenprofil (11,5 m x 2,5 m) vorgesehen.

Auch für die Wanne wird stromunterhalb der Brücke Thüringer Straße ein Gerinneausbau im Kastenprofil (10,6 m x 2,4 m) vorgesehen.

### Brückenaufweitungen

Es wird vorgesehen alle drei Brücken aufzuweiten: Lindenstraße (11,5 m x 2,5 m), Mahlsteg (18,0 m x 2,8 m) und Thüringer Straße (10,6 m x 2,4 m). Um einen Freibord von 0,5 m einzuhalten, müssen die Brückenunterkanten von Mahlsteg um 0,65 m, Lindenstraße um 0,49 m und Thüringer Straße um 0,86 m erhöht werden.

### Linienschutz

Entlang der Haune wird stromoberhalb der Brücke Lindenstraße eine Hochwasserschutzmauer (rechtes Ufer, mittlere Höhe 1,0 m) vorgesehen. Nördlich der Brücke Lindenstraße wird im linken Vorland eine Verwallung (mittlere Höhe 0,8 m) vorgesehen. Zwischen der Mündung der Wanne bis zur Brücke Mahlsteg ist entlang des rechten Ufers der Haune eine Hochwasserschutzwand (mittlere Höhe 0,5 m) vorgesehen.

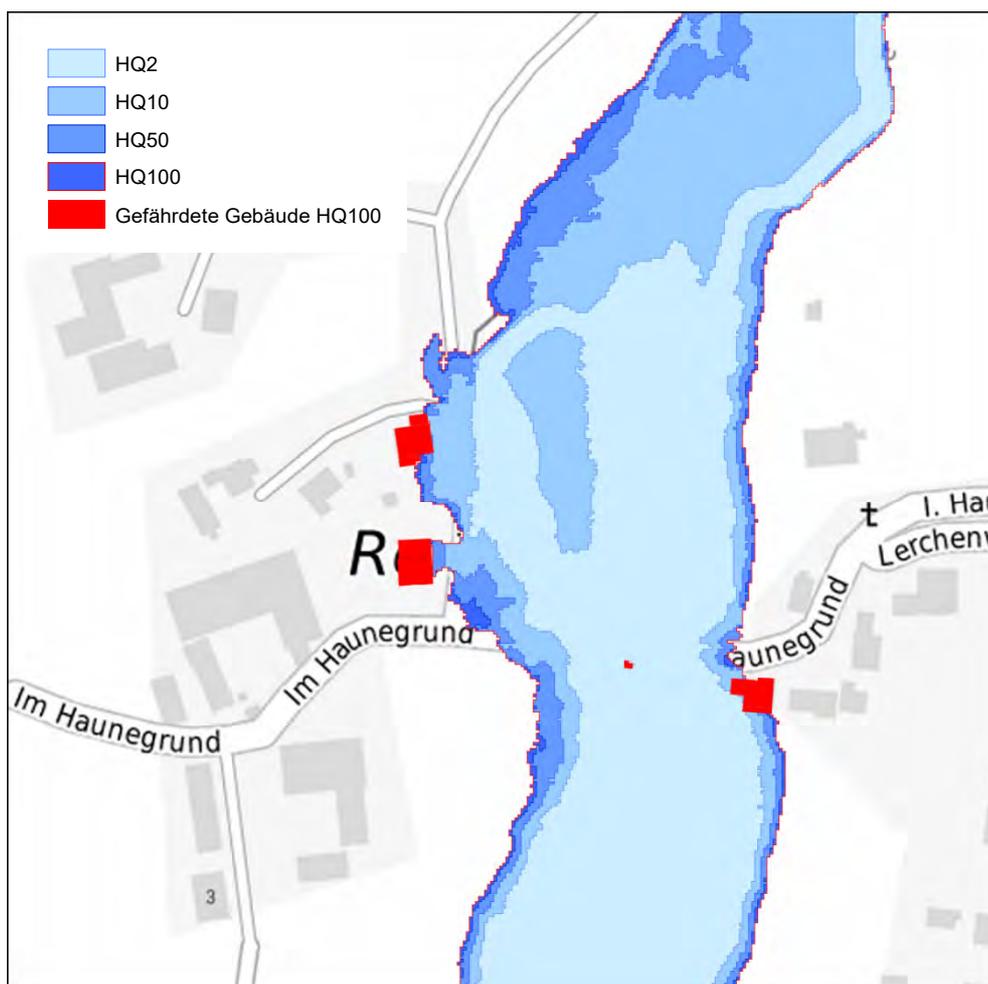
Entlang der Wanne werden stromoberhalb der Brücke Thüringerstraße beidseitig Hochwasserschutzmauern (mittlere Höhe 0,7 m) und eine Verwallung im rechten Vorland (mittlere Höhe 1,0 m) vorgesehen.

**Tabelle 11-10: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Margrethenhaun**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Gerinneausbau	1.879 T EUR	<b>0,88</b>
Brückenaufweitungen	2.143 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienchutz	1.999 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>6,0 Mio.</b>	

## 11.5 Ortslage Rex (Gemeinde Petersberg)

### 11.5.1 Bestehender Schutzgrad

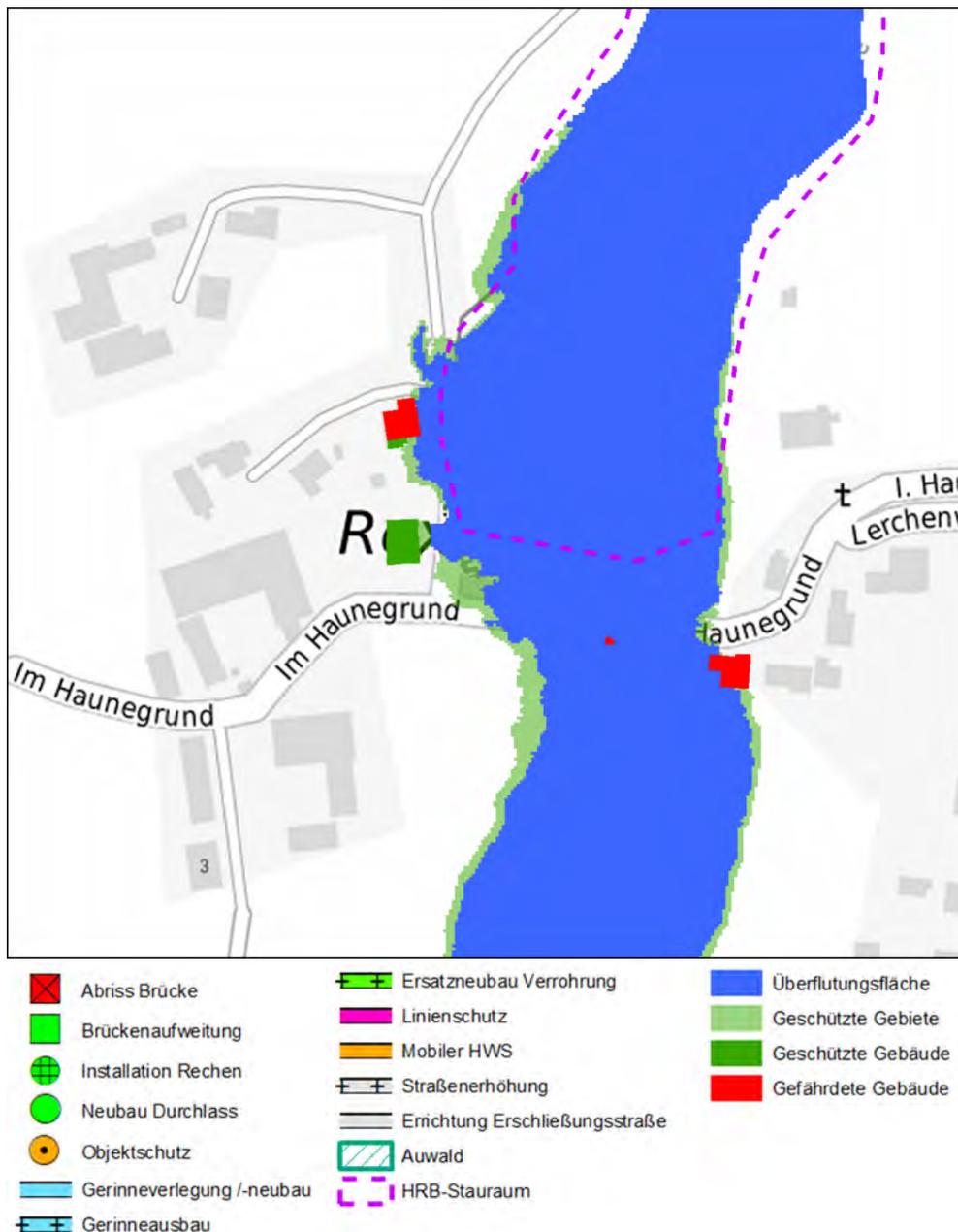


**Abbildung 11-15: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Rex**

Die Ortslage Rex wird von der Haune durchflossen. Es existiert eine Brücke Im Haunegrund, welche bereits bei HQ2 überlastet wird. Die resultierenden Überflutungen betreffen die bebaute Ortslage dabei nur am Rande. So sind bei HQ10 ein bis zwei Gebäude, ab HQ50 drei Gebäude innerhalb des Orts geringfügig gefährdet.

Abseits dieser drei Gebäude ist die Ortslage Rex somit bis einschließlich HQ100 geschützt.

### 11.5.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-16: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Rex**

In der Grundvariante 1 werden stromoberhalb von Rex vier Hochwasserrückhaltebecken entlang der Haune (mit Nebengewässer Rötbach) vorgesehen.

Für die bebaute Ortslage können die Überflutungsflächen bei HQ100 nicht relevant verringert werden. Nur eines der drei im Istzustand gefährdeten Gebäude kann mittels der HRB geschützt werden. Dies ist insbesondere auf den Umstand zurückzuführen, dass das zwischen Rex und Margrethenhaun vorgeschlagene Hochwasserrückhaltebecken (Maßnahmen-ID HAUN\_HRB\_V1\_01) einen Rückstau bis nach Rex verursacht. Von einer Umsetzung dieses Beckens sollte daher in der bisher vorgesehenen Form abgesehen werden.

Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalkulation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-11: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Rex**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Hochwasserrückhaltebecken	0,6 T EUR	<b>0,24</b>

### 11.5.3 Grundvariante 2 (Vorzugsvariante)

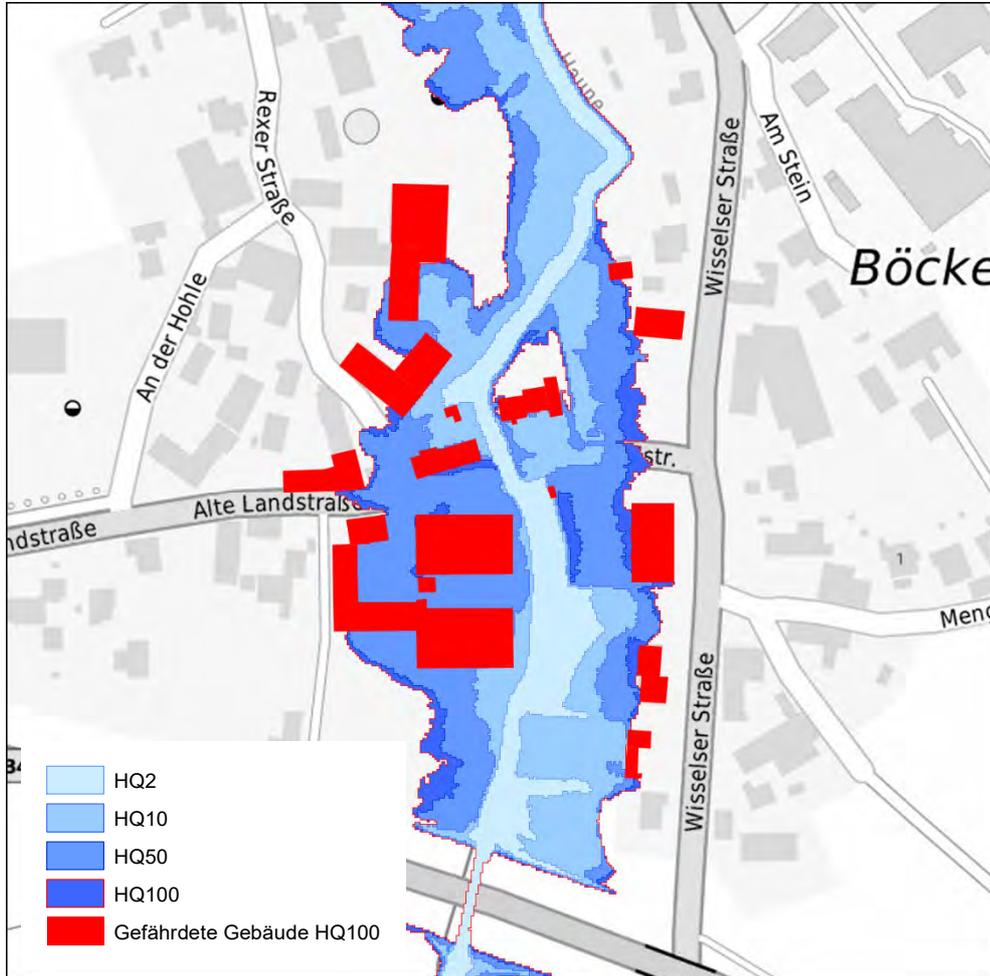


**Abbildung 11-17: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Rex**

Da in der Ortslage Rex lediglich drei Gebäude am Rand der Überflutungsflächen gefährdet sind, werden ausschließlich Objektschutzmaßnahmen vorgesehen. Die Grundvariante 2 stellt somit auch die Vorzugsvariante dar. Eine Nutzen-Kosten-Analyse entfällt daher.

## 11.6 Ortslage Böckels (Gemeinde Petersberg)

### 11.6.1 Bestehender Schutzgrad



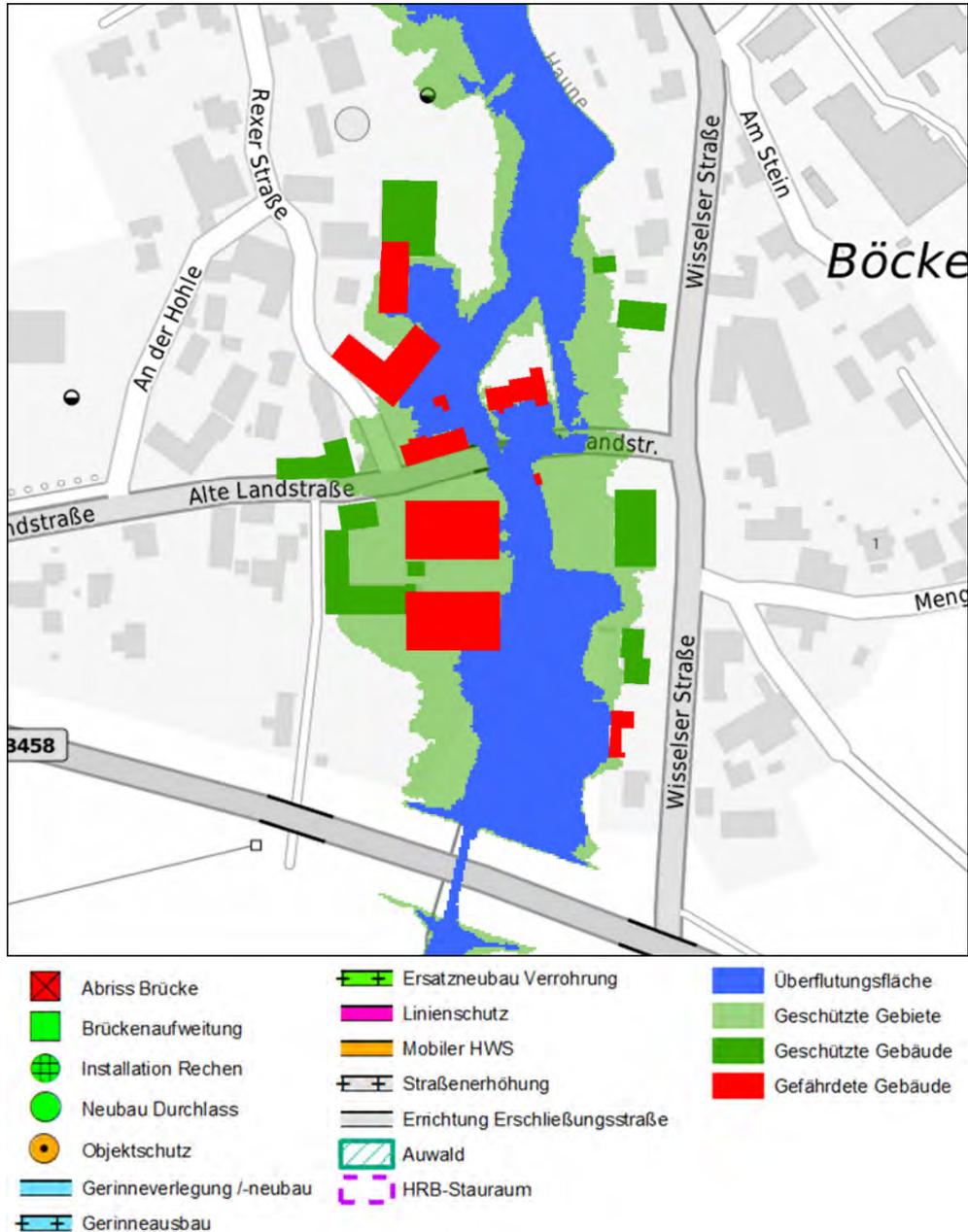
**Abbildung 11-18: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Böckels**

Die Ortslage Böckels wird von der Haune durchflossen. An der Alten Landstraße existiert eine Brücke, welche ab HQ10 rechtsseitig umströmt wird. Stromunterhalb der Brücke kommt es zudem linksseitig zu Ausuferungen.

Von der Gemeinde Petersberg wurden für die Dreschhalle Objektschutzmaßnahmen umgesetzt, welche bereits erfolgreich eingesetzt werden konnten. Es handelt sich dabei um Rückschlagklappen und mobile Dammbalkensysteme für Mauereröffnungen.

Die Ortslage Rex ist somit bis einschließlich HQ2 vor Hochwasser geschützt. Spätestens ab HQ10 sind jedoch Gefährdungen für die bebaute Ortslage zu befürchten.

### 11.6.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-19: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Bökels**

In der Grundvariante 1 werden stromoberhalb von Bökels vier Hochwasserrückhaltebecken entlang der Haune (mit Nebengewässer Rötbach) vorgesehen.

Die Ergebnisse zeigen eine relevante Wirkung der HRB auf die Überflutungsflächen und eine gute Schutzwirkung für verschiedene Gebäude. Trotzdem kommt es an der Brücke Alte Landstraße zur Überlastung, wodurch die Bebauung weiterhin gefährdet wird.

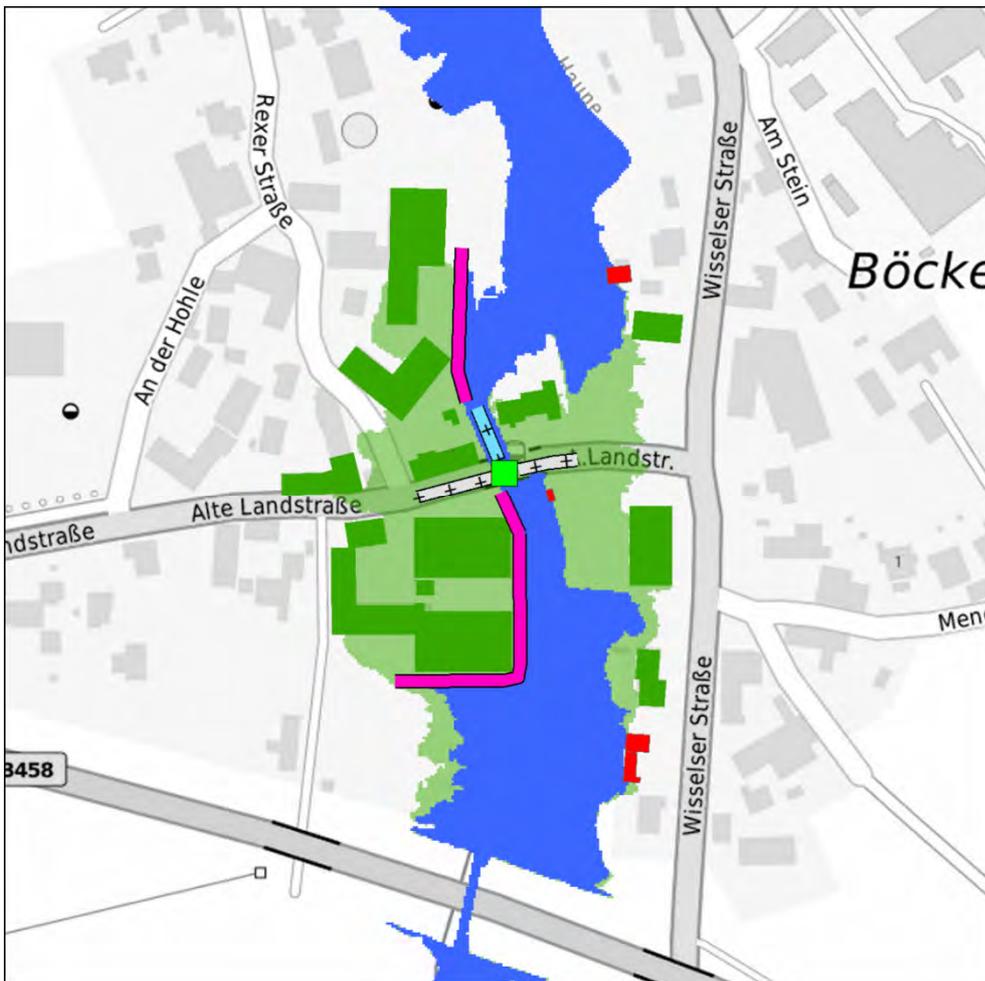
Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalku-

lation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-12: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Böckels**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	1.435,0 T EUR	0,24

### 11.6.3 Grundvariante 2 (Vorzugsvariante)



**Abbildung 11-20: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Böckels**

#### Gerinneausbau

Stromunterhalb der Brücke Alte Landstraße wird ein Gerinneausbau der Haune im Kastenprofil (9,0 m x 2,7 m) vorgesehen.

#### Brückenaufweitungen

Für die Brücke Alte Landstraße wird eine Brückenaufweitung (9,0 m x 2,8 m) und eine Anhebung der Brückenunterkante um 0,7 m (Freibord 0,3 m) vorgesehen.

Linienschutz

Entlang des linken Ufers wird stromoberhalb der Brücke Alte Landstraße eine Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,4 m) und eine Ufermauer vorgesehen. Stromunterhalb der Brücke wird eine Verwallung (mittlere Höhe 0,7 m) im linken Vorland vorgesehen.

Sonstige Maßnahmen

Im Bereich der Brücke Alte Landstraße wird die Erhöhung der Straße vorgesehen. Diese ist für die Anrampung der erhöhten Brücke erforderlich und verhindert ein Überströmen bei HQ100.

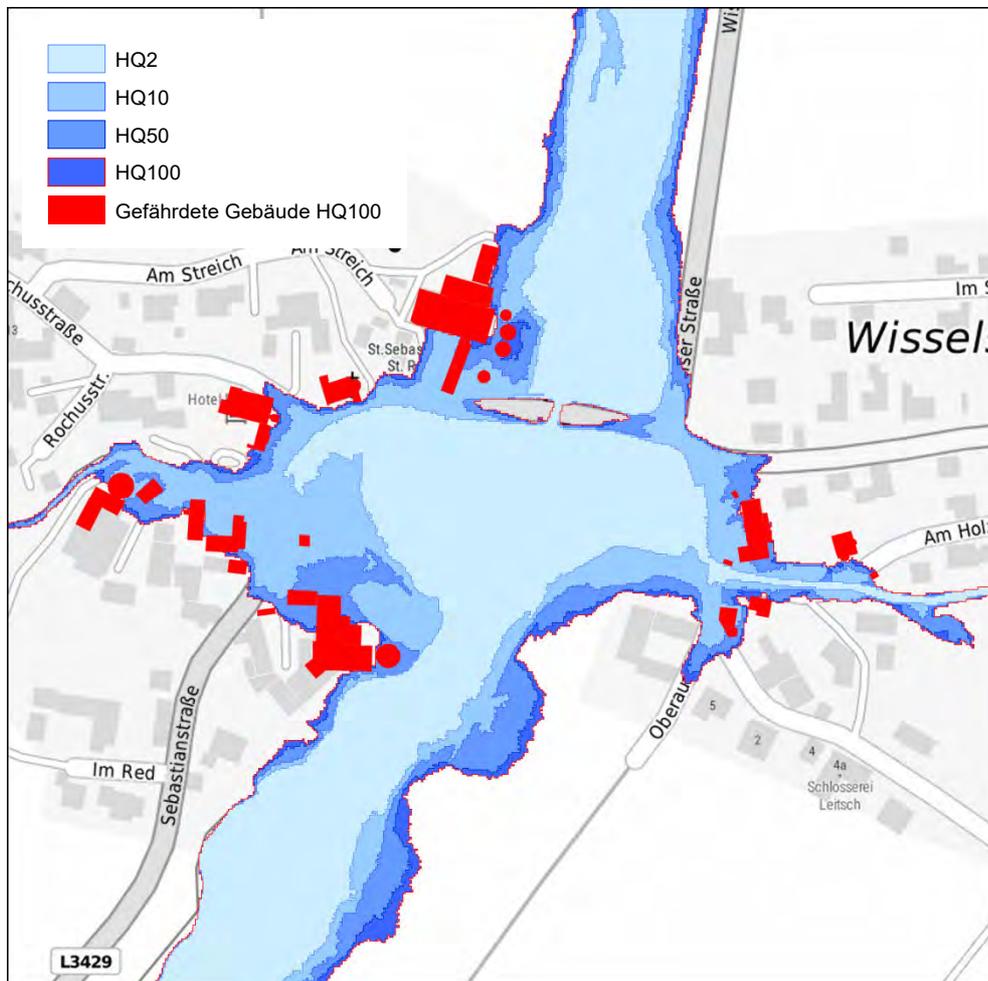
Die Grundvariante 2 wird als Vorzugsvariante gewählt. Gegenüber der Grundvariante 1 wird eine bessere Schutzwirkung und ein höheres Nutzen-Kosten-Verhältnis erreicht. Eine Kombination aus Grundvariante 1 und 2 wird ausgeschlossen, da auch mit einem HRB lokale Schutzmaßnahmen in einem ähnlichen Umfang der Grundvariante 2 notwendig wären. Dies würde sich deutlich negativ auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis auswirken.

**Tabelle 11-13: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Böckels**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Gerinneausbau	388 T EUR	<b>0,45</b>
Brückenaufweitungen	231 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	419 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	57 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>1,1 Mio. EUR</b>	

## 11.7 Ortslage Wissels (Gemeinde Künzell)

### 11.7.1 Bestehender Schutzgrad



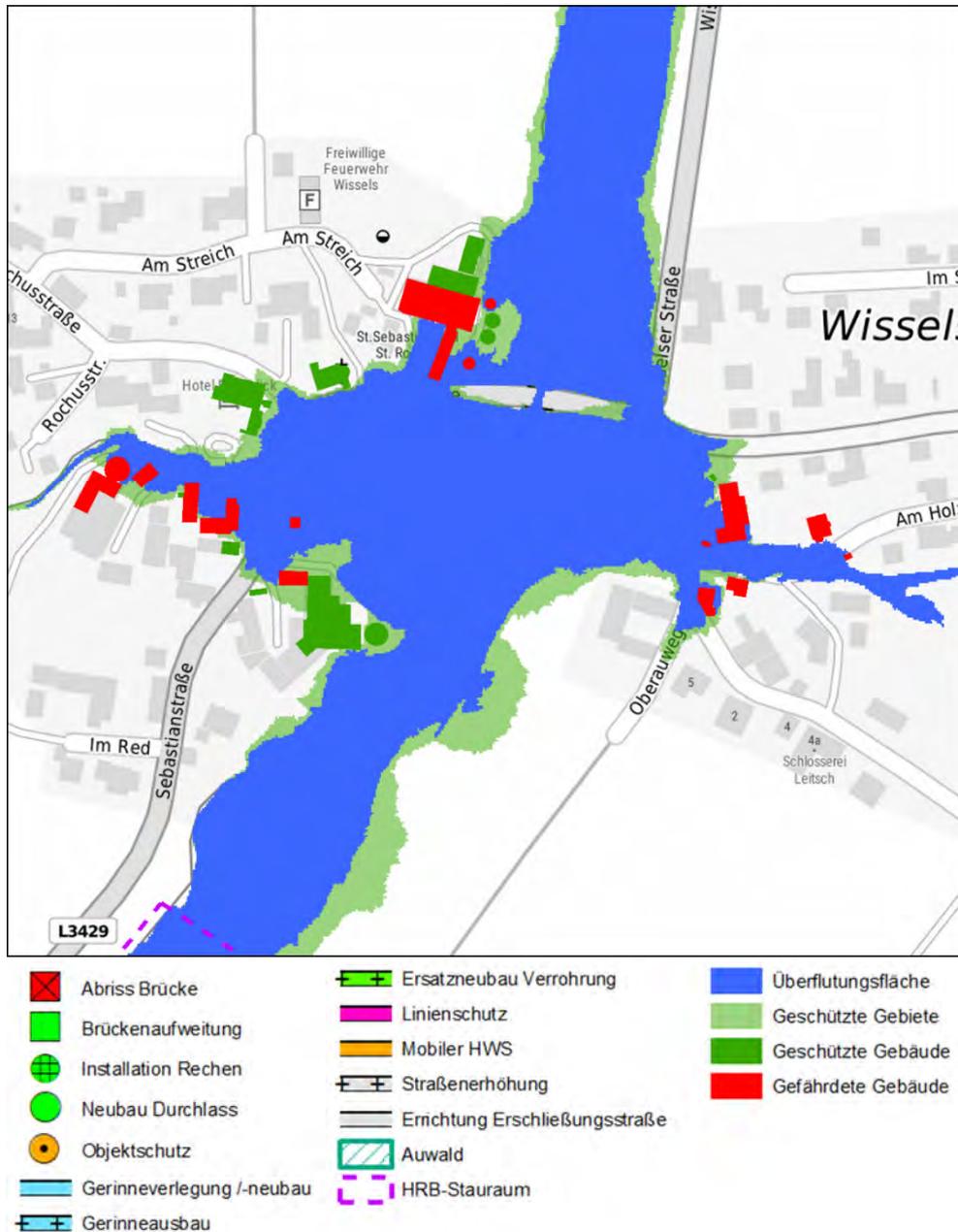
**Abbildung 11-21: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Wissels**

In der Ortslage Wissels münden der Holzbach (von Osten) und der Rötzbach (von Westen) stromoberhalb der Brücke Sebastianstraße in die Haune.

Innerhalb der Aue der Haune treten bereits bei HQ2 großflächige Überflutungen auf, welche jedoch nicht die Bebauung gefährden. Gefährdungen von Gebäuden treten ab HQ10 auf. Dabei sorgt die Brücke Sebastianstraße (Haune) für einen relevanten Aufstau, der bis in den Rötzbach und den Holzbach reicht und sich dort mit Hochwasser aus den Nebengewässern überlagert. Die Brücke Sebastianstraße wird ab HQ10 links- und rechtsseitig umströmt.

Die Ortslage Wissels ist somit bis einschließlich HQ2 hochwasserfrei. Spätestens ab HQ10 sind jedoch Gefährdungen für die bebaute Ortslage zu befürchten.

### 11.7.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-22: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Wissels**

In der Grundvariante 1 werden stromoberhalb von Wissels entlang der Haune drei sowie am Rötzbach ein Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen.

Für die bebaute Ortslage können die Überflutungsflächen bei HQ100 nicht relevant verringert werden. Nur wenige Gebäude lassen sich mittels der HRB schützen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Rückstau an der Brücke Sebastianstraße nicht relevant verringert werden kann.

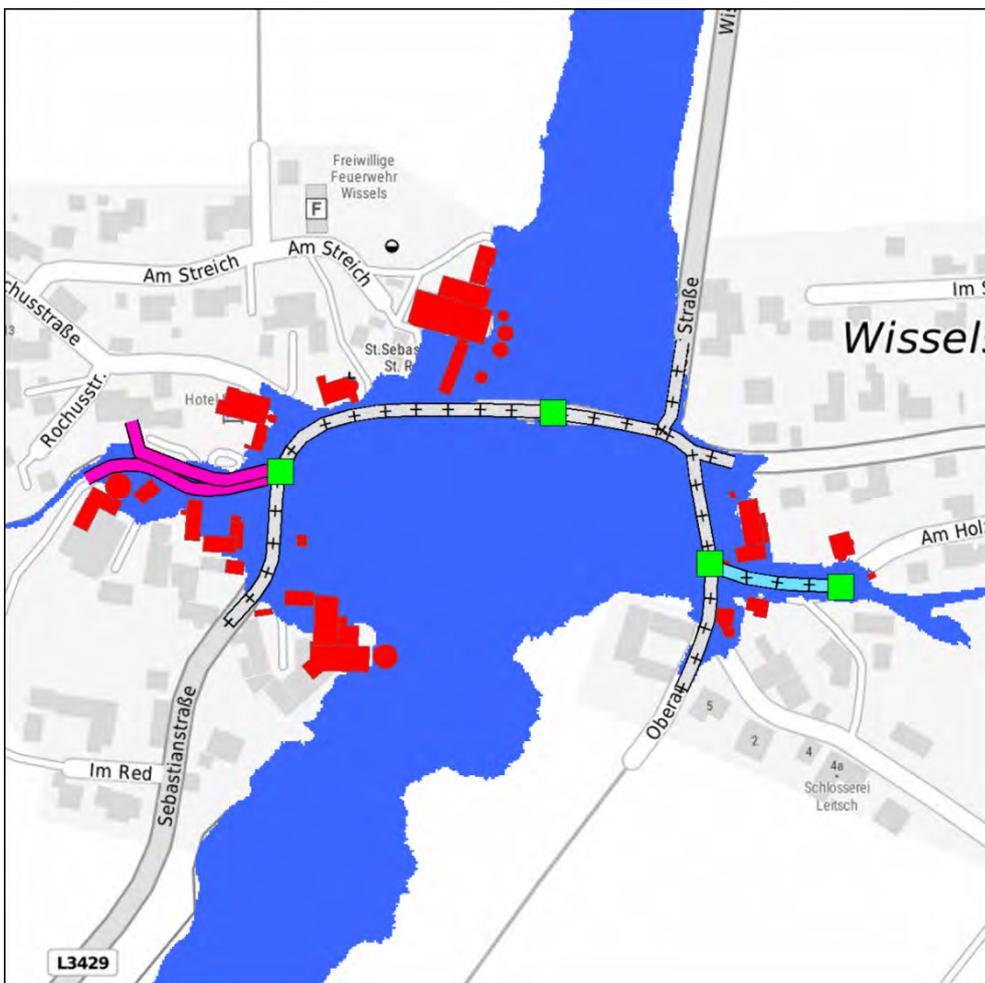
Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalku-

lation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-14: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Wissels**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	774,4 T EUR	0,24

### 11.7.3 Grundvariante 2

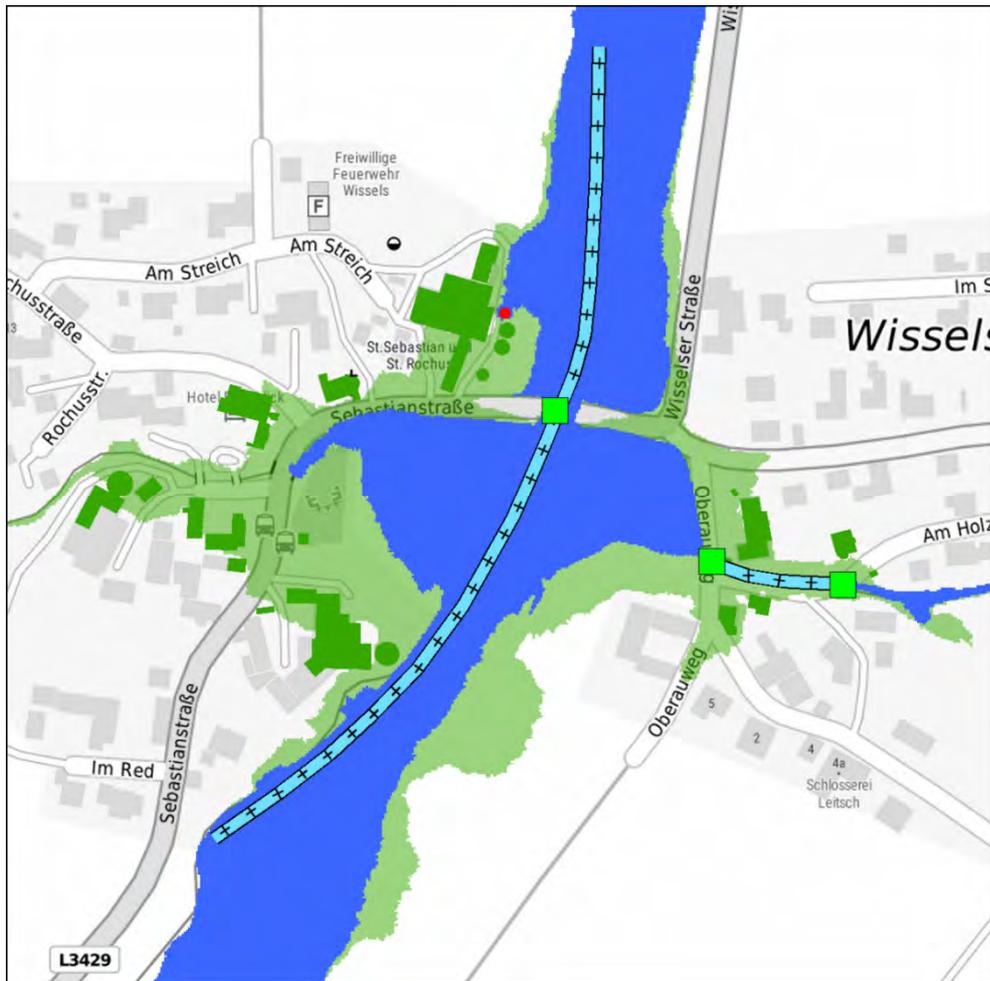


**Abbildung 11-23: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Wissels**

Für die Ortslage Wissels wurden in Grundvariante 2 Brückenaufweitungen und Straßenerhöhungen entlang der Sebastianstraße, Linienschutz entlang des Rötbachs und ein Gerinneausbau des Holzbaches vorgesehen. Jedoch konnte mit diesen Maßnahmen der Rückstau an der Brücke Sebastianstraße, der bis in die Nebengewässer Rötbach und Holzbach reicht, nicht im erforderlichen Maße beseitigt werden, weshalb die gewünschte Schutzwirkung nicht erreicht wird.

Für die Grundvariante 2 in Wissels wird daher keine Nutzen-Kosten-Analyse durchgeführt.

### 11.7.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-24: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Wissels**

Auf Grundlage der Erkenntnisse aus den gescheiterten Versuchen der Grundvariante 2, wurde eine Vorzugsvariante erstellt, welche auf lokalen Schutzmaßnahmen basiert. Der Grundvariante 1 wird kein Vorzug gegeben, da auch mit einem HRB lokale Schutzmaßnahmen in einem ähnlichen Umfang notwendig wären. Dies würde sich deutlich negativ auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis auswirken.

#### Gerinneausbau

Für die Haune wird ein großräumiger Gerinneausbau im Trapezprofil (15,0 m x 1,4 m) vorgesehen. Durch eine Vereinheitlichung des Sohlgefälles kann der Abfluss in der Aue dabei zusätzlich verbessert werden. Der Rückstau an der Sebastianstraße kann somit auf ein Niveau begrenzt werden, dass die Nebengewässer Rötbach und Holzbach frei abfließen können.

Für den Holzbach wird zwischen dem Durchlass Am Holzbach und der Brücke Sebastianstraße ein Gerinneausbau im Kastenprofil (3,0 m x 1,2 m) vorgesehen.

Brückenaufweitungen

An der Haune wird eine Brückenaufweitung der Sebastianstraße (16,0 m x 2,4 m) vorgesehen.

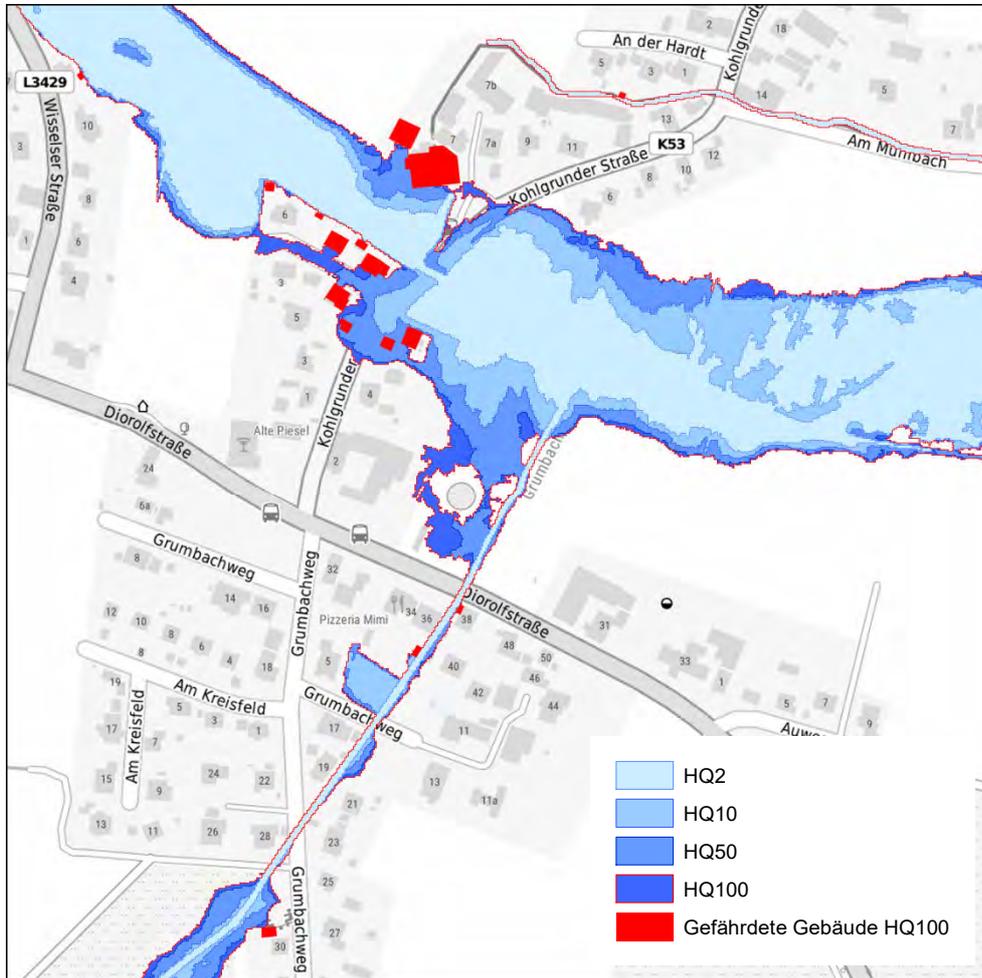
Außerdem wird eine Aufweitung der Brücke Oberauweg (2,5 m x 1,4 m) und des Durchlasses Am Holzbach (2,5 m x 1,2 m) vorgesehen. An den Brücken wird ein Freibord von 0,3 m berücksichtigt, wofür die Brückenoberkante am Oberauweg um 0,59 m erhöht werden muss.

**Tabelle 11-15: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Wissels**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	954 T EUR	<b>0,75</b>
Brückenaufweitungen	1.105 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	-	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>2,1 Mio. EUR</b>	

## 11.8 Ortslage Dirlos (Gemeinde Künzell)

### 11.8.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-25: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Dirlos**

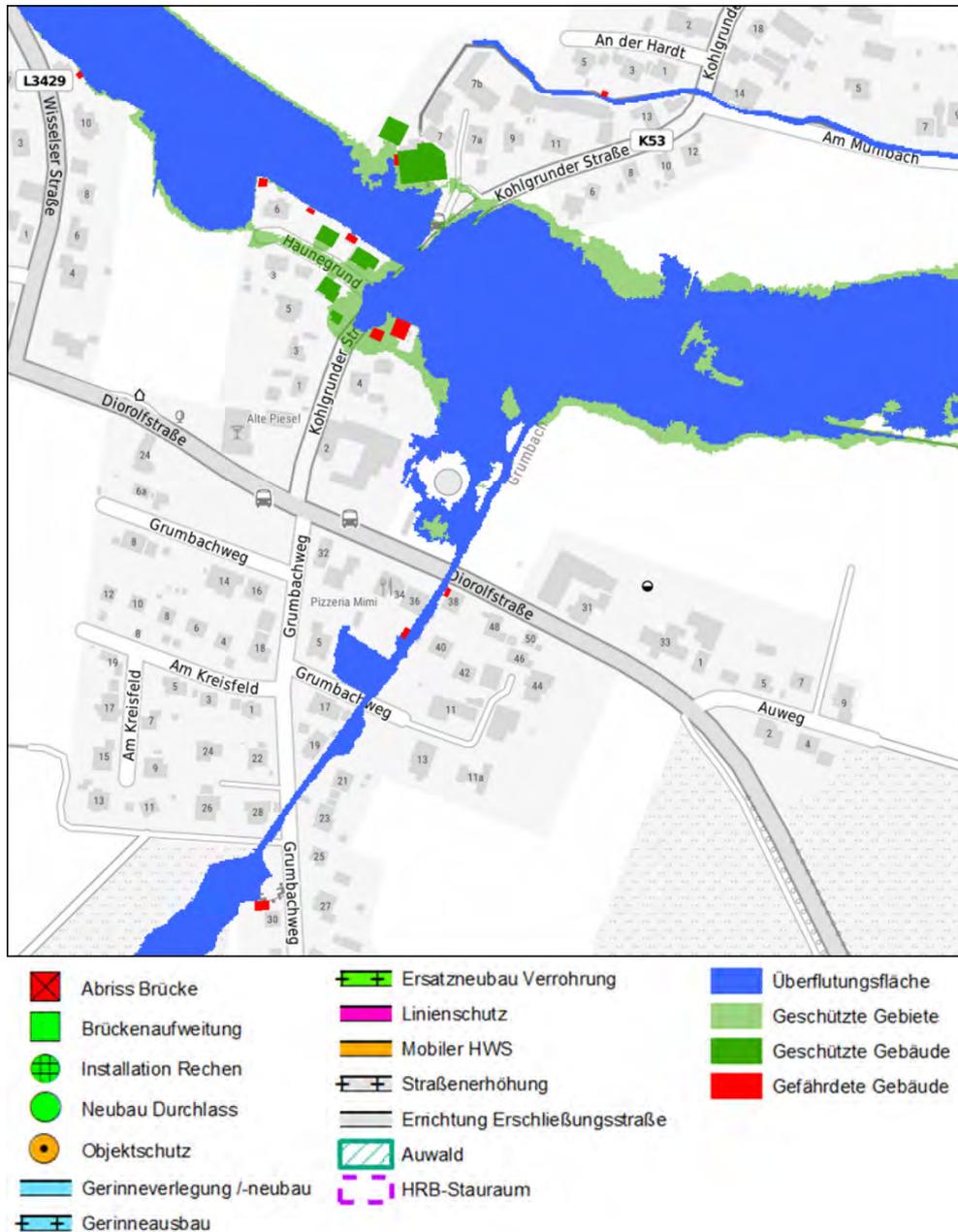
Innerhalb der Ortslage Dirlos mündet der Grumbach in die Haune.

Dank des Neubaus der Durchlässe im Bereich des Grumbachwegs werden entlang des Grumbachs keine Gebäude mehr gefährdet. Ab HQ10 kommt es zwar zu kleinräumigen Ausuferungen, diese treten aber auf Freiflächen auf.

Entlang der Haune werden im Bereich der Brücke Kohlgrunder Str. ab HQ50 beidseitig Gebäude gefährdet. Durch die Brücke kommt es zu einen relevanten Aufstau, sodass die Brücke ab HQ100 beidseitig umströmt wird. Dabei kommt es insbesondere entlang der Straße Haunegrund zu Gefährdungen.

Die Ortslage Dirlos ist somit bis einschließlich HQ10 hochwasserfrei. Spätestens ab HQ50 sind jedoch Gefährdungen für die bebaute Ortslage zu befürchten.

### 11.8.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-26: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Dirlos**

In der Grundvariante 1 werden stromoberhalb von Dirlos entlang der Haune zwei Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen.

Mittels der HRB kann die Mehrheit der im Istzustand gefährdeten Gebäude geschützt werden. Ein vollständiger Schutz für HQ100 wird jedoch nicht erreicht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Rückstau an der Brücke Kohlgrunder Straße nicht im erforderlichen Maße verringert wird.

Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalkulation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-16: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Dirlos**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	408,4 T EUR	0,24

### 11.8.3 Grundvariante 2 (Vorzugsvariante)



**Abbildung 11-27: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dirlos**  
Brückenaufweitungen

An der Haune wird eine Brückenaufweitung der Kohlgrunder Straße (6,5 m x 2,1 m) vorgesehen. Um einen Freibord von 0,3 m sicherzustellen ist hierfür eine Erhöhung der Brückenunterkante um 0,99 m erforderlich.

Linienschutz

Stromoberhalb der Brücke Kohlgrunder Straße wird im linken Vorland eine Verwallung (mittlere Höhe 0,9 m) vorgesehen.

Sonstige Maßnahmen

Im Bereich der Brücke Kohlgrunder Straße wird die Erhöhung der Straße vorgesehen. Diese ist für die Anrampung der erhöhten Brücke erforderlich und verhindert ein Überströmen bei HQ100.

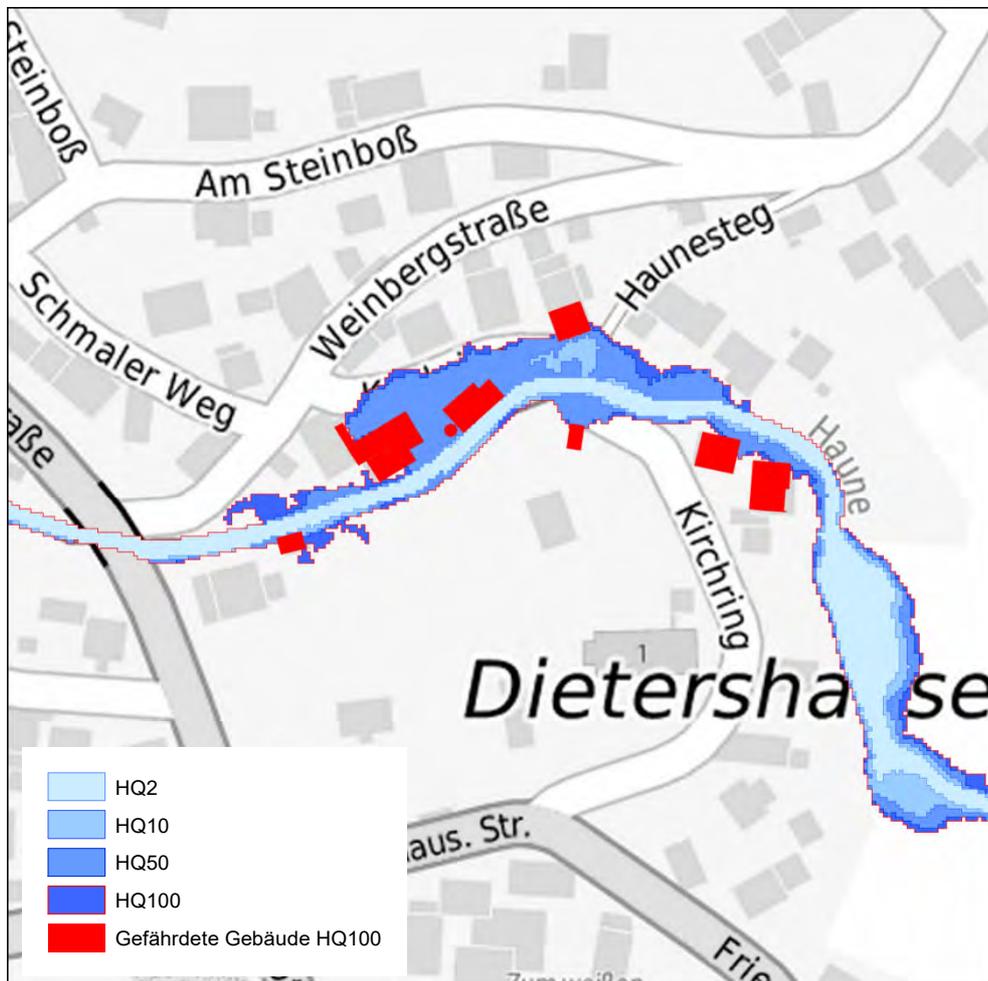
Die Grundvariante 2 wird als Vorzugsvariante gewählt. Gegenüber der Grundvariante 1 wird eine bessere Schutzwirkung und ein höheres Nutzen-Kosten-Verhältnis erreicht. Eine Kombination aus Grundvariante 1 und 2 wird ausgeschlossen, da auch mit einem HRB lokale Schutzmaßnahmen in einem ähnlichen Umfang der Grundvariante 2 notwendig wären. Dies würde sich deutlich negativ auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis auswirken.

**Tabelle 11-17: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dirlos**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	-	<b>0,34</b>
Brückenaufweitungen	357 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	59 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	93 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>0,5 Mio. EUR</b>	

## 11.9 Ortslage Dietershausen (Gemeinde Künzell)

### 11.9.1 Bestehender Schutzgrad

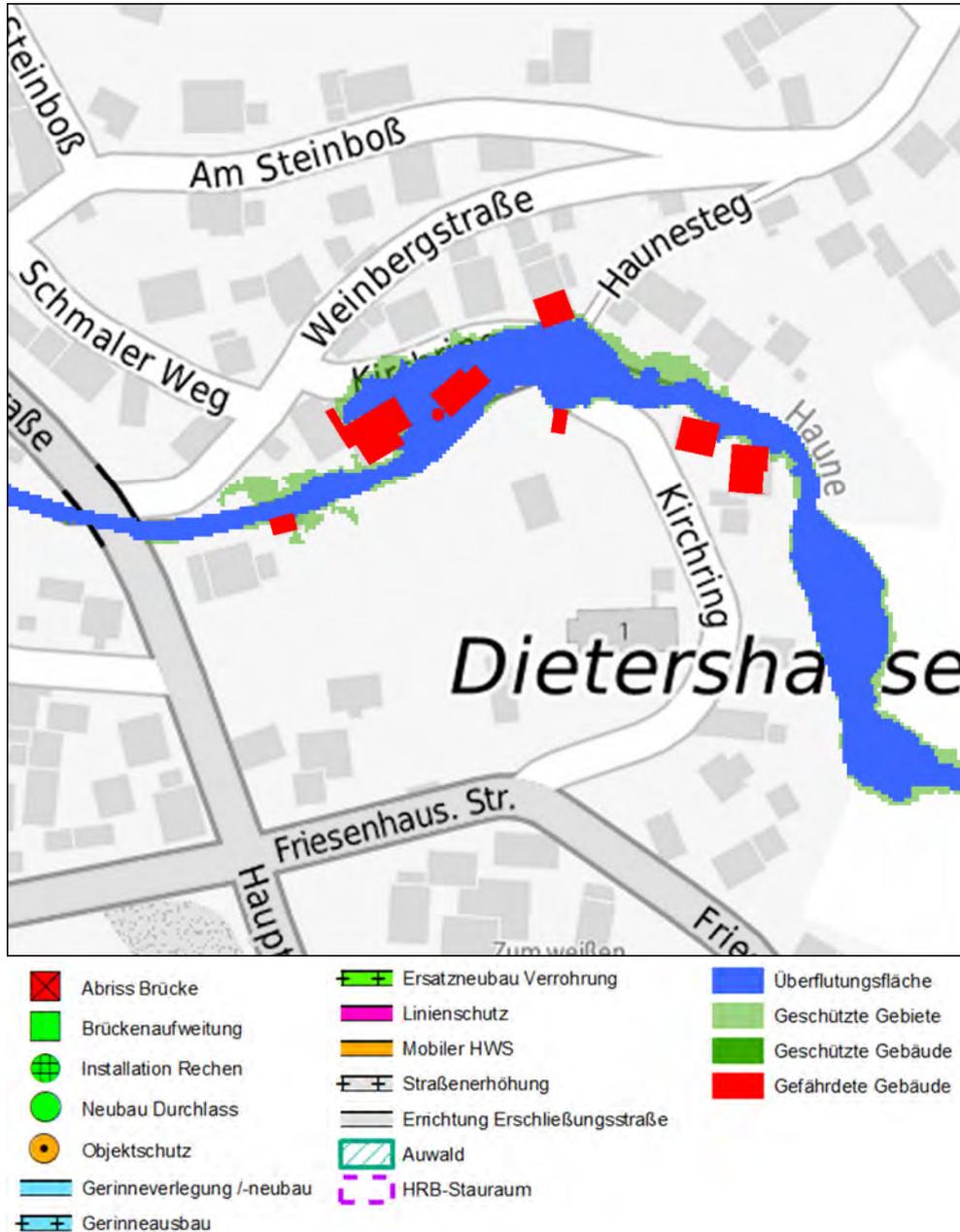


**Abbildung 11-28: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Dietershausen**

Die Ortslage Dietershausen wird von der Haune durchflossen. Ab HQ50 kommt es zur Umströmung der Brücke Kirchring, wodurch Gebäude gefährdet werden.

Die Ortslage Dietershausen ist somit bis einschließlich HQ10 hochwasserfrei. Spätestens ab HQ50 sind jedoch Gefährdungen für die bebaute Ortslage zu befürchten.

### 11.9.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-29: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Dietershausen**

In der Grundvariante 1 wird stromoberhalb von Dietershausen ein Hochwasserrückhaltebecken an der Haune vorgesehen.

Für die bebaute Ortslage können die Überflutungsflächen bei HQ100 nicht relevant verringert werden. Für keines der im Istzustand gefährdeten Gebäude kann ein vollständiger Schutz erzielt werden. Grund hierfür ist der weiterhin vorhandene Rückstau an der Brücke Kirching.

**Tabelle 11-18: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Dietershausen**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	559 T EUR	0,02

### 11.9.3 Grundvariante 2 (Vorzugsvariante)



**Abbildung 11-30: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dietershausen**  
Gerinneausbau

Für die Haune wird stromoberhalb der Brücke Kirchring ein Gerinneausbau im Trapezprofil (5,7 m x 1,1 m) vorgesehen.

#### Brückenaufweitungen

Für die Brücke Kirchring wird eine Brückenaufweitung (3,7 m x 1,5 m) vorgesehen. Um einen Freibord von 0,3 m sicherzustellen, ist es erforderlich die Brückenunterkante um 0,54 m zu erhöhen.

Linienschutz

Zwischen den Brücken Kirchring und Hauptstraße wird entlang des rechten Ufers eine Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,4 m) vorgesehen.

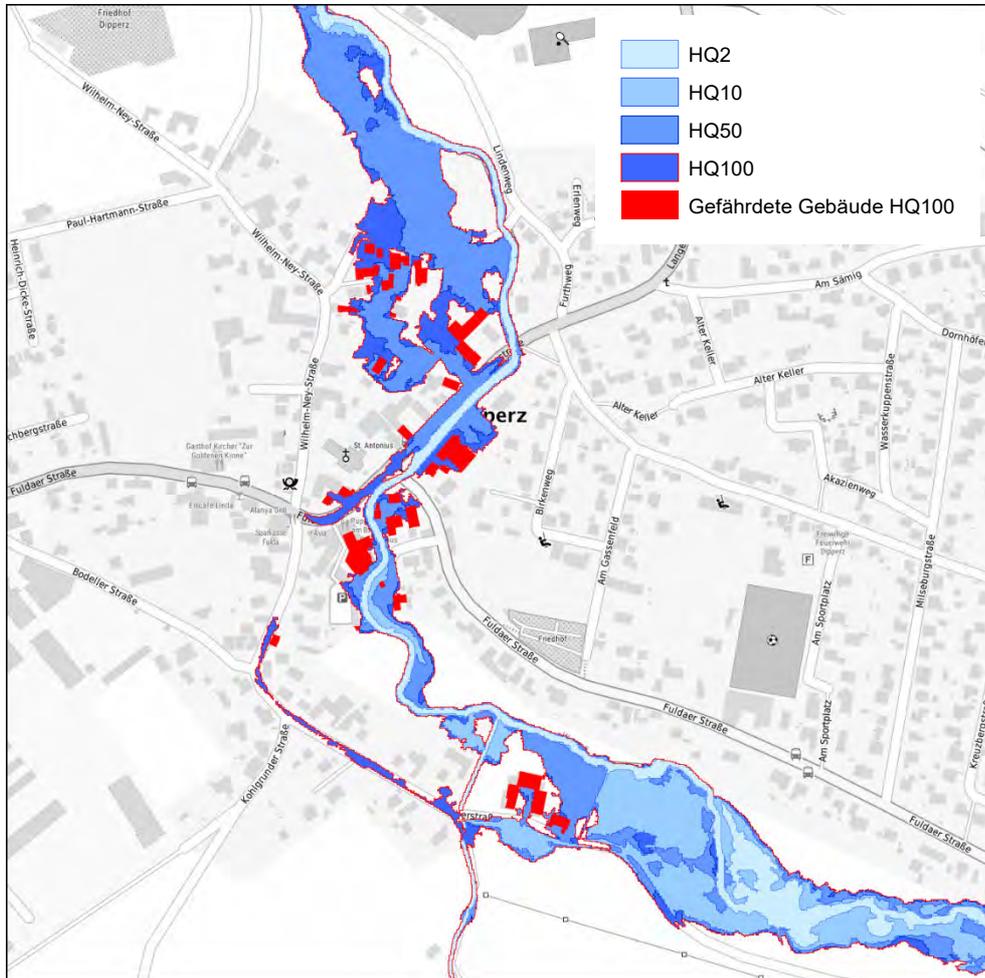
Die Grundvariante 2 wird als Vorzugsvariante gewählt. Gegenüber der Grundvariante 1 wird eine bessere Schutzwirkung und ein höheres Nutzen-Kosten-Verhältnis erreicht. Eine Kombination aus Grundvariante 1 und 2 wird ausgeschlossen, da auch mit einem HRB lokale Schutzmaßnahmen in einem ähnlichen Umfang der Grundvariante 2 notwendig wären. Dies würde sich deutlich negativ auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis auswirken.

**Tabelle 11-19: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 (Vorzugsvariante) in Dietershausen**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	23 T EUR	<b>0,06</b>
Brückenaufweitungen	169 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	252 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>0,4 Mio. EUR</b>	

## 11.10 Ortslage Dipperz (Gemeinde Dipperz)

### 11.10.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-31: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Dipperz**

Die Ortslage Dipperz wird von der Wanne durchflossen. Zudem mündet ein Entwässerungsgraben in die Wanne, welcher aus Süden von der Bundesstraße B458 kommt.

Im Ortszentrum treten ab HQ50 Gefährdungen der Bebauung auf. Dabei wird insbesondere die Langenbieberstraße überflutet, von wo aus das Wasser auf einer Freifläche zwischen der Bebauung weiter nach Nordwesten fließt und Gefährdungen im Bereich der Wilhelm-Ney-Straße verursacht. Seitens der Grundstücksbesitzer entlang der Langenbieberstraße wurden bereits mehrere Objektschutzmaßnahmen umgesetzt. So wurden entlang der Grundstücke niedrige Mauern errichtet und die Zufahrten mittels mobiler Dammbalkensysteme ausgerüstet.

Zudem konnte durch die Renaturierung der Wanne (Fertigstellung 2020) zwischen den Brücken Fuldaer Straße und Langenbieberstraße die Abflusssituation bereits deutlich verbessert werden.

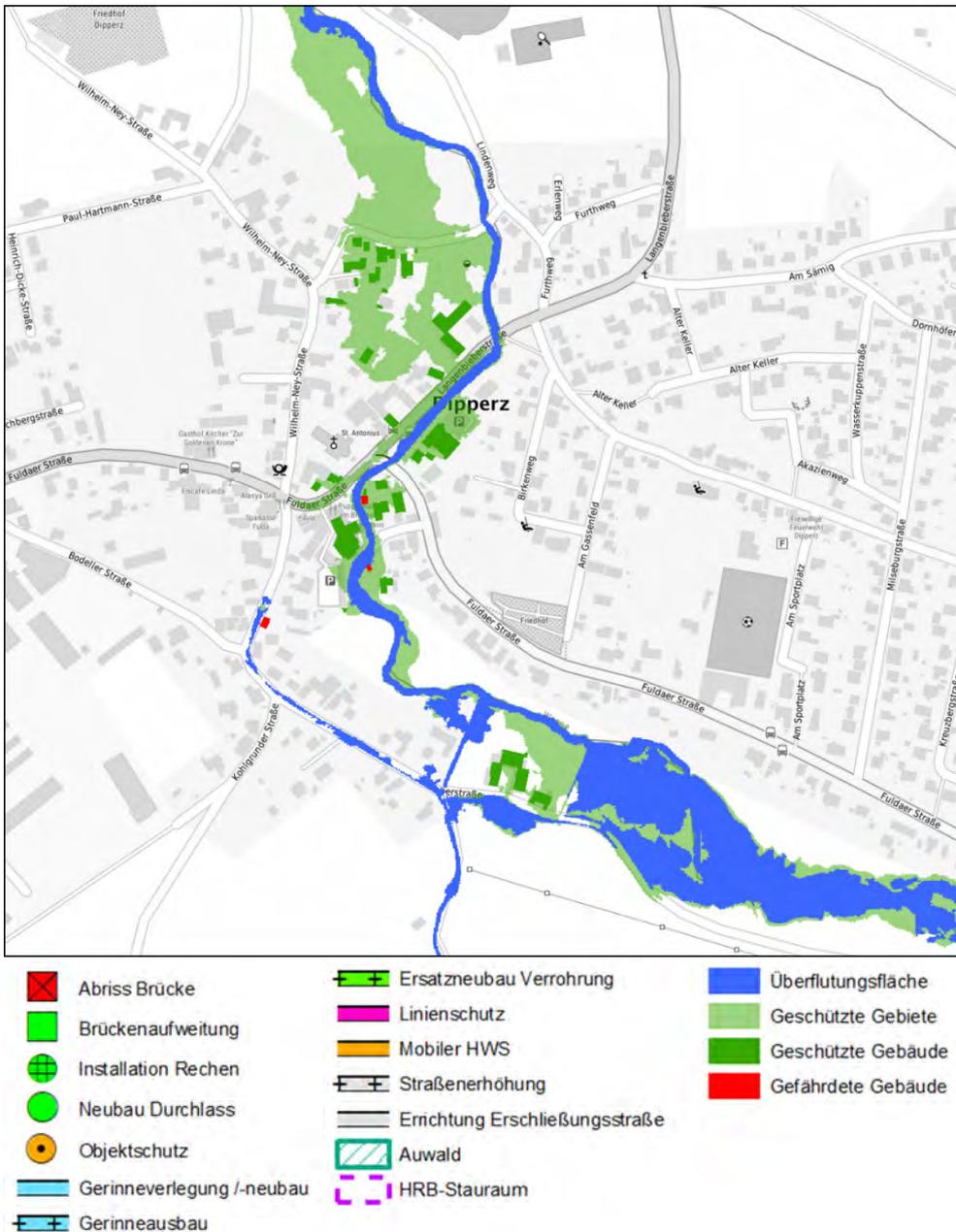
Trotzdem ist das hergestellte Abflussprofil nicht in der Lage ein HQ50 ohne Ausuferungen abzuführen.

Die Brücken Fuldaer Str. und Langenbierstr. sowie eine Anliegerbrücke sind ab HQ50 vollständig eingestaut.

Entlang der Weberstraße treten ab HQ100 Gefährdungen auf, welche aus einer Überlagerung von Hochwasser aus dem Entwässerungsgraben der B458 und der Haune resultieren. Die Haune strömt bereits ab HQ10 über die Straße Ruhrgrund, von wo aus das Wasser in einem Straßengraben Richtung Westen fließt und dem Entwässerungsgraben der B458 zuströmt. In diesem Bereich existieren zwei Durchlässe durch die Weberstraße, welche zum einen den Entwässerungsgraben der B458 und zum anderen den Straßengraben parallel zum Ruhrgrund entwässern. Ab HQ100 werden diese Durchlässe durch die Überlagerung des Hochwassers aus der Haune überlastet, sodass das Wasser in die Weberstraße strömt.

Die Ortslage Dipperz ist somit bis einschließlich HQ10 hochwasserfrei. Spätestens ab HQ50 sind jedoch Gefährdungen für die bebaute Ortslage zu befürchten.

### 11.10.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-32: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Dipperz**

In der Grundvariante 1 wird stromoberhalb von Dipperz, östlich der Brücke B458 ein Hochwasserrückhaltebecken an der Wanne vorgesehen.

Für die bebaute Ortslage kann nahezu ein vollständiger Schutz für HQ100 erreicht werden. So werden insbesondere die Überflutungen entlang der Langenbieberstraße verhindert. Entlang der Weberstraße sind jedoch weiterhin Gefährdungen zu befürchten.

Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalku-

lation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-20: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Dipperz**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	1.308,1 T EUR	<b>0,24</b>

### 11.10.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-33: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Dipperz**

Maßnahmen des Gerinneausbaus und Brückenaufweiterungen, welche notwendig wären, um den HQ100-Abfluss ohne Ausuferungen durch die Ortslage zu führen, sind in Dipperz nicht umsetzbar. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass erst im Jahr 2020 eine aufwändige Renaturierung der Wanne zwischen den Brücken Fuldaer Straße und Langenbieberstraße fertiggestellt wurde. Der Gewässerausbau würde im Widerspruch zu dieser Renaturierungsmaßnahme stehen.

Der Einsatz von Hochwasserschutzmauern entlang der Wanne ist ebenfalls nicht zielführend, da an den Brücken Fuldaer Straße, Langenbieberstraße und einer Grundstückszufahrt kein durchgängiger Linienschutz möglich ist. Aus diesem Grund sieht die Grundvariante 2 für die Ortslage Dipperz mobile Hochwasserschutzmaßnahmen in Form von Objektschutz vor.

#### Linienschutz

Stromunterhalb der Brücke Langenbieberstraße wird eine Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,4 m) entlang des linken Ufers vorgesehen.

Für die Bebauungslücke zwischen den Grundstücken Langenbieberstraße 7 und 9 wird mobiler Hochwasserschutz in Form eines Dammbalkensystems vorgesehen. In Kombination mit dem Objektschutz entlang der Langenbieberstraße (siehe unten) soll so der Abfluss in Richtung Wilhelm-Ney-Straße verhindert werden.

#### Sonstige Maßnahmen

Entlang der Langenbieberstraße wird für gefährdete Grundstücke Objektschutz vorgesehen. Dadurch wird gleichzeitig ein Abfließen in Richtung Wilhelm-Ney-Straße verhindert. Entsprechende Maßnahmen wurden von der Mehrheit der betroffenen Eigentümer bereits umgesetzt.

Bei Hochwasser soll somit die Langenbieberstraße gezielt genutzt werden, um das Wasser abzuleiten und stromoberhalb der Brücke Langenbieberstraße der Wanne zuzuführen. Da die Brücke bei HQ100 jedoch vollständig eingestaut ist, werden in Grundvariante 2 bis zu 9 cm höhere Wasserspiegellagen als im Istzustand ermittelt. Um eine Schlechterstellung von Dritten zu kompensieren, sind für die Grundstücke Fuldaer Straße 21 und 25 daher zusätzliche Objektschutzmaßnahmen erforderlich. Die Wasserspiegellagen stromoberhalb der Brücke Fuldaer Straße werden durch die Maßnahmen nicht beeinflusst.

In der Kostenschätzung wurden die Objektschutzmaßnahmen entlang der Langenbieberstraße 1 bis 9 und der Fuldaerstraße 19, 21 und 25 berücksichtigt (6 Stück). Diese Maßnahmen sind erforderlich, um ein Abfließen in Richtung Wilhelm-Ney-Straße zu verhindern und eine Schlechterstellung Dritter zu kompensieren. Zusätzliche Objektschutzmaßnahmen sind für das Rathaus sowie die Grundstücke Fuldaer Straße 30 und Am Dorfbrunnen 1 erforderlich. Diese dienen jedoch ausschließlich dem privaten Objektschutz und werden in der Kostenermittlung daher nicht berücksichtigt.

Um einen Schutz entlang der Weberstraße zu ermöglichen, wird vorgesehen den Weg Ruhrgrund zu erhöhen.

**Tabelle 11-21: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Dipperz**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Gerinneausbau	-	<b>0,26</b>
Brückenaufweitungen	-	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	216,7 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	226,1 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>0,4 Mio. EUR</b>	

### 11.10.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-34: Überflutungsfläche HQ100 für Vorzugsvariante in Dipperz**

Für die Vorzugsvariante wird eine Kombination der Grundvarianten 1 und 2 gewählt. Dadurch wird ein deutlich höherwertiger Schutz ermöglicht. Durch den Verzicht auf Objektschutzmaßnahmen ist der Hochwasserschutz weniger fehleranfällig. Zudem ist die Schlechterstellung Dritter ausgeschlossen.

Hochwasserrückhaltebecken

Stromoberhalb der Brücke B458 wird an der Wanne ein Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen.

Sonstige Maßnahmen

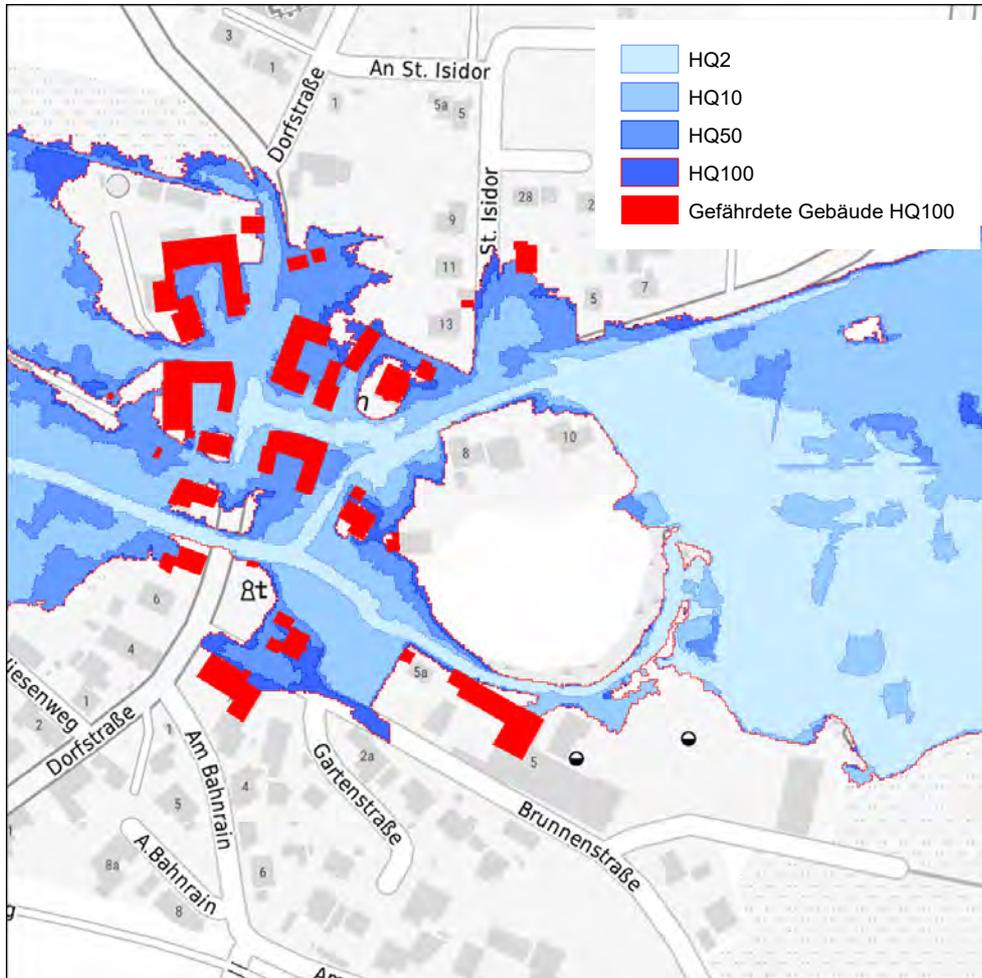
Zum Schutz der Weberstraße wird die Erhöhung des Wegs Ruhrgrund vorgesehen.

**Tabelle 11-22: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Dipperz**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Hochwasserrückhaltebecken	1.5663,7 T EUR	<b>0,17</b>
Gerinneausbau	-	
Brückenaufweitungen	-	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	-	
Sonstige Maßnahmen	121,4 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>1,7 Mio. EUR</b>	

## 11.11 Ortslage Wiesen (Gemeinde Hofbieber)

### 11.11.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-35: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Wiesen**

Die Ortslage Wiesen wird von der Bieber durchflossen. Parallel zur Bieber existiert ein ehemaliger Mühlgraben. Außerdem fließt im Norden der Traisbach um die bebaute Ortslage herum.

Innerhalb von Wiesen wurde die Bieber künstlich verlegt. So existiert im Osten ein Wehr, welches ehemals als Abschlag für den Mühlgraben diente. Stromunterhalb des Wehres wurde die Bieber aus dem Taltiefpunkt weiter nach Süden verlegt.

Im Hochwasserfall kommt es am Wehr zu Aufstau, sodass Wasser in den ehemaligen Mühlgraben strömt und entlang Traisbachstraße und Dorfstraße für Überflutungen sorgt. So können bereits ab HQ2 erste Gefährdungen auftreten. Durch diesen Fließweg wird die Brücke Dorfstraße ab HQ10 umströmt.

Durch Rückstau an der Brücke Dorfstraße entstehen ab HQ50 Gefährdungen für die Bebauung entlang der Brunnenstraße.

Entlang des Traisbach treten ab HQ50 Gefährdungen im Bereich des Sportplatzes auf. Durch die Umsetzung von Objektschutzmaßnahmen und einer niedrigen Mauer und Verwallung entlang der Straße Am Jugendheim konnten Gefährdungen für die Bebauung aber bereits verhindert werden.

Die Ortslage Wiesen ist somit bereits ab HQ2 durch Hochwasser aus der Bieber gefährdet. Gegen Hochwasser aus dem Traisbach ist Wiesen hingegen bis einschließlich HQ100 geschützt.

### 11.11.2 Grundvariante 1

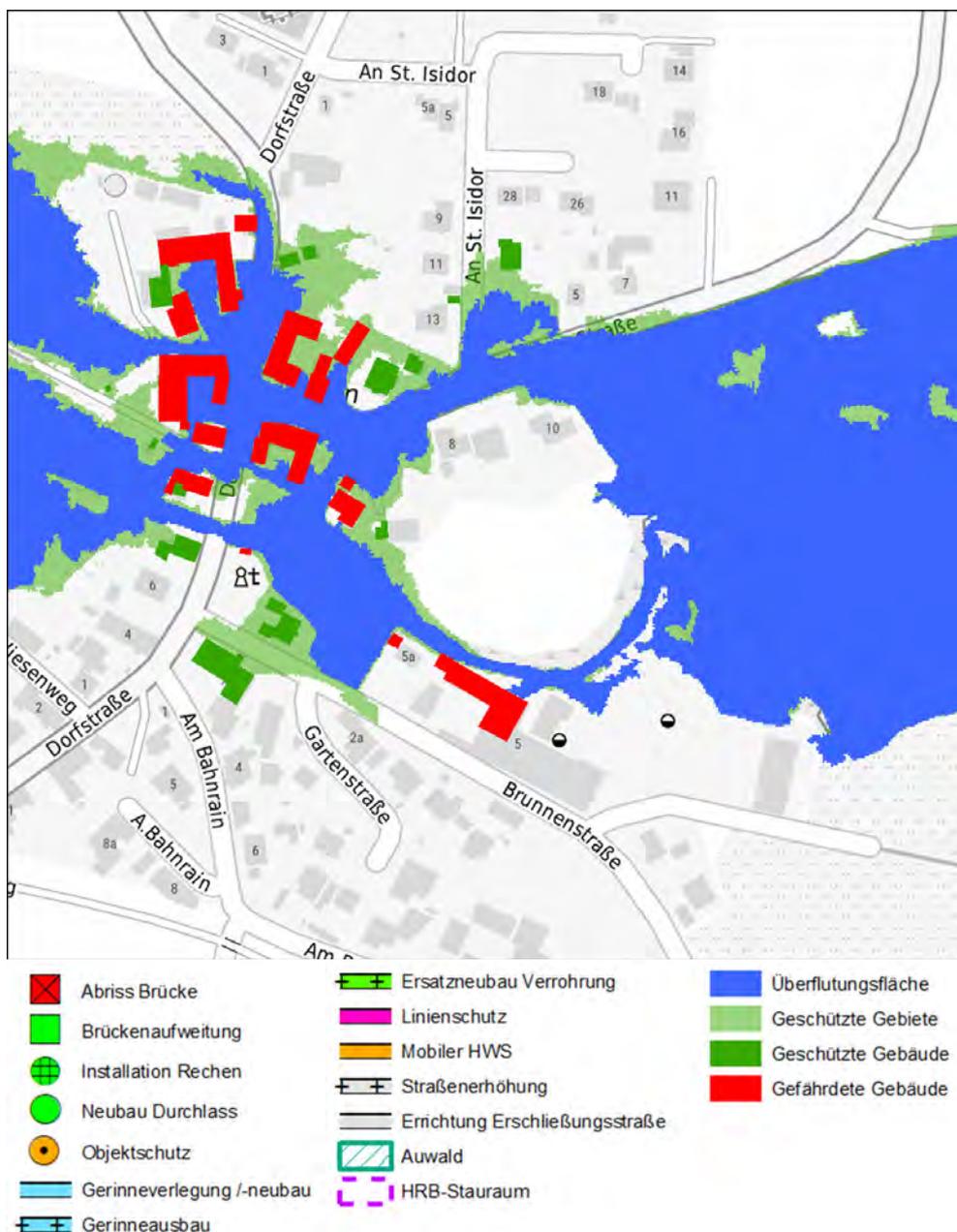


Abbildung 11-36: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Wiesen

In der Grundvariante 1 werden stromoberhalb von Wiesen drei Hochwasserrückhaltebecken entlang der Bieber vorgesehen.

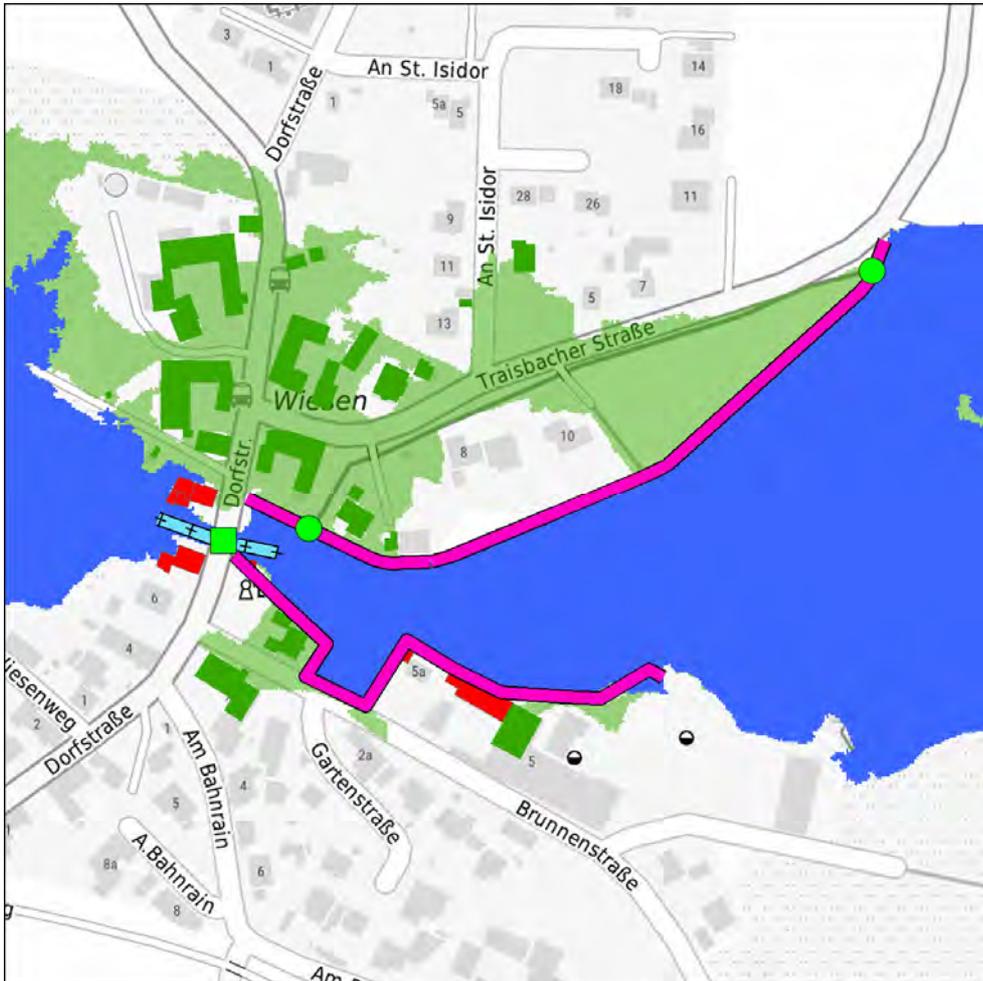
Die Ergebnisse zeigen eine relevante Wirkung der HRB auf die Überflutungsflächen und eine gute Schutzwirkung für verschiedene Gebäude. Trotzdem kann der Abfluss in dem Graben parallel zur Traisbacher Straße nicht ausreichend gedrosselt werden, sodass trotzdem großflächige Gefährdungen entstehen.

Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalkulation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-23: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Wiesen**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Hochwasserrückhaltebecken	681,2 T EUR	<b>0,39</b>

### 11.11.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-37: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Wiesen**  
Gerinneausbau

Es wird vorgesehen das Gerinne im Bereich der Brücke Dorfstraße als Kastenprofil (9,0 m x 2,5 m) auszubauen.

#### Brückenaufweitungen

Für die Brücke Dorfstraße wird eine Brückenaufweitung (9,0 m x 2,7 m) vorgesehen. Um einen Freibord von 0,5 m zu gewährleisten ist eine Erhöhung der Brückenunterkante um 0,65 m erforderlich

#### Linienschutz

Stromoberhalb der Brücke Dorfstraße wird entlang des linken Ufers und der Brunnenstraße die Errichtung einer Hochwasserschutzwand (mittlere Höhe 0,8 m) vorgesehen. Im Rechten Vorland

wird eine Kombination aus Hochwasserschutzwand (mittlere Höhe 0,7 m) und Verwallung (mittlere Höhe 1,3 m) vorgesehen.

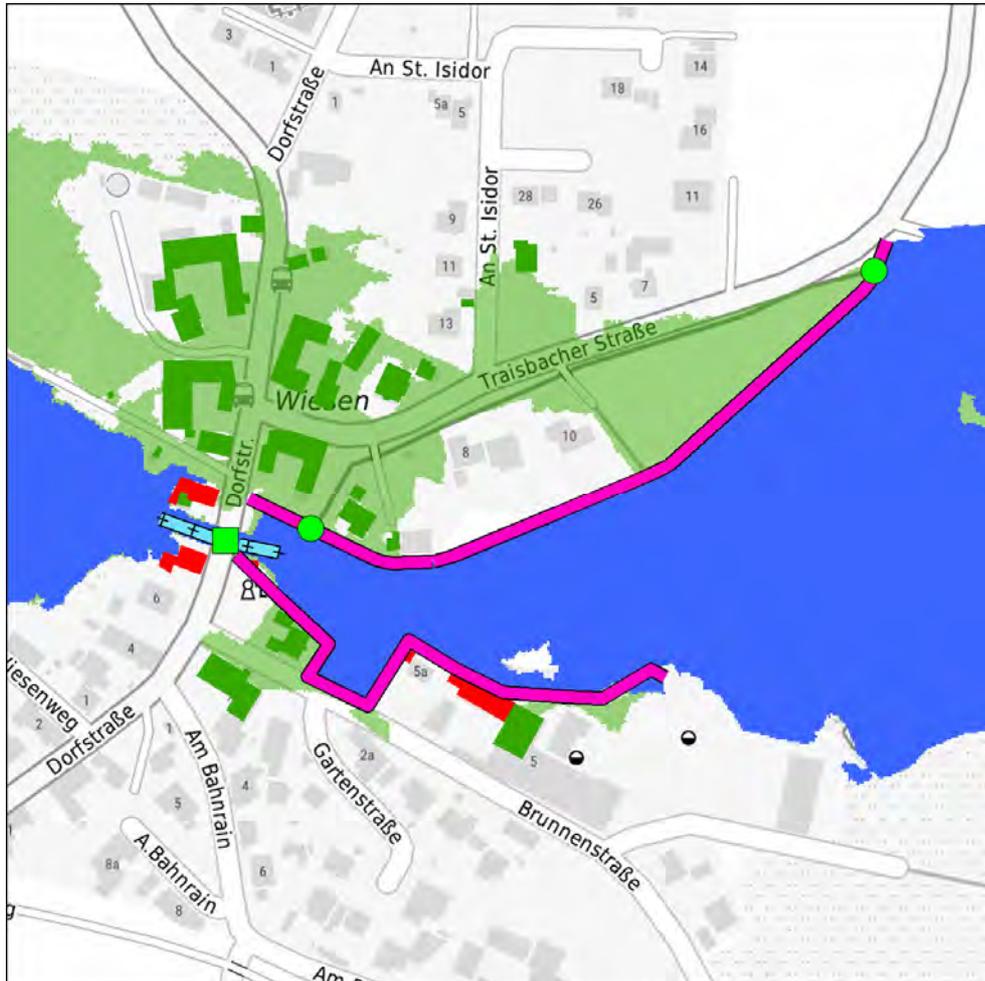
Sonstige Maßnahmen

Für den entlang der Traisbacher Straße verlaufenden Graben werden zwei Durchlässe vorgesehen, welche mittels Schiebern im Hochwasserfall abgeriegelt werden können.

**Tabelle 11-24: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Wiesen**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	419,8 T EUR	<b>0,57</b>
Brückenaufweitungen	490,3 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	1.345,7 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	85,7 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>2,3 Mio. EUR</b>	

### 11.11.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-38: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Wiesen**

Die Vorzugsvariante entspricht der Grundvariante 2. Jedoch werden zwei Hochwasserbecken berücksichtigt. Insbesondere durch das vorgesehene Hochwasserrückhaltebecken stromoberhalb von Langenbieber kann der Abfluss in Wiesen gedrosselt werden, sodass die lokalen Maßnahmen weniger groß dimensioniert werden müssen.

#### Gerinneausbau

Es wird vorgesehen das Gerinne im Bereich der Brücke Dorfstraße als Kastenprofil (9,0 m x 2,4 m) auszubauen.

#### Brückenaufweitungen

Für die Brücke Dorfstraße wird eine Brückenaufweitung (9,0 m x 2,6 m) vorgesehen. Um einen Freibord von 0,5 m zu gewährleisten, ist eine Erhöhung der Brückenunterkante um 0,5 m erforderlich

Linienschutz

Stromoberhalb der Brücke Dorfstraße wird entlang des linken Ufers und der Brunnenstraße die Errichtung einer Hochwasserschutzwand (mittlere Höhe 0,6 m) vorgesehen. Im Rechten Vorland wird eine Kombination aus Hochwasserschutzwand (mittlere Höhe 0,6 m) und Verwallung (mittlere Höhe 1,2 m) vorgesehen.

Sonstige Maßnahmen

Für den entlang der Traisbacher Straße verlaufenden Graben werden zwei Durchlässe vorgesehen, welche mittels Schiebern im Hochwasserfall abgeriegelt werden können.

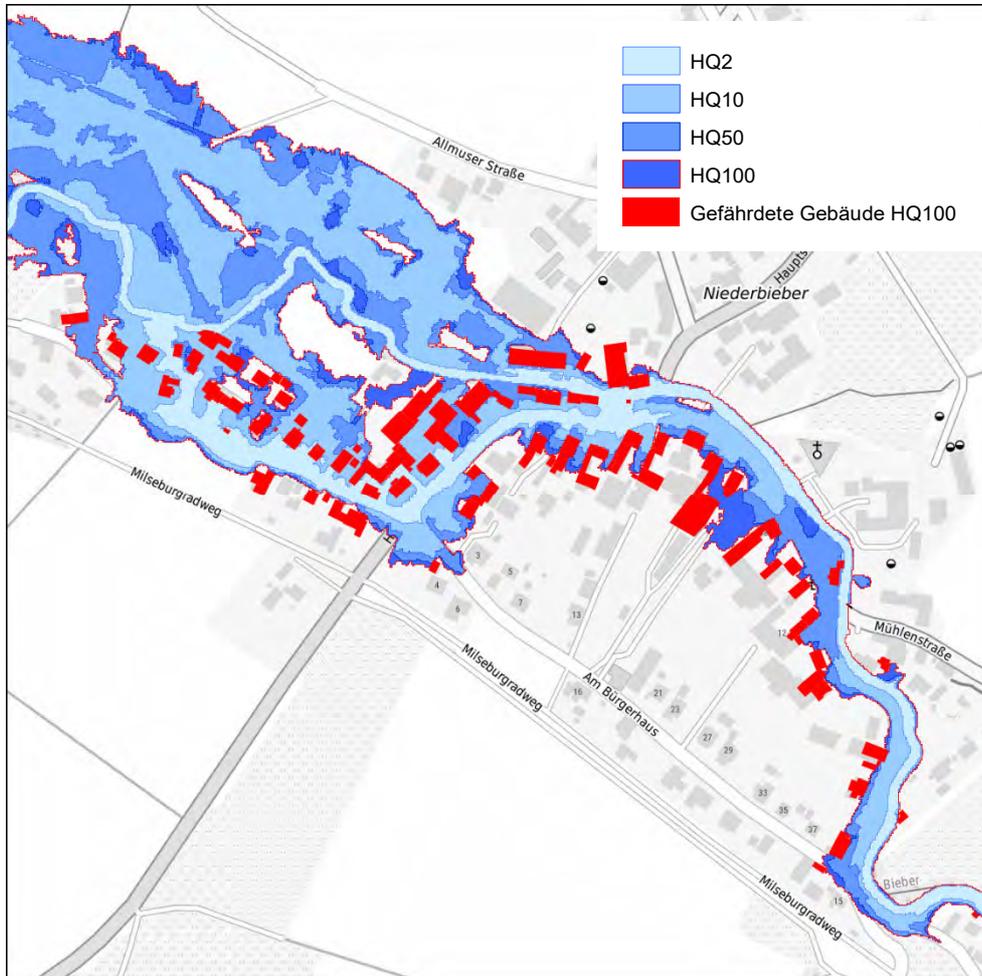
**Tabelle 11-25: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Wiesen**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Hochwasserrückhaltebecken	(*)	<b>0,59</b>
Gerinneausbau	411,3 T EUR	
Brückenaufweitungen	490,3 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	1.268,5 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	85,7 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>2,3 Mio. EUR</b>	

(\*) Kosten für die beiden Hochwasserrückhaltebecken werden in Kleinsassen und Langenbieber angesetzt

## 11.12 Ortslage Niederbieber (Gemeinde Hofbieber)

### 11.12.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-39: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Niederbieber**

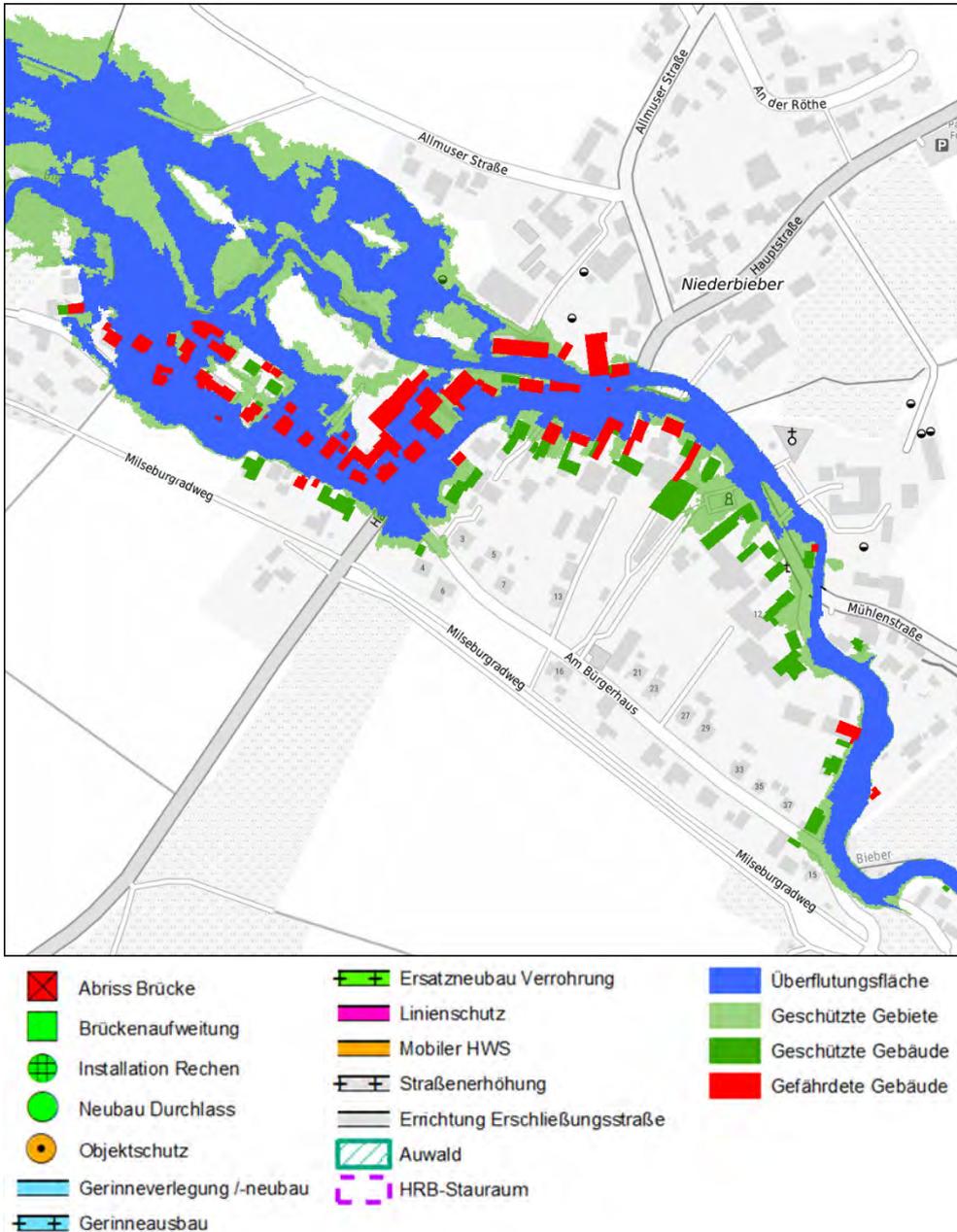
Die Ortslage Niederbieber wird von der Bieber durchflossen. An der Mühlenstraße und Hauptstraße existieren zwei Straßenbrücken, drei weitere Brücken entlang der Lindenstraße dienen als Grundstückszufahrten.

Das Gerinne entlang Brunnengasse und Lindenstraße wird ab HQ10 überlastet. Gefährdungen für die Bebauung entstehen dabei nur am Rande (HQ10), ab HQ50 ist jedoch eine Vielzahl an Gebäuden gefährdet.

Die größten Gefährdungen treten entlang der Hauptstraße und Wiesenstraße auf. Stromunterhalb der Brücke Hauptstraße strömt das Wasser über das niedrige linke Ufer auf die Hauptstraße und von dort weiter in die Wiesenstraße. Ab HQ10 kommt es zu einer weiteren Verschärfung, da die Brücke linksseitig entlang der Lindenstraße umströmt wird.

Die Ortslage Niederbieber ist somit bereits ab HQ2 durch Hochwasser aus der Bieber gefährdet.

### 11.12.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-40: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Niederbieber**

In der Grundvariante 1 werden stromoberhalb von Niederbieber drei Hochwasserrückhaltebecken entlang der Bieber vorgesehen.

Die Ergebnisse zeigen eine relevante Wirkung der HRB auf die Überflutungsflächen und eine gute Schutzwirkung entlang der Lindenstraße. Hier können nahezu alle Gebäude bis HQ100 geschützt werden.

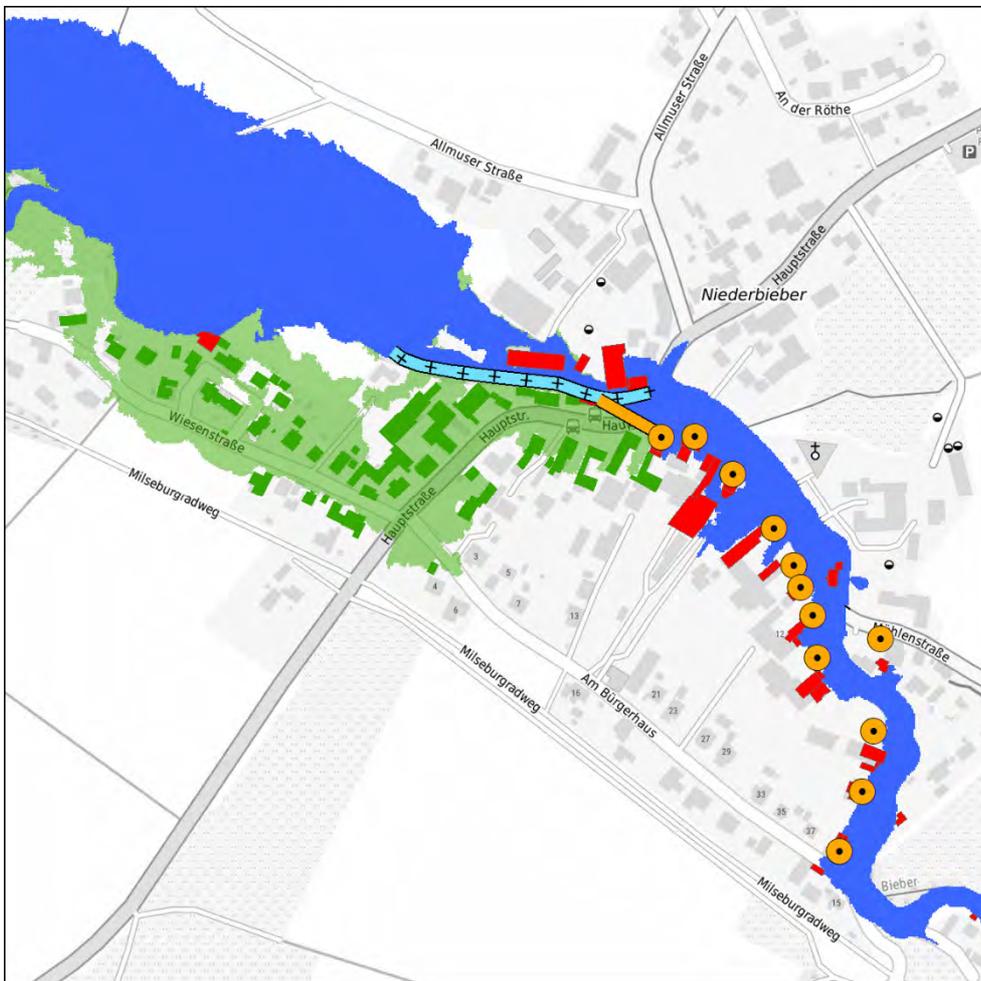
Jedoch kommt es an der Brücke Hauptstraße weiterhin zur Überlastung, sodass die intensiven Gefährdungen im Bereich Hauptstraße und Wiesenstraße bestehen bleiben.

Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalkulation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-26: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Niederbieber**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	1.110,6 T EUR	0,39

### 11.12.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-41: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Niederbieber**

Entlang der Brunnengasse kann die Bieber nicht im erforderlichen Maße ausgebaut werden, um den HQ100-Abfluss ableiten zu können. Auch entlang der Lindenstraße ist ein Gerinneausbau ohne den Abriss der historischen Brücke an der Katholischen Kirche nicht möglich. Da diese historische Gewölbebrücke besonders wertvoll für das Ortsbild ist, wird ein Abriss jedoch als unrealis-

tisch eingeschätzt. Entlang der Lindenstraße und Brunnengasse werden daher private Objektschutzmaßnahmen vorgesehen.

Lokale Maßnahmen werden stromunterhalb der Brücke Hauptstraße vorgesehen:

#### Gerinneausbau

Stromunterhalb der Brücke Lindenstraße wird ein Gerinneausbau im Kastenprofil vorgesehen (6,5 m x 1,9 m).

Um eine Umströmung der Brücke Hauptstraße zu ermöglichen, wird die linke Ufermauer zwischen der Feuerwache und der Brücke abgesenkt (0,9 m statt 1,9 m). Damit wie im Istzustand eine Entlastung durch Überflutungen im rechten Vorland möglich ist, wird die rechte Ufermauer ebenfalls niedriger ausgeführt (0,9 m statt 1,9 m).

#### Linienschutz

Damit bei der Umströmung der Brücke Hauptstraße das Wasser stromunterhalb wieder in das Gerinne der Bieber geleitet werden kann, wird eine mobile Hochwasserschutzwand quer über die Hauptstraße vorgesehen.

#### Sonstige Maßnahmen

Durch die lokalen Maßnahmen stromunterhalb der Brücke Hauptstraße kommt es zu einem zusätzlichen Aufstau, der zur Schlechterstellung Dritter führen würde. Daher werden zur Kompensation für die Grundstücke Hauptstraße 12 und 19 sowie Lindenstraße 2, 4, und 6 Objektschutzmaßnahmen vorgesehen.

Durch die mögliche Schlechterstellung mehrerer Grundstücke wird die Umsetzbarkeit der Grundvariante 2 als unrealistisch eingeschätzt. Ohne Hochwasserrückhaltebecken ist für die Ortslage Niederbieber daher abseits von Objektschutzmaßnahmen kein sinnvoller Hochwasserschutz möglich.

**Tabelle 11-27: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Niederbieber**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Gerinneausbau	1.429,4 T EUR	<b>1,96</b>
Brückenaufweitungen	-	

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	134,1 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	65,5 T EUR	
<b>Summe</b>	<b>1,6 Mio. EUR</b>	

### 11.12.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-42: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Niederbieber**  
Hochwasserrückhaltebecken

Die Vorzugsvariante sieht zwei Hochwasserrückhaltebecken stromoberhalb von Niederbieber vor (Langenbieber und Kleinsassen). Insbesondere die Wirkung des Hochwasserrückhaltebeckens stromoberhalb von Langenbieber ermöglicht es, dass mit zusätzlichen lokalen Maßnahmen ein HQ100-Schutz für die Ortslage Niederbieber erreicht werden kann. Für die Nutzen-Kosten-Analyse werden 2/3 der Kosten des HRB oberhalb von Langenbieber angesetzt. Dies

entspricht dem Verhältnis des Nutzens zwischen Niederbieber und Langenbieber aus Grundvariante 1.

### Gerinneausbau

Es wird vorgesehen die Bieber entlang der Brunnengasse und Lindenstraße im Kastenprofil auszubauen (8,0 m x 1,5 m und 6,5 m x 1,6 m). Dabei wird das Sohlgefälle entlang der Ausbaustrecke vereinheitlicht, wodurch lokal eine Vertiefung des Gewässers ermöglicht wird.

Stromunterhalb der Brücke Hauptstraße wird vorgesehen die Bieber zunächst als Kastenprofil (8,0 m x 1,5 m) und später als Trapezprofil (12,5 m x 1,5 m) auszubauen.

### Brückenaufweitungen

Für die Brücken Hauptstraße (8,0 m x 1,8 m), Mühlenstraße (7,0 m x 1,9 m) und eine Grundstückszufahrt (6,5 m x 1,9 m) werden Brückenaufweitungen vorgesehen. Um einen Freibord von 0,5 m sicherstellen zu können, ist die Erhöhung der Brückenunterkanten an der Hauptstraße (0,2 m) und Mühlenstraße (0,14 m) erforderlich.

Die historische Gewölbebrücke an der Katholischen Kirche muss nicht aufgeweitet werden, jedoch wird im Zuge des Gerinneausbaus die Gewässersohle im Bereich der Brücke um ca. 40 cm abgesenkt.

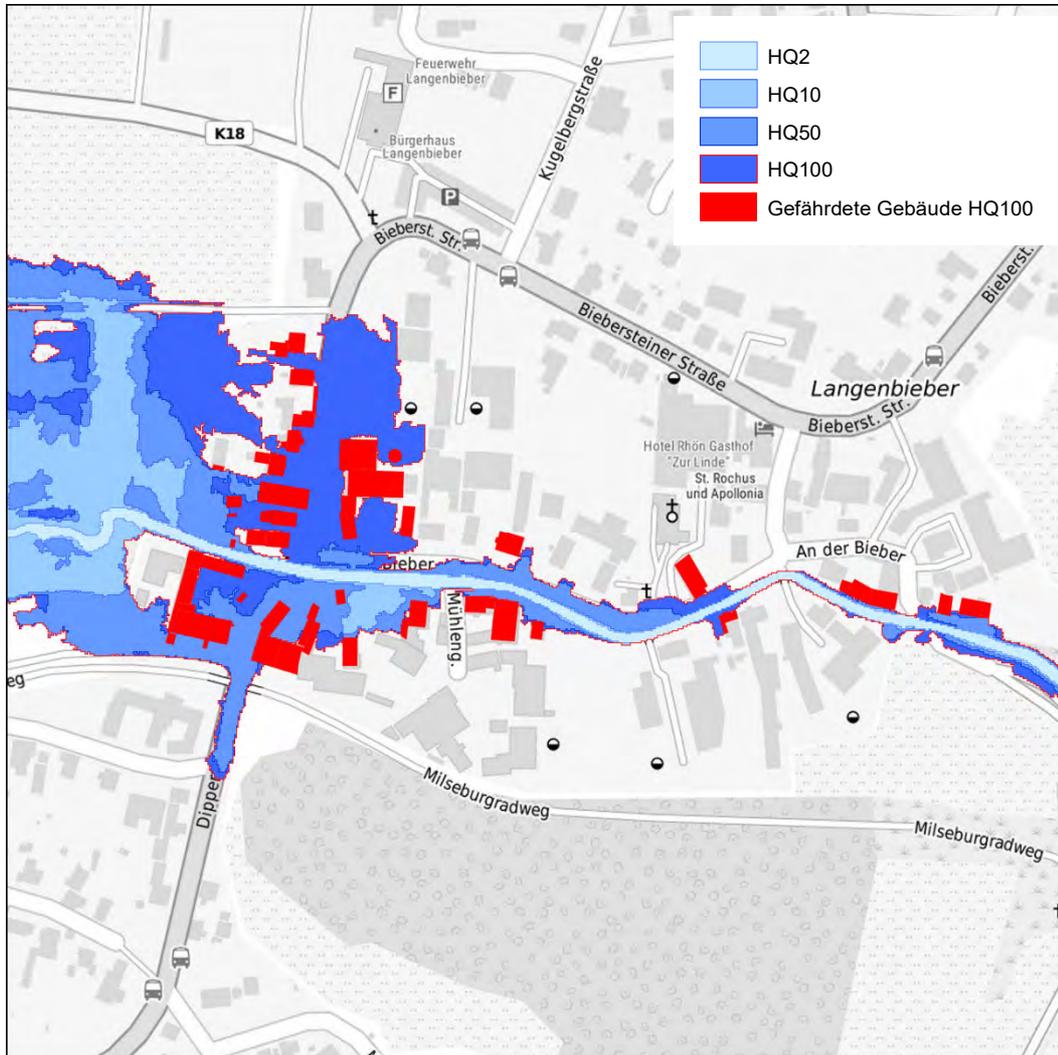
**Tabelle 11-28: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Niederbieber**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	913,1 T EUR (*)	<b>0,59</b>
Gerinneausbau	5.502,1 T EUR	
Brückenaufweitungen	908,2 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	-	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>7,3 Mio. EUR</b>	

(\*) Kostenanteil für Hochwasserrückhaltebecken oberhalb Langenbieber (BIBA\_HRB\_VV\_06)

## 11.13 Ortslage Langenbieber (Gemeinde Hofbieber)

### 11.13.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-43: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Langenbieber**

Die Ortslage Langenbieber wird von der Bieber durchflossen. An der Dipperzer Straße, der Mühlengasse und der Straße An der Bieber existieren drei Straßenbrücken, drei weitere Brücken dienen als Grundstückszufahrten.

Erste Ausuferungen treten ab HQ10 auf. Diese sind auf einen niedrigen Abschnitt des linken Ufers zwischen Mühlengasse und Dipperzer Str. zurückzuführen. Ab HQ10 kommt es dadurch in Randbereichen zu Gefährdungen der Bebauung. Relevante Gefährdungen treten ab HQ50 auf. Diese reichen dann bis zur Dipperzer Straße. Nördlich des Milseburgradwegs kommt es so zu einer Umströmung der Brücke Dipperzer Straße.

Zusätzlich sorgt ab HQ50 eine Entstelle im Gerinne der Bieber für Aufstau, welcher beidseitig zu Gefährdungen der Bebauung führt. Hier wird die Bieber linksseitig von der Bebauung auf dem Grundstück Mühlengasse 2 und rechtsseitig von der Straße An der Bieber eingengt.

Ab HQ100 kommt es zur vollständigen Überlastung der Brücke Dipperzer Straße, wodurch nördlich der Brücke, beidseitig der Dipperzer Straße großflächige Gefährdungen entstehen.

Die Ortslage Langenbieber ist somit etwa bis HQ10 hochwasserfrei.

### 11.13.2 Grundvariante 1

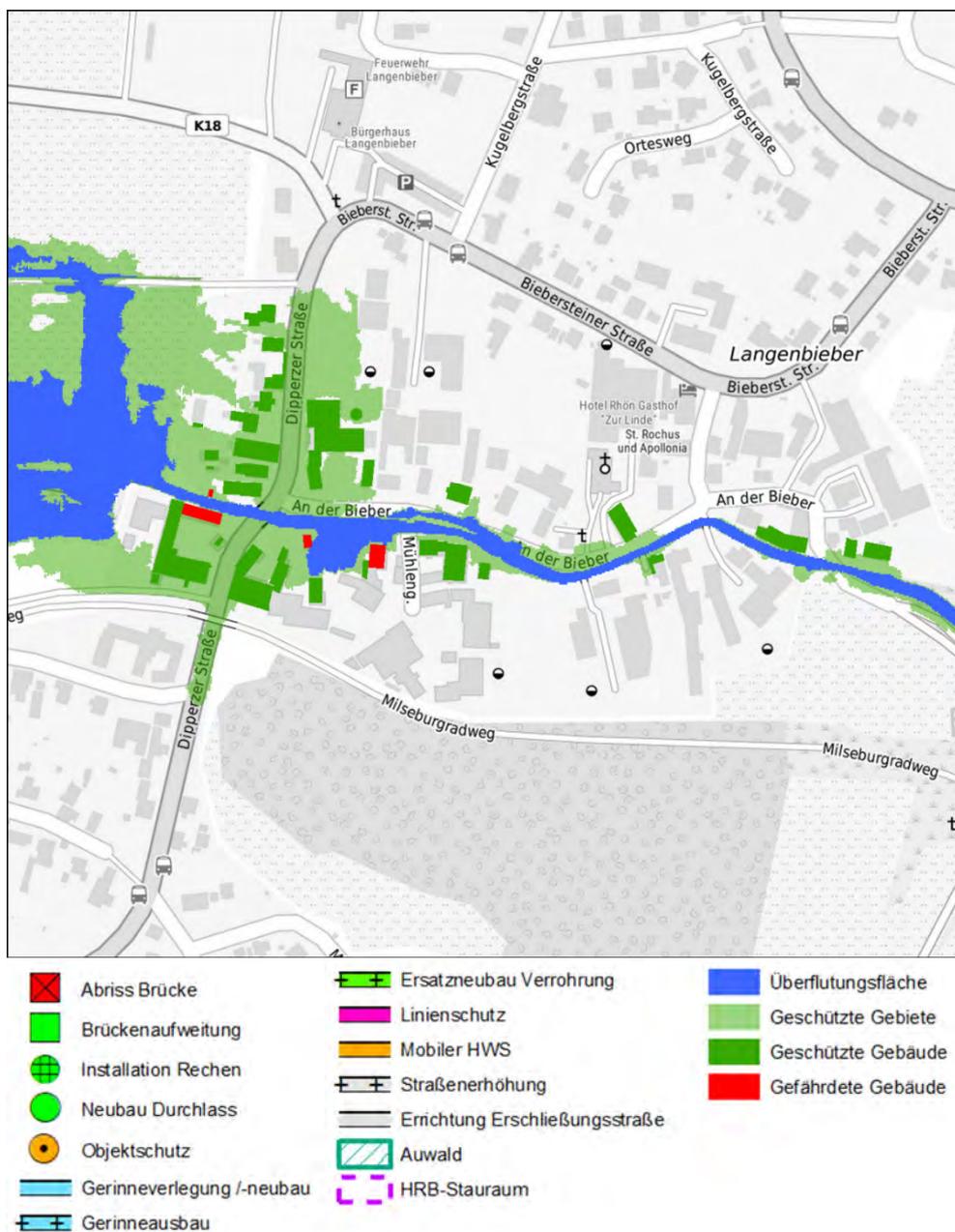


Abbildung 11-44: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Langenbieber

In der Grundvariante 1 werden stromoberhalb von Langenbieber zwei Hochwasserrückhaltebecken entlang der Bieber vorgesehen.

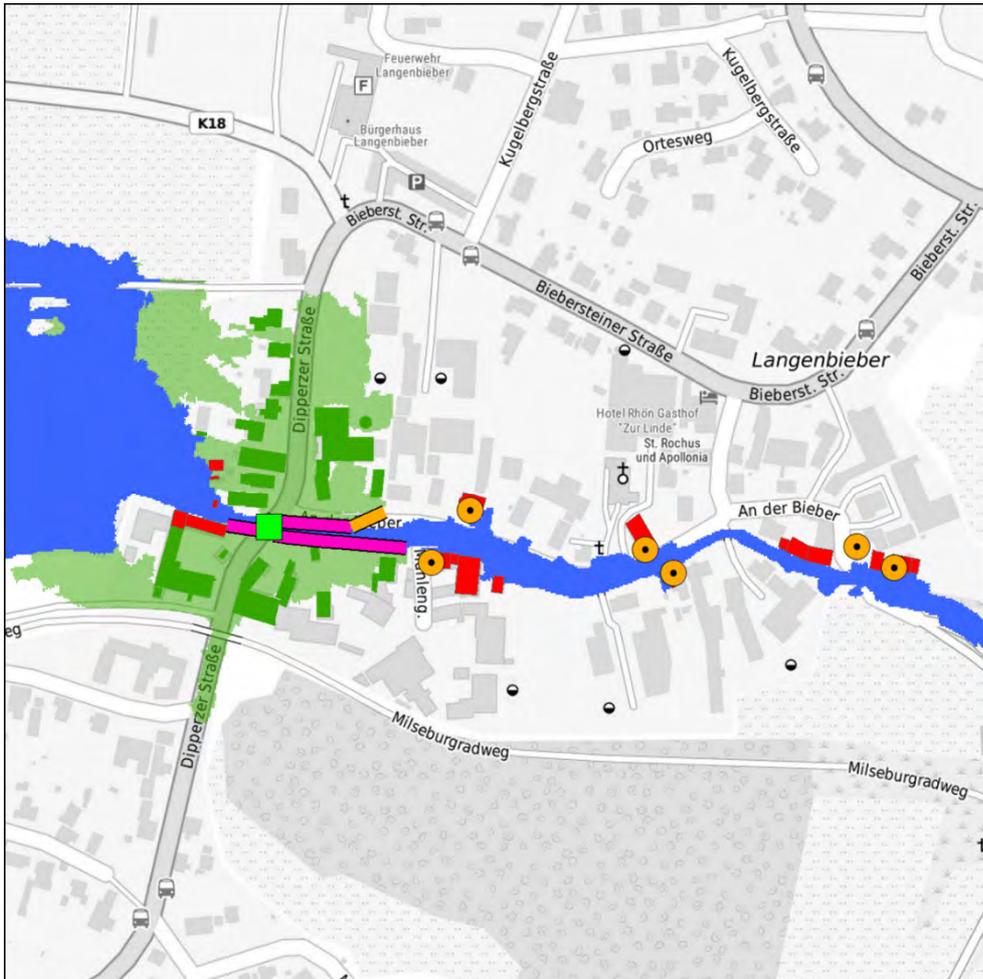
Die Ergebnisse zeigen, dass durch die HRB für Langenbieber nahezu ein vollständiger HQ100-Schutz erreicht werden kann. Zu Ausuferungen kommt es nur noch stromunterhalb der Brücke Mühlengasse und auf Höhe der Engstelle entlang der Straße An der Bieber.

Da sich die Wirkungen der Hochwasserrückhaltebecken überlagern, können für die einzelnen HRB keine separaten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ermittelt werden. Daher wird eine Mischkalkulation erstellt, welche die Kosten der HRB anteilig entsprechend des Nutzens innerhalb der Ortsalgen berücksichtigt.

**Tabelle 11-29: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Langenbieber**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Hochwasserrückhaltebecken	551,3 T EUR	<b>0,39</b>

### 11.13.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-45: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Langenbieber**  
Brückenaufweitungen

Für die Brücke Dipperzer Straße wird eine Brückenaufweitung (8,0 m x 2,0 m) vorgesehen. Um einen Freibord von 0,5 m gewährleisten zu können, ist eine Erhöhung der Brückenunterkante um 0,78 m erforderlich.

#### Linienschutz

Stromoberhalb der Brücke Dipperzer Straße werden beidseitig Hochwasserschutzmauern vorgesehen (mittlere Höhe 0,6 m links, 0,5 m rechts). Stromunterhalb der Brücke wird linksseitig eine Hochwasserschutzmauer vorgesehen (mittlere Höhe 0,5 m).

Für die Straße An der Bieber wird mobiler Hochwasserschutz in Form eines Dammbalkensystems vorgesehen. Dieser dient dazu, dass auf der Straße abfließendes Wasser wieder in die Bieber geleitet wird.

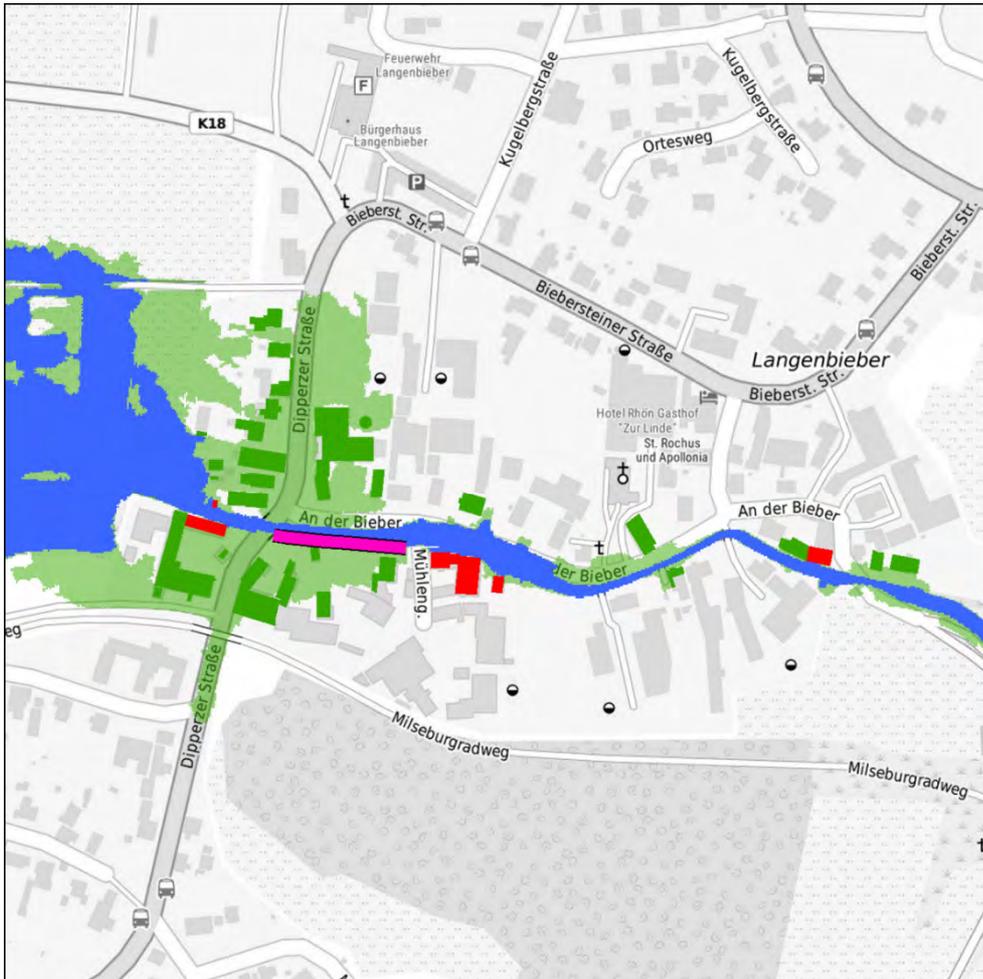
Sonstige Maßnahmen

Da eine Aufweitung der Bieber entlang der Straße An der Bieber aufgrund der Platzverfügbarkeit und ein geschlossener Linienschutz aufgrund der vorhandenen Grundstückzufahrten nicht möglich sind, werden für die restlichen Grundstücke private Objektschutzmaßnahmen vorgesehen.

**Tabelle 11-30: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Langenbieber**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	-	<b>0,23</b>
Brückenaufweitungen	402,7 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	413,0 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>0,8 Mio. EUR</b>	

### 11.13.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-46: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Langenbieber**

Als Vorzugsvariante für Langenbieber wird eine Kombination der Grundvarianten 1 und 2 vorgesehen.

#### Hochwasserrückhaltebecken

Die Vorzugsvariante sieht zwei Hochwasserrückhaltebecken stromoberhalb von Langenbieber vor. Da dieses HRB auch in Niederbieber eine relevante Wirkung erzielt, wird für die Nutzen-Kosten-Analyse 1/3 der Kosten des HRB angesetzt. Dies entspricht dem Verhältnis des Nutzens zwischen Niederbieber und Langenbieber aus Grundvariante 1.

#### Linienschutz

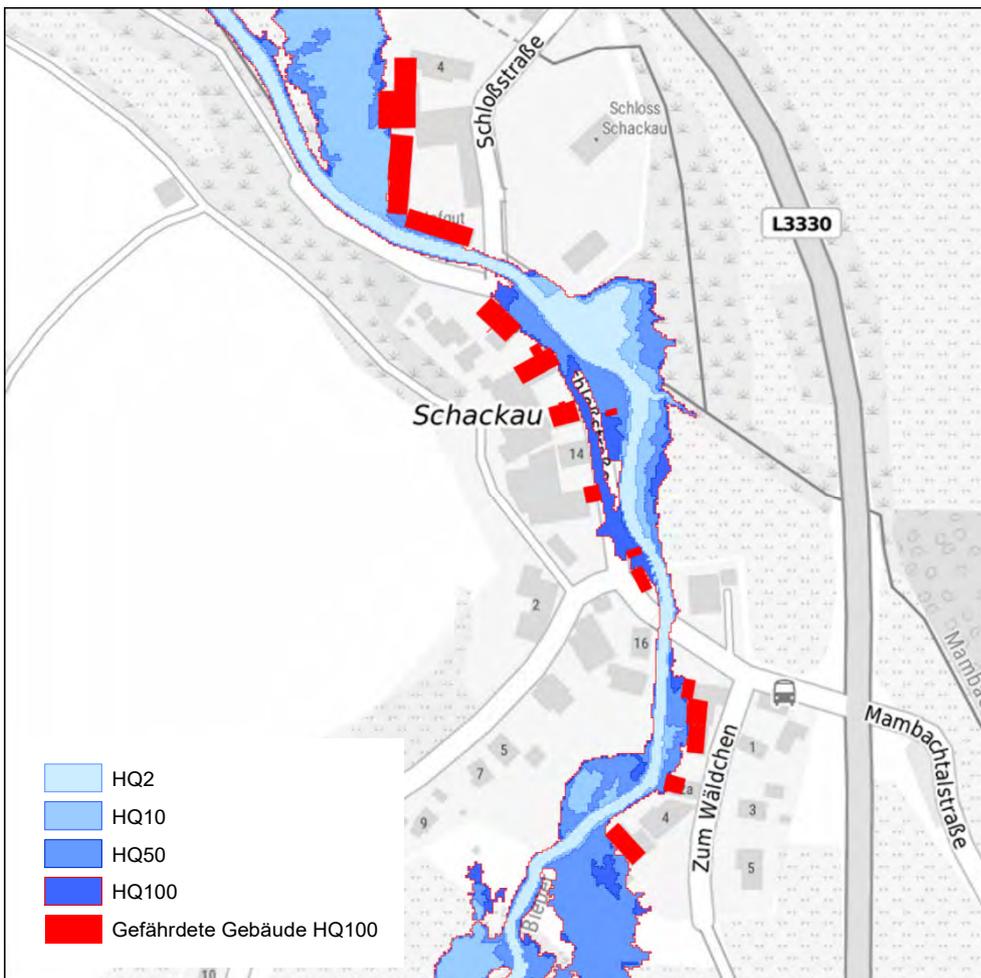
Zwischen den Brücken Mühlengasse und Dipperzer Straße wird die Errichtung einer Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,6 m) vorgesehen.

**Tabelle 11-31: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Langenbieber**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	456,6 T EUR	<b>0,32</b>
Gerinneausbau	-	
Brückenaufweitungen	-	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	219,4 TEUR	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>0,7 Mio. EUR</b>	

## 11.14 Ortslage Schackau (Gemeinde Hofbieber)

### 11.14.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-47: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Schackau**

Die Ortslage Schackau wird von der Bieber durchflossen. Außerdem mündet der Mambach von Osten kommend in die Bieber.

Nach dem Hochwasser vom Mai 2019 wurden entlang der Schloßstraße beide Brücken neu aufgebaut und im Bereich des Schlosses eine Verwaltung errichtet. Dadurch konnte der Hochwasserschutz in Schackau deutlich verbessert werden. Bis HQ10 kommt es zu keiner Gefährdung der Bebauung. Ab HQ50 treten entlang der Grundstücke Zum Wäldchen und der Schloßstraße Gefährdungen im Randbereich der Überflutungsflächen auf.

### 11.14.2 Grundvariante 1

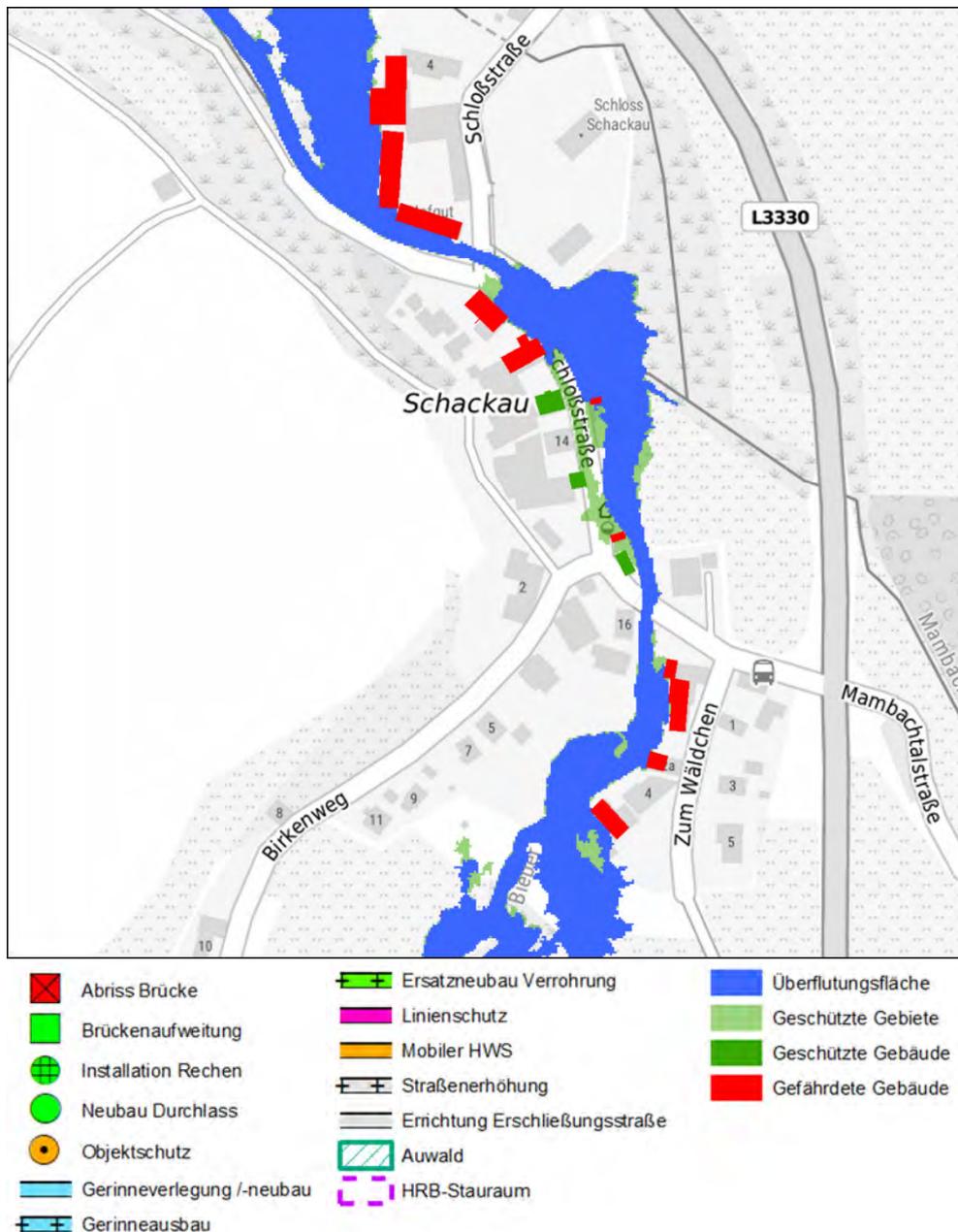


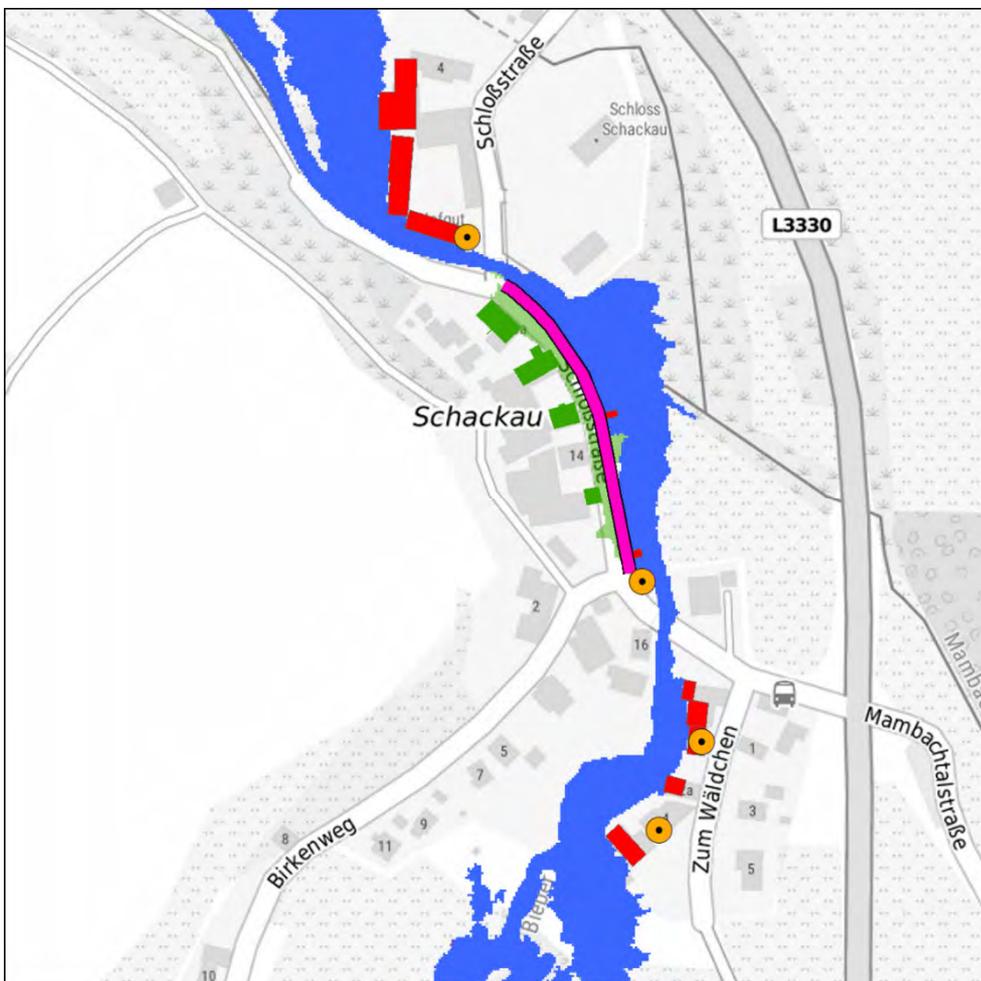
Abbildung 11-48: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Schackau

In der Grundvariante 1 wird stromoberhalb von Schackau ein Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen.

Die Ergebnisse zeigen, dass entlang der Schlosstraße für wenige Gebäude ein Hochwasserschutz ermöglicht werden kann. Trotzdem treten in der Ortslage Schackau weiterhin Gefährdungen auf.

Da die Ortslage Schackau zur Gemarkung Kleinsassen gehört, wird kein separates Nutzen-Kosten-Verhältnis aufgestellt.

### 11.14.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-49: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Schackau**

#### Linienschutz

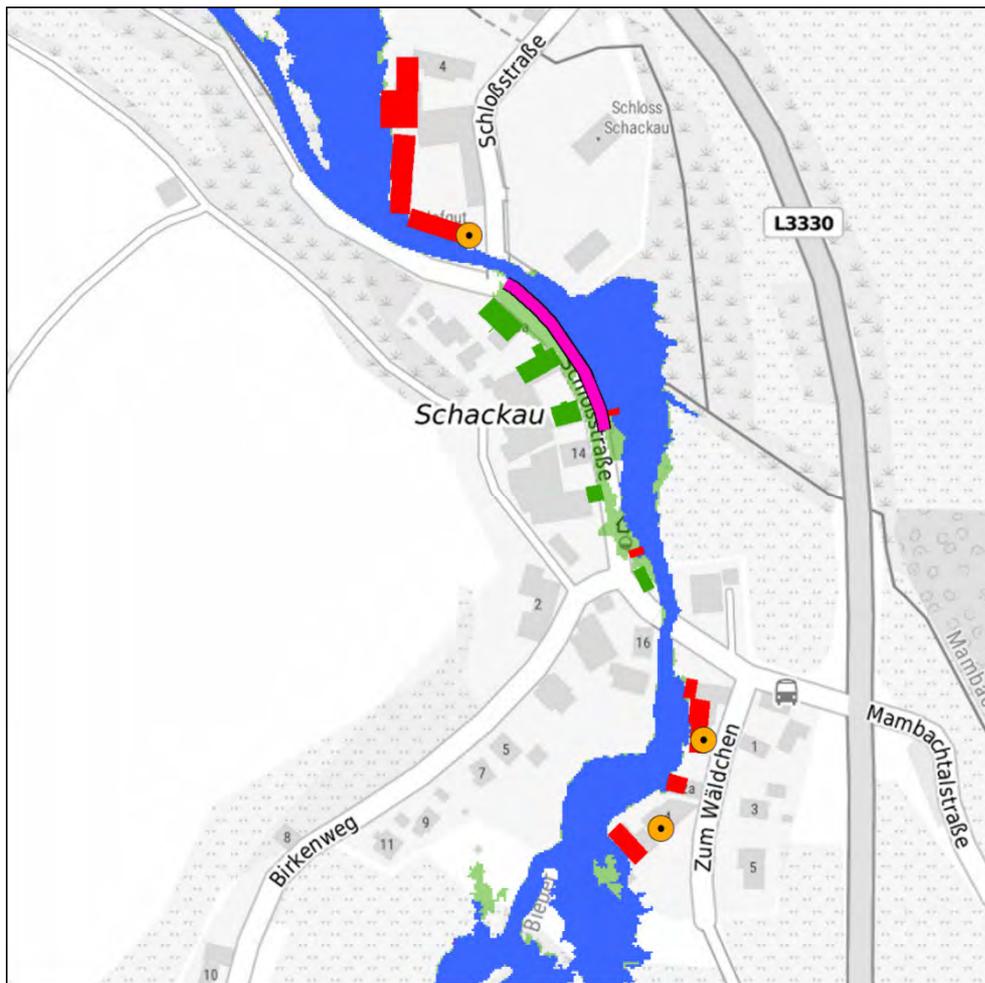
Entlang der Schlosstraße wird die Errichtung einer Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,5 m) vorgesehen.

#### Sonstige Maßnahmen

Für die restlichen Grundstücke wird privater Objektschutz vorgesehen.

Da die Ortslage Schackau zur Gemarkung Kleinsassen gehört, wird kein separates Nutzen-Kosten-Verhältnis aufgestellt.

#### 11.14.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-50: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Schackau**

Die Vorzugsvariante kombiniert die beiden Grundvarianten 1 und 2.

#### Hochwasserrückhaltebecken

Es wird ein Hochwasserrückhaltebecken stromoberhalb von Kleinsassen vorgesehen.

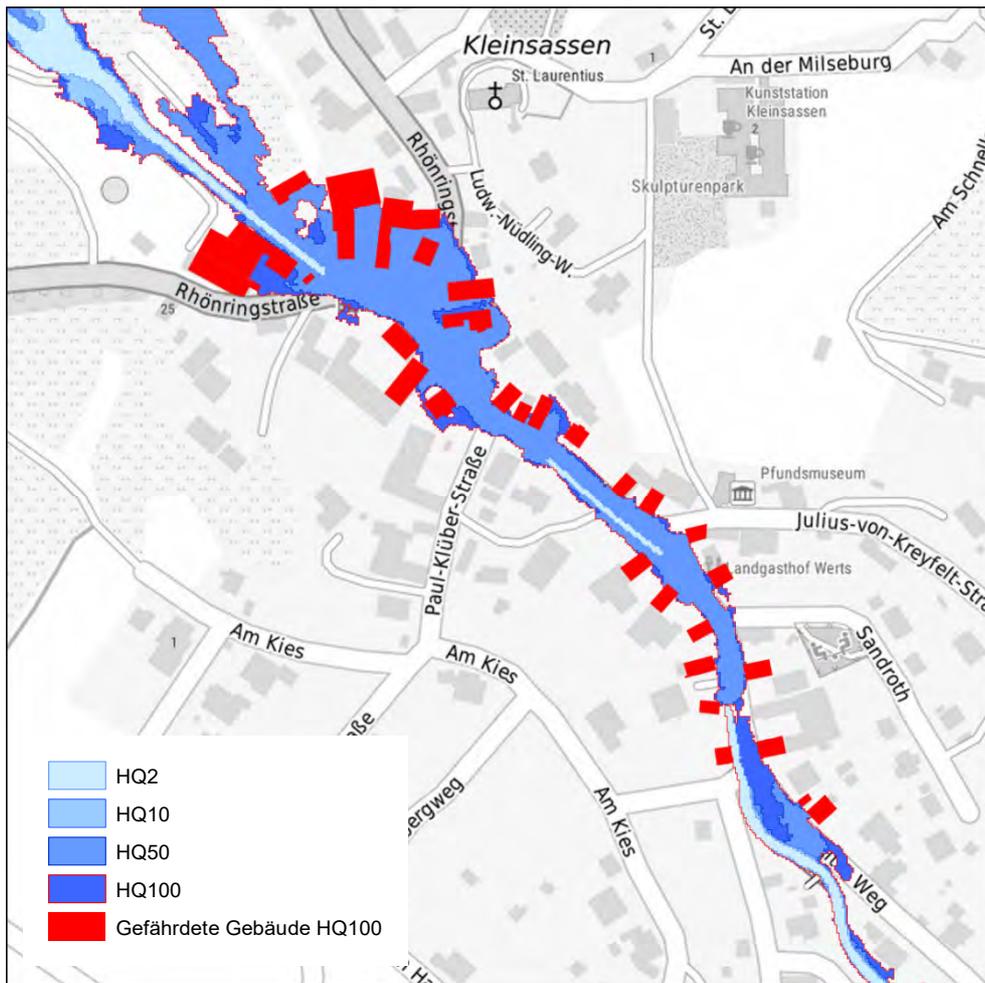
#### Linienschutz

Entlang der Schloßstraße kann die Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,5 m) gegenüber der Grundvariante 2 kürzer ausgeführt werden.

Da die Ortslage Schackau zur Gemarkung Kleinsassen gehört, wird kein separates Nutzen-Kosten-Verhältnis aufgestellt.

## 11.15 Ortslage Kleinsassen (Gemeinde Hofbieber)

### 11.15.1 Bestehender Schutzgrad



**Abbildung 11-51: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Kleinsassen**

Die Ortslage Kleinsassen wird von der Bieber durchflossen. Es existieren zwei lange Verrohrungen entlang der Biebertalstraße, eine Straßenbrücke Am Hirtsrain und eine Brücke als Grundstückszufahrt.

Für die Bebauung treten Gefährdungen ab HQ50 auf. Dabei wird die südliche Verrohrung zwischen der Straße Am Hirtsrain und der Julius-von-Kreyfeld-Straße überlastet, sodass das Wasser auf der Biebertalstraße abfließt und Überflutungen bis in den Kreuzungsbereich zur Rhönringstraße verursacht.

Ab HQ100 wird zudem die Brücke Am Hirtsrain überlastet, wodurch zusätzliche Gefährdungen entlang dem Alten Weg entstehen.

Die Ortslage Kleinsassen ist somit bis einschließlich HQ10 hochwasserfrei.

Zusätzlich sind bei Starkregen entlang der Paul-Klüber-Straße Gefährdungen durch wild abfließendes Wasser bekannt (Vergleich Anlage 1). Dieses Wasser kann am Ende der Straße nicht der Bieber zufließen, da diese in dem Bereich verrohrt ist.

### 11.15.2 Grundvariante 1

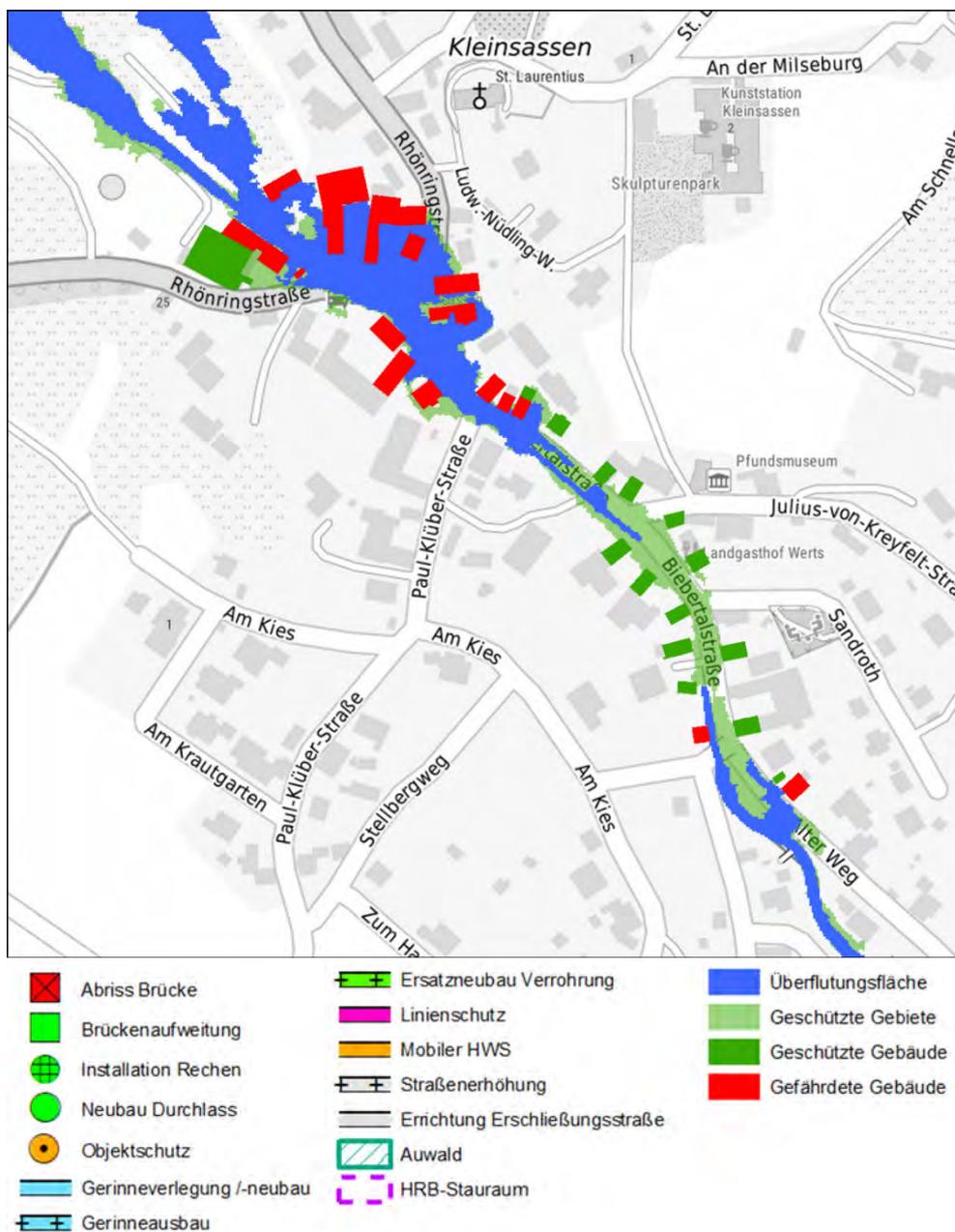


Abbildung 11-52: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Kleinsassen



**Abbildung 11-53: Verlauf des Fangegrabens für Grundvariante 1 in Kleinsassen**

In der Grundvariante 1 wird stromoberhalb von Kleinsassen ein Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen. Zudem wird süd-westlich der Ortslage ein Fangegraben vorgesehen, welcher Außenbereichswasser um die Ortslage herum ableiten und dadurch die Gefährdungen entlang der Paul-Klüber-Straße verhindern soll.

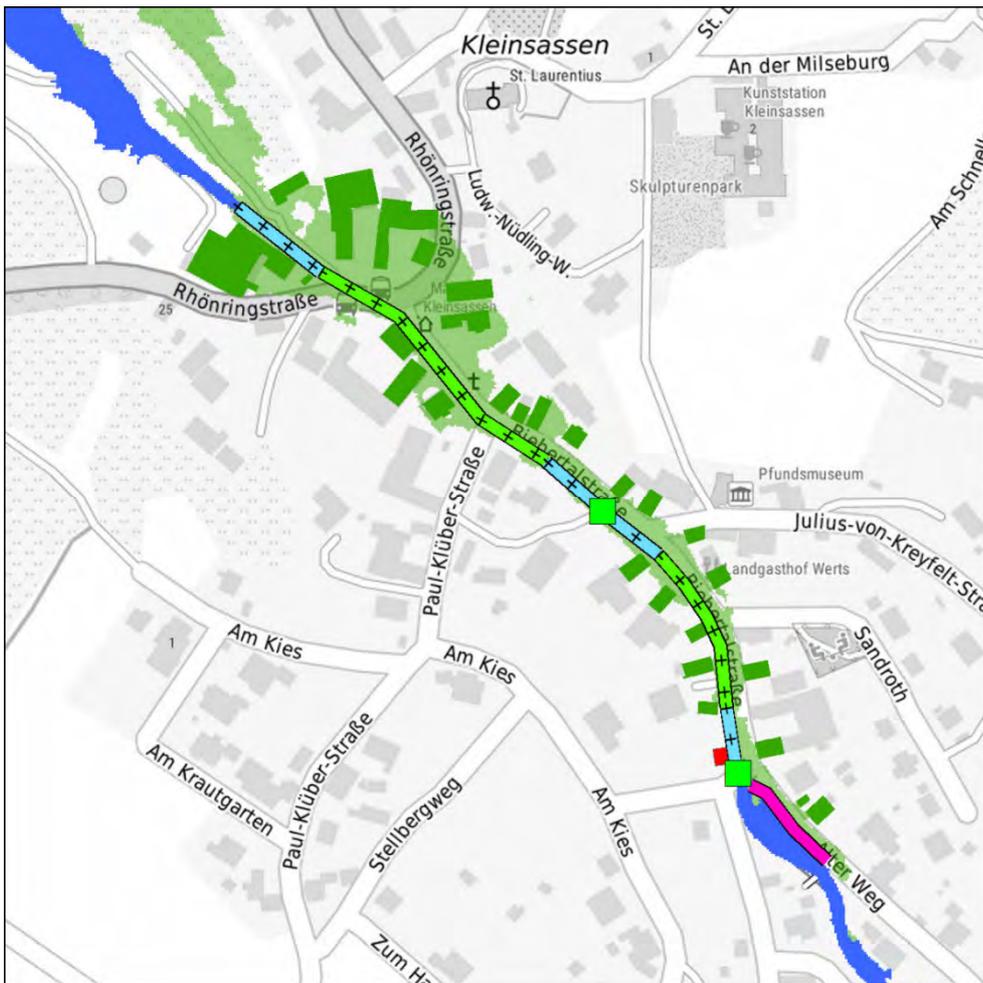
Die Ergebnisse zeigen, dass mit dem HRB die Überlastung der Brücke Am Hirtsrain und die Überlastung der Verrohrung bis zur Julius-Kreyfelt-Straße verhindert werden kann.

Jedoch treten durch die Überlastung der Verrohrung bis zur Rhönringstraße weiterhin Gefährdungen auf.

**Tabelle 11-32: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Kleinsassen und Schackau**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	881,8 T EUR	<b>0,05</b>

### 11.15.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-54: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Kleinsassen**

### Gerinneausbau

Für das offene Gerinne zwischen der Brücke Am Hirtsrain und stromunterhalb der Rhönringstraße wird ein Gerinneausbau im Kastenprofil (2,5 m x 1,5 m) vorgesehen.

### Brückenaufweitungen

Für die Brücke Hirtsrain (2,5 m x 1,8 m) und eine Grundstückszufahrt (2,5 m x 1,5 m) werden Brückenaufweitungen vorgesehen. Für die Brücke, welche als Grundstückszufahrt dient, wird lediglich ein Freibord von 0,2 m berücksichtigt. Hierfür ist eine geringfügige Erhöhung der Brückenunterkante um 6 cm erforderlich.

### Vergrößerung von Verrohrungen

Es wird vorgesehen beide Verrohrungen (2,5 m x 1,3 m) zu vergrößern.

Linienschutz

Entlang der Straße Alter Weg wird eine Hochwasserschutzmauer (mittlere Höhe 0,3 m) vorgesehen.

**Tabelle 11-33: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Kleinsassen und Schackau**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	958,2 T EUR	<b>0,06</b>
Brückenaufweitungen	205,6 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	963,9 T EUR	
Linienschutz	533,6 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>2,7 Mio. EUR</b>	

### 11.15.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-55: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Kleinsassen**

Als Vorzugsvariante wird die Grundvariante 1 durch lokale Maßnahmen der Grundvariante 2 ergänzt.

#### Hochwasserrückhaltebecken

Stromoberhalb von Kleinsassen wird ein Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen. Dieses hält bei Hochwasser Geschiebe und Treibgut zurück, sodass der Schutz vor Verklausungen an Brücken und den beiden Einläufen der Verrohrungen deutlich verbessert werden kann.

#### Gerinneausbau

Für das offene Gerinne zwischen Julius-von-Kreyfelt-Straße und stromunterhalb der Rhönringstraße wird ein Gerinneausbau im Kastenprofil (2,5 m x 1,5 m) vorgesehen.

Zudem wird der Fangegraben aus Grundvariante 1 vorgesehen.

#### Brückenaufweitungen

Für die Brücke, welche als Grundstückszufahrt dient, wird eine Brückenaufweitung (2,5 m x 1,5 m) vorgesehen.

Vergrößerung von Verrohrungen

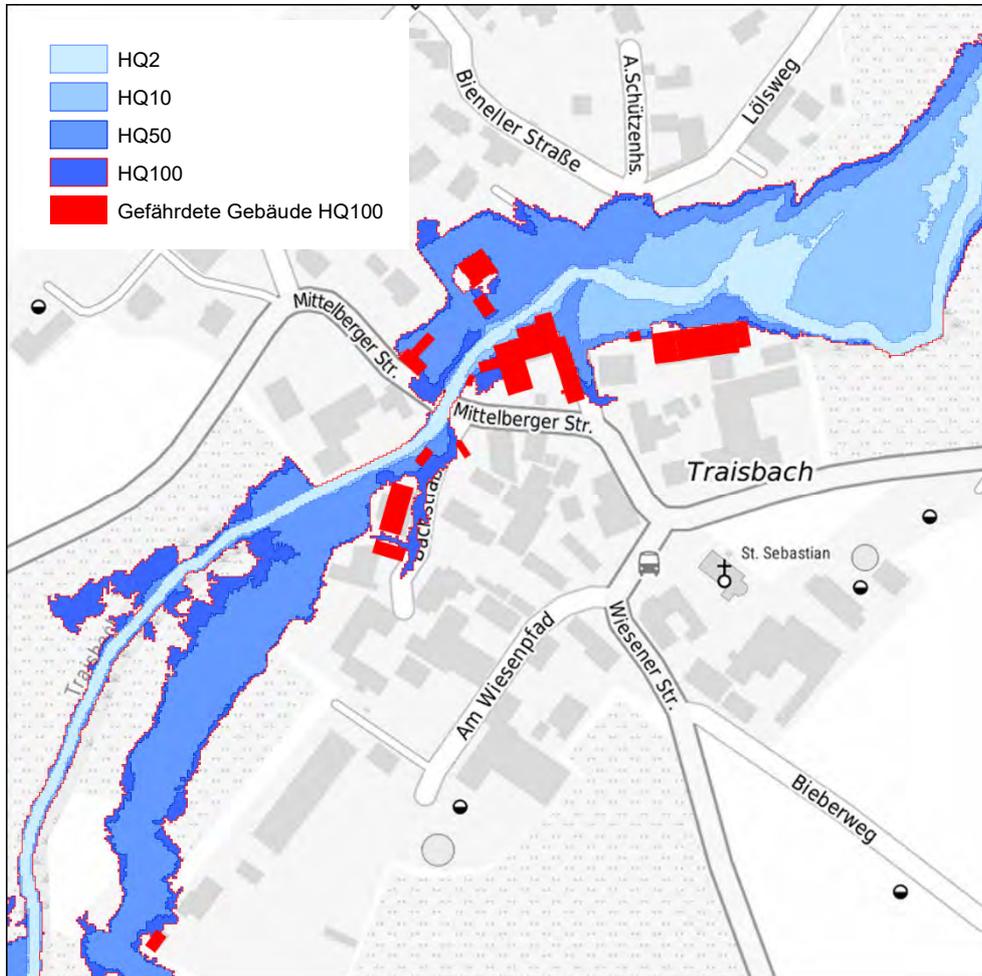
Es wird die Vergrößerung der unteren Verrohrung zwischen Julius-von-Kreyfelt-Straße und Rhönringstraße (2,5 m x 1,3 m) vorgesehen.

**Tabelle 11-34: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Vorzugsvariante in Kleinsassen und Schackau**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Hochwasserrückhaltebecken	524,8 T EUR	<b>0,06</b>
Gerinneausbau	1.115,3 T EUR	
Brückenaufweitungen	68,5 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	608,3 T EUR	
Linienschutz	220,9 T EUR	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>2,5 Mio. EUR</b>	

## 11.16 Ortslage Traisbach (Gemeinde Hofbieber)

### 11.16.1 Bestehender Schutzgrad



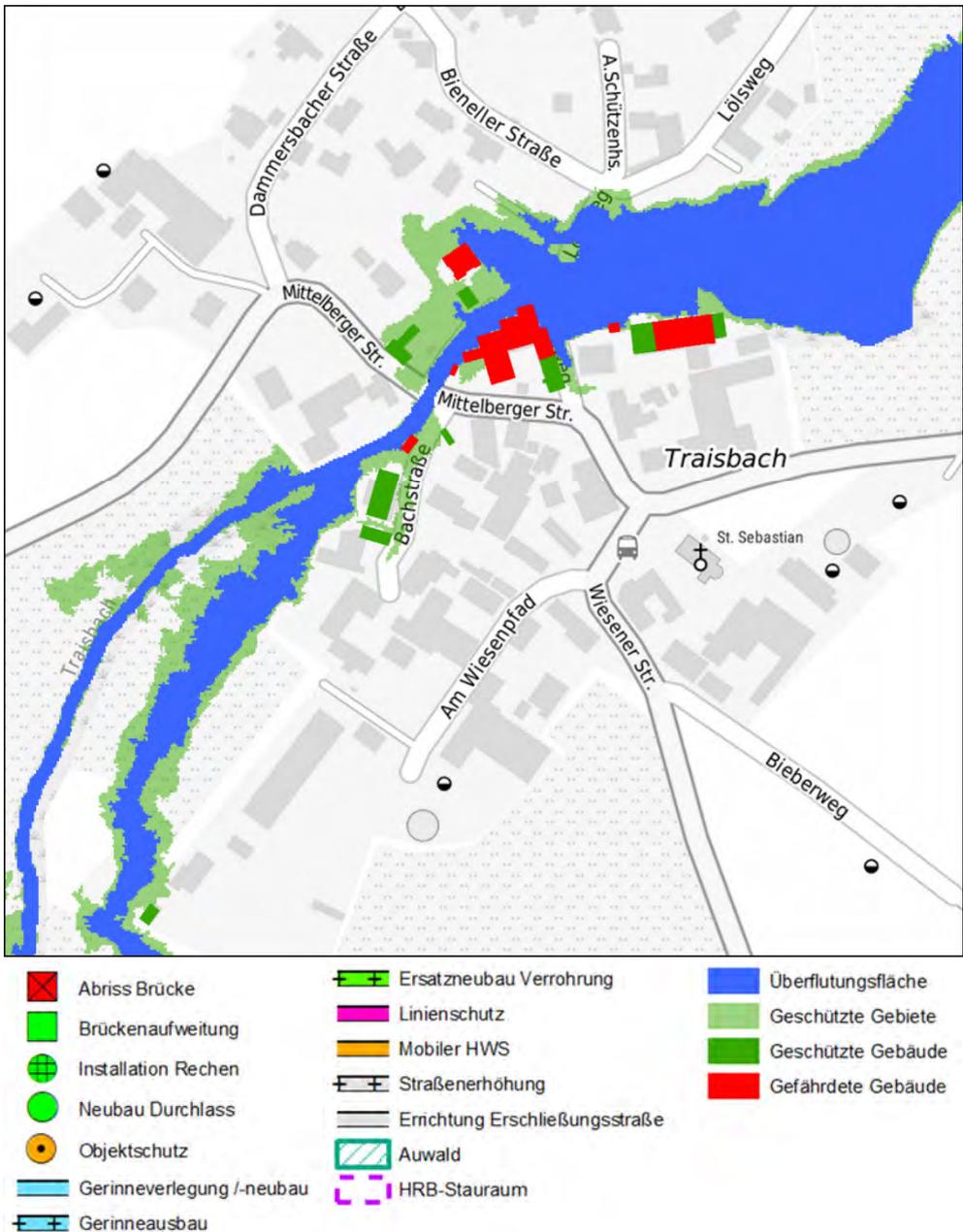
**Abbildung 11-56: Überflutungsflächen HQ(T) für den Istzustand in Traisbach**

Die Ortslage Traisbach wird vom gleichnamigen Gewässer durchflossen. Es existieren am Lölsweg und der Mittelberger Str. zwei Brücken. Zwischen den beiden Brücken existiert zudem ein privater Steg.

Ab HQ10 treten Überflutungen östlich des Lölsweg auf. Dabei kommt es zu keiner Gefährdung von Bebauung. Ab HQ50 wird die Brücke und die Straße Lölsweg großflächig überströmt, wodurch mehrere Gebäude gefährdet werden. Stromunterhalb der Brücke Mittelberger Str. kommt es linksseitig zu Überflutungen. Hier fließt der Traisbach dem natürlichen Taltiefpunkt zu, sodass die Bebauung entlang der Bachstraße gefährdet wird.

Die Ortslage Traisbach ist somit bis einschließlich HQ10 hochwasserfrei.

### 11.16.2 Grundvariante 1



**Abbildung 11-57: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 1 in Traisbach**

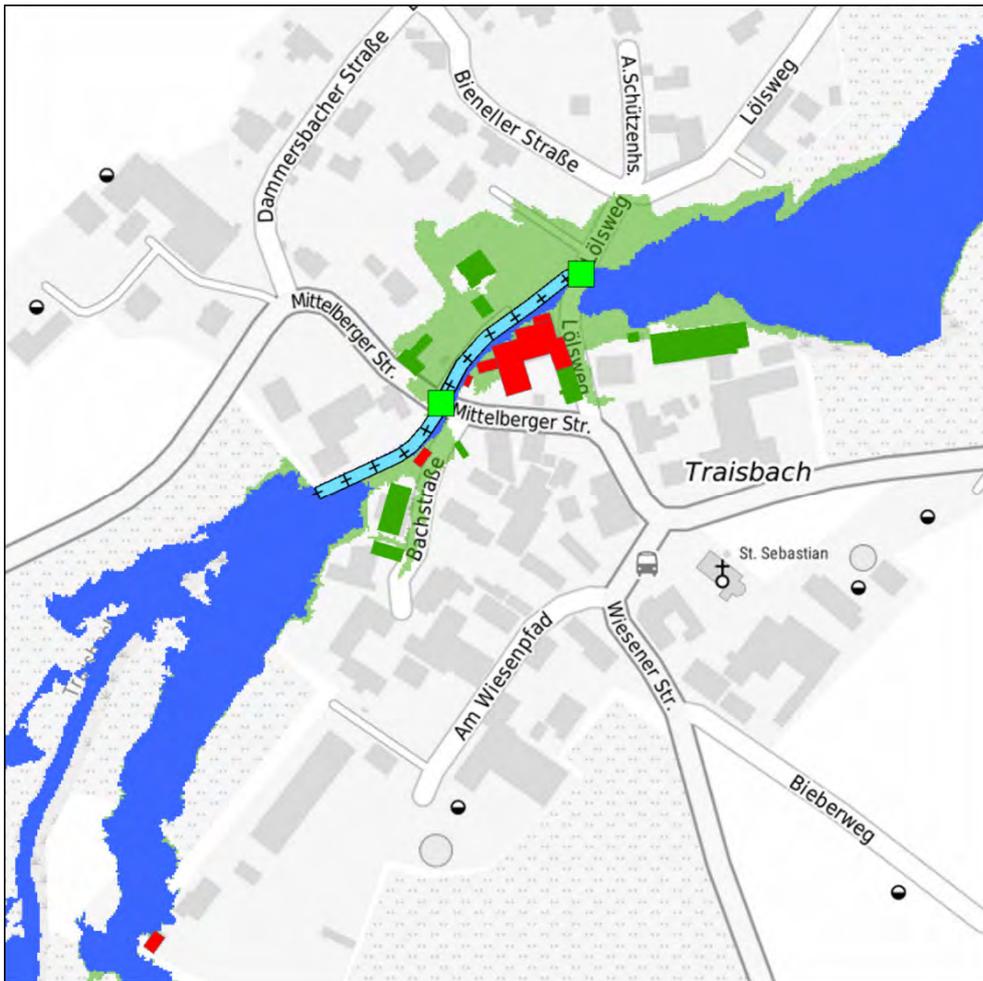
In der Grundvariante 1 wird stromoberhalb der Ortslage Traisbach ein Hochwasserrückhalte-ecken vorgesehen. Dieses wird stromunterhalb der Mündung des Grabens von Allmus in den Traisbach angeordnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch das HRB der Rückstau an der Brücke Mittelberger Straße deutlich verringert werden kann. Im Bereich des Lölsweg kommt es trotzdem zu Überflutungen, welche die Bebauung gefährden.

**Tabelle 11-35: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 1 in Traisbach**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Hochwasserrückhaltebecken	913,9 T EUR	0,08

### 11.16.3 Grundvariante 2



**Abbildung 11-58: Überflutungsfläche HQ100 für Grundvariante 2 in Traisbach**  
Gerinneausbau

Es wird vorgesehen den Traisbach zwischen der Brücke Lölsweg bis stromunterhalb der Brücke Mittelbeger Straße im Kastenprofil (8,0 m x 1,8 m) auszubauen.

#### Brückenaufweitungen

Für die Brücken Lölsweg (8,0 m x 1,9 m) und Mittelberger Straße (8,0 m x 2,1 m) werden Brückenaufweitungen vorgesehen. Um einen Freibord von 0,5 m zu gewährleisten, ist es erforderlich die Brückenunterkanten an Lölsweg (0,15 m) und Mittelbeger Straße (0,36 m) zu erhöhen.

**Tabelle 11-36: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Traisbach**

Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Gerinneausbau	1.206,7 T EUR	<b>0,09</b>
Brückenaufweitungen	548,4 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	-	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>1,8 Mio. EUR</b>	

### 11.16.4 Vorzugsvariante



**Abbildung 11-59: Überflutungsfläche HQ100 für die Vorzugsvariante in Traisbach**

Die Vorzugsvariante basiert auf der Grundvariante 2 und ergänzt diese um einen Gerinneausbau im Trapezprofil, stromunterhalb der Brücke Mittelberger Straße. Dadurch kann die Wasserspie-

gellage innerhalb der Ortslage weiter abgesenkt werden, sodass die restlichen Maßnahmen klein dimensioniert werden können.

Gerinneausbau

Es wird vorgesehen den Traisbach zwischen der Brücke Lölsweg bis stromunterhalb der Brücke Mittelbeger Straße im Kastenprofil (8,0 m x 1,5 m) auszubauen.

Im Anschluss an diese Strecke wird ein Gerinneausbau im Trapezprofil (11,4 m x 1,4 m) vorgesehen.

Brückenaufweitungen

Für die Brücken Lölsweg (8,0 m x 1,9 m) und Mittelberger Straße (8,0 m x 1,9 m) werden Brückenaufweitungen vorgesehen. Um einen Freibord von 0,5 m zu gewährleisten, ist es erforderlich die Brückenunterkanten an Lölsweg (0,15 m) und Mittelbeger Straße (0,08 m) zu erhöhen.

**Tabelle 11-37: Nutzen-Kosten-Verhältnis Grundvariante 2 in Traisbach**

<b>Maßnahmen</b>	<b>Herstellungskosten</b>	<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b>
Gerinneausbau	1263,8 T EUR	<b>0,09</b>
Brückenaufweitungen	548,4 T EUR	
Vergrößerung von Verrohrungen	-	
Linienschutz	-	
Sonstige Maßnahmen	-	
<b>Summe</b>	<b>1,8 Mio. EUR</b>	

## **12 Zusammenfassung und Ausblick**

In der vorliegenden Hochwasserstudie konnten die Hochwassergefahren in den Gemeinden Petersberg, Künzell, Dipperz und Hofbieber entlang der untersuchten Gewässer im Einzugsgebiet der Haune detailliert aufgezeigt werden. Mit dem aufgebauten Niederschlag-Abfluss-Modell und den hydraulischen Modellen wurden wichtige Grundlagen ermittelt, welche auch in Zukunft für Untersuchungen herangezogen werden können.

Es wird aufgezeigt, dass vielerorts bereits bei HQ10 intensive Gefährdungen durch Hochwasser auftreten können. In Einzelfällen sind bereits bei HQ2 Gefährdungen zu befürchten.

Um einen möglichen HQ100-Schutz für die bebauten Ortslagen zu untersuchen, wurden im Rahmen der Maßnahmenentwicklung drei Grundvarianten betrachtet.

So wurde aufgezeigt, dass der Hochwasserschutz für HQ100 durch ökologische Maßnahmen (Grundvariante 3) innerhalb der vorhandenen und aktiven Auen von Haune, Wanne und Bieber nicht relevant verbessert werden kann. Die Ergebnisse der Grundvariante 1 zeigen, dass mittels Hochwasserrückhaltebecken der Abfluss HQ100 zwar deutlich reduziert werden kann, jedoch kein vollständiger HQ100-Schutz für die Ortslagen erreicht wird. Lokale Maßnahmen innerhalb der Ortslagen sind daher unumgänglich (Grundvariante 2).

Unter den Gesichtspunkten der Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen wurden für die einzelnen Ortslagen Vorzugsvarianten entwickelt. Dabei wird ersichtlich, dass ein Hochwasserschutz für HQ100 nur mit sehr hohem technischen und finanziellen Aufwand ermöglicht werden kann. Insbesondere die beengten Platzverhältnisse entlang der Gewässer innerhalb der Ortslagen erfordern technisch sehr aufwändige Maßnahmen im Bereich Gerinneausbau und Brückenaufweitung. Insbesondere Brückenaufweitungen müssen dabei kritisch gesehen werden, da diese meist nicht in der erforderlichen Breite möglich sind und somit die Erhöhung von Brücken erforderlich wird. Dies hat teilweise gravierende Auswirkungen auf die Straßenhöhen. Deshalb wird empfohlen gesonderte Variantenuntersuchungen zum vorgesehenen Brückenumbau auch unter Einbeziehung der Straßenbaulastträger durchzuführen.

Mit der vorliegenden Studie wurden alle Grundlagen ermittelt, um Fördermittel entsprechend der Fördermittelrichtlinie des Landes Hessen [9] zu beantragen. Dabei bildet das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) eine wichtige Größe, welche Einfluss auf den erreichbaren Fördersatz und die generelle Förderfähigkeit hat. So sind Maßnahmen mit einem NKV  $< 0,5$  nicht förderfähig.

hig. Für Maßnahmen mit einem NKV zwischen  $>0,5$  und  $<1$  erfolgt eine Prüfung, wobei ggf. Abschläge auf den maximal möglichen Fördersatz zum Tragen kommen. Eine uneingeschränkte Förderfähigkeit wird erst mit einem NKV  $>1$  möglich. Da das NKV für mehrere Ortslagen deutlich unter  $0,5$  liegt, sind nicht alle Maßnahmen der Vorzugsvariante förderfähig.

In Hinblick auf das teils sehr ungünstige Nutzen-Kosten-Verhältnis und den erwartungsgemäß hohen Zeitbedarf für mögliche Umsetzungen von Maßnahmen, rückt der eigenverantwortliche Objektschutz stärker in den Vordergrund und sollte bei der weiteren Abwägung unbedingt berücksichtigt werden.

Marcus Pistorius

.....  
Marcus Pistorius

Projektbearbeiter

### **13 Literaturverzeichnis**

- [1] Ingenieurbüro Falkenhahn & Partner mbB, „Hochwasserstudie Gemeinde Petersberg - Gefährdungsanalysen und Maßnahmensteckbriefe zur Reduzierung der Hochwasserrisiken,“ Fulda, 05.06.2019.
- [2] Ingenieurbüro Falkenhahn & Partner mbB, „Hochwasserstudie Gemeinde Künzell - Gefährdungsanalysen und Maßnahmensteckbriefe zur Reduzierung der Hochwasserrisiken,“ Fulda, 06.05.2019.
- [3] Ingenieurbüro Falkenhahn & Partner mbB, „Hochwasserstudie Gemeinde Dipperz - Gefährdungsanalysen und Maßnahmensteckbriefe zur Reduzierung der Hochwasserrisiken,“ Fulda, 24.07.2019.
- [4] Ingenieurbüro Falkenhahn & Partner mbB, „Hochwasserstudie Gemeinde Hofbieber - Gefährdungsanalysen und Maßnahmensteckbriefe zur Reduzierung der Hochwasserrisiken,“ Fulda, 24.07.2019.
- [5] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., DWA-M 119, Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge, 2016.
- [6] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, 1994.
- [7] G. Bollrich, Technische Hydromechanik 1, 1996.
- [8] A. Albert, Bautabellen für Ingenieure, 2016.
- [9] Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Gewässerentwicklung und zum Hochwasserschutz,“ Wiesbaden, 2022.
- [10] „Hochwasserportal Hessen,“ [Online]. Available: <https://www.hochwasser-hessen.de/hochwasserportal-hessen/technischer-hochwasserschutz/objektschutz.html>.

- [11] Bundesinstitut für Bau, Stadt- und Raumforschung, Leitfaden Starkregen - Objektschutz und bauliche Vorsorge, 2018.
- [12] IKSR, „Rheinatlas,“ 2001.
- [13] G. Bollrich, Technische Hydromechanik 1, 1996.
- [14] A. Goris, Bautabellen für Ingenieure, 22. Auflage, 2016.