

**„Hochwasserrisikomanagementplan (HWRMP)
für die Pulsnitz im Abschnitt 2. Ordnung,
die Haselbach und die Weißbach
auf dem Gebiet der Städte Pulsnitz und
Großröhrsdorf sowie der Gemeinden Haselbachtal, Ohorn
und Steina“**

Süptitzer Weg 28A
04860 Torgau

Geschäftsführer:
Dr. Uta Alisch (Vorsitz)
Dr. Rolf Balthes
Dr. Dirk Brinschwitz

Tel.: 03421 741300
Fax: 03421 741400
fugro@fugro.de
www.fugro.de

AG Berlin-Charlottenburg
HRB 134082 B
Ust.-IdNr.: DE 150 375 679

Deutsche Bank AG
Konto-Nr. 960 300 2
BLZ 100 700 00

IBAN: DE83 1007 0000 0960 3002 00
SWIFT/BIC: DEUTDE33XXX

Auftraggeber: Gemeindeverwaltung Haselbachtal
Bauamt
Schulstraße 7a
D-01920 Haselbachtal

Auftragnehmer: Fugro Consult GmbH
Süptitzer Weg 28A
04860 Torgau

Bearbeiter: M. Moder; J. Horvat, M. Pistorius

KT-Nr.: 320-13-053

Fugro Consult GmbH

Bestätigt:
M. Meinert
Abteilungsleiter Wasser

Datum: Torgau, 02.08.2016

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	12
1.1	Veranlassung und Zielsetzung	12
1.2	Beschreibung des Bearbeitungsgebietes	12
1.2.1	Beschreibung des Gewässereinzugsgebietes und seiner Teilgebiete in seinen Gebietseigenschaften	12
1.2.2	Besonderheiten im Einzugsgebiet	14
1.2.3	Schutzgebiete	14
1.2.4	Wasserwirtschaftliche Anlagen	15
1.2.5	Wichtige Industrie- und Altlastenstandorte	15
1.3	Verfügbare Unterlagen	15
1.4	Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos	16
1.4.1	Beschreibung vergangener Hochwasser	16
1.4.2	Detaillierte Analyse vergangener Hochwasser (der jüngeren Vergangenheit)	19
1.4.3	Einschätzung potenziell nachteiliger Folgen zukünftiger HW-Ereignisse	24
1.4.4	Ausweisung von Gebieten mit potenziell signifikantem HW-Risiko	24
1.5	Begründung der Notwendigkeit von Gefahren- und Risikokarten sowie eines HWRMP	25
2	Geodätische Grundlagen	26
2.1	Vermessung Flussschlauch	26
2.1.1	Beschaffung und Aufbereitung vorhandener Daten	26
2.1.2	Erfassung neuer Daten	27
2.2	Digitales Geländemodell	27
2.3	Zusammenführung der Daten	27
3	Gebietshydrologie	29
3.1	Analyse des Ist-Zustandes	29
3.1.1	Dokumentation und Erläuterung vorhandener hydrologischer Grundlagen und Daten	29
3.1.2	Wesentliche Entnahmen und Einleitungen und ihre Bewertung hinsichtlich der Hochwasserrelevanz	31
3.1.3	Empfehlungen zur Untersetzung der Hydrologischen Grundlagen	31
3.2	Niederschlag-Abfluss-Modellierung	32
3.2.1	Beschreibung des verwendeten Modells	32
3.2.2	Aufstellung des Modells	33
3.2.3	Berechnung des Ist-Zustandes	34
3.2.4	Kalibrierung auf der Grundlage der hydraulischen Berechnungen	36
3.2.5	Berechnung des Planzustandes (als Rückkopplung zu Kapitel 7)	36

4	Hydraulische Berechnungen und Dokumentation der Ergebnisse.....	43
4.1	Gewählte Grundlagen.....	43
4.1.1	Beschreibung des verwendeten Programms.....	43
4.1.2	Gewählte Bemessungsabflüsse.....	43
4.1.3	Modellaufbau und Parametrisierung.....	44
4.1.4	Kalibrierung / Plausibilisierung / Sensitivitätsanalyse.....	46
4.2	Berechnungen.....	47
4.2.1	Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Gewässer (bordvoller Abfluss) und der Bauwerke.....	47
4.2.2	Ermittlung von Wassertiefe / Wasserstand / Fließgeschwindigkeit im Ist-Zustand.....	53
4.2.3	Auswahl der relevanten Jährlichkeiten entsprechend den Gebietsbedingungen.....	55
4.2.4	Ermittlung der Wassertiefe / Wasserstand / Fließgeschwindigkeit im Plan-Zustand für die drei Jährlichkeiten.....	55
4.3	Erarbeitung von Überschwemmungsgebietskarten für den Ist- und Planzustand für die drei gewählten Jährlichkeiten.....	56
5	Ableitung von HW-Gefahrenkarten und HW-Risikokarten.....	57
5.1	HW-Gefahrenkarten für die drei gewählten Intensitätsstufen.....	58
5.2	HW-Risikokarten für die drei gewählten Intensitätsstufen.....	61
6	Ermittlung des Schutzgrades sowie des Gefährdungs- und Schadenspotenzials.....	65
6.1	Ermittlung des bestehenden Schutzgrades.....	65
6.2	Ermittlung des Schadenspotenzials.....	65
6.2.1	Abschätzung gemäß Methodik LfULG (2005).....	65
6.2.2	Ermittlung realer Schadensbilanzen.....	69
6.3	Bewertung der Ergebnisse, Vergleich theoretische und reale Schadensbilanzen.....	72
6.4	Gefahrenanalyse / Besondere Gefahrenpunkte bei einem Schutzziel für Ortslagen von HQ_{100}	74
7	HW-Risikomanagement.....	86
7.1	Definition von Schutzzielen.....	86
7.2	Maßnahmen im Einzugsgebiet.....	86
7.2.1	Maßnahmen zum Rückhalt in der Fläche und zu Flächenumnutzungen.....	86
7.2.2	Maßnahmen im/am Gewässer.....	87
7.2.3	Technische Hochwasserschutzmaßnahmen.....	89
7.3	Abschätzung und Beurteilung des verbleibenden Schutzzieldefizits.....	93
7.4	Maßnahmen zur Risikovorsorge.....	94
7.5	Hochwasserfrühwarnung und –benachrichtigung nach der HWNAV.....	94
7.6	Operative Gefahrenabwehr auf Grundlage von Hochwasseralarm- und Einsatzplänen.....	95
7.7	Zusammenfassende Maßnahmenbewertung.....	95

7.7.1	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	95
7.7.1.1	Abschätzung des Projektnutzenbarwertes	95
7.7.1.2	Abschätzung des Projektkostenbarwertes	97
7.7.1.3	Ausweisung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses	100
7.7.1.4	Erweiterte Nutzen-Kosten-Analyse (intangibler Nutzen)	100
7.7.2	Variantenvergleich	101
7.7.3	Maßnahmenplan (Vorzugsvariante) mit Priorisierung und Aussagen zur Zuständigkeit	101
8	Literaturverzeichnis.....	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Landnutzung innerhalb des Bearbeitungsgebietes (Teileinzugsgebiet unterhalb der Mündung der Haselbach in die Pulsnitz nicht mehr Bestandteil des Bearbeitungsgebietes) [4]	13
Abbildung 1-2: Hochwasser vom 20.07.1967 bei Dorfstraße in Gersdorf (Haselbach), Foto 1 [13]	17
Abbildung 1-3: Hochwasser vom 20.07.1967, Dorfstraße in Gersdorf (Haselbach), Foto 2 [13]	17
Abbildung 1-4: Hochwasserganglinien am Pegel Königsbrück für die Hochwasserereignisse: Juli 1967, August 2002, Januar 2003 [8].....	18
Abbildung 1-5: Abschätzung des Wiederkehrintervalls der Hochwässer 2010 u. 2013 am Pegel Reichenau 1 (dunkel-blau: Jahres HQ; blau: Zusammengesetzte Verteilung der Sommer- und Winter-HQ (Tabelle 3-3); rot-gestrichen: HQ 2013; rot-durchgezogen: HQ 2010).....	20
Abbildung 1-6: Überschwemmungsgebiet (rot schraffiert) in Gersdorf im Bereich des Wehrs am Mühlgraben im Jahr 2013	21
Abbildung 1-7: Hufenbergweg (in Richtung Hufenbergweg-Brücke) in Gersdorf (2013).....	21
Abbildung 1-8: Hufenbergweg-Brücke in Richtung 90°-Knick unterhalb des Wehres in Gersdorf (2013).....	22
Abbildung 1-9: Straßendurchlass des Mühlgrabens an der Obergersdorfer Straße in Gersdorf (2013)	22
Abbildung 1-10: Haselbachstraße 17 in Möhrsdorf (2012) [14]	23
Abbildung 1-11: Haselbachstraße 17 in Möhrsdorf (2012) [14]	23
Abbildung 3-1: Durchflussganglinie am Pegel Königsbrück	30
Abbildung 3-2: Aktualisierung Fließgewässernetzes des Niederschlag-Abfluss-Modells [4]	34
Abbildung 3-3: Lageübersicht der detailliert untersuchten Hochwasserrückhaltebecken [4]	37
Abbildung 3-4: Vergleich ungesteuerte (links) und gesteuerte (rechts) Drossel [17]	38
Abbildung 3-5: Gewässer- und Teileinzugsgebietsstruktur in der Nähe des untersuchten potentiellen Standortes Schweinerund.....	39
Abbildung 3-6: Durchflussganglinien für HQ_{100} an verschiedenen Berechnungsquerschnitten des Niederschlag-Abfluss-Modells (Zuordnung entsprechend Abbildung 3-5)	40
Abbildung 4-1: Schematische Darstellung des abflusswirksamen Querschnittes bei Bordvoll-Berechnung .	48
Abbildung 6-1: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Ohorn	74
Abbildung 6-2: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Pulsnitz	75
Abbildung 6-3: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Friedersdorf	76
Abbildung 6-4: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Oberlichtenau	77
Abbildung 6-5: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Möhrsdorf	78

Abbildung 6-6: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ ₁₀₀ am Brennpunkt Gersdorf-Mühlgraben	79
Abbildung 6-7: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ ₁₀₀ am Brennpunkt Gersdorf Mündung Reutelgraben bis Eisenbahndamm.....	80
Abbildung 6-8: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ ₁₀₀ am Brennpunkt Bischheim oberhalb des Parks.....	81
Abbildung 6-9: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ ₁₀₀ am Brennpunkt Bischheim ab dem Park bis Mündung der Weißbach	82
Abbildung 6-10: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ ₁₀₀ am Brennpunkt Niedersteina im Bereich der Verrohrung der Weißbach	83
Abbildung 6-11: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ ₁₀₀ am Brennpunkt Niedersteina oberhalb des Bahndamms.....	84
Abbildung 6-12: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ ₁₀₀ am Brennpunkt Weißbach unterhalb des Bahndamms.....	85
Abbildung 7-1: Lage HRB Thiemendorf	90
Abbildung 7-2: Lage HRB Siegesbach	90
Abbildung 7-3: Lage HRB Pulsnitz.....	91
Abbildung 7-4: Lage HRB Bischheim 2.....	91
Abbildung 7-5: Lage HRB Klinge	92
Abbildung 7-6: Lage HRB Gersdorf	92

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Liste der FFH-Gebiete und Wasserschutzgebiete innerhalb des Bearbeitungsgebietes.....	14
Tabelle 1-2:	Charakteristische Merkmale der Hochwasserereignisse Juli 1967, August 2002, Januar 2003 am Pegel Königsbrück [8].....	19
Tabelle 3-1:	STRASA-Niederschläge [mm] für verschiedene Jährlichkeiten T und Dauerstufen D.....	29
Tabelle 3-2:	Pegelstatistik für Königsbrück (2010 Betrieb eingestellt)	30
Tabelle 3-3:	Pegelstatistik für Reichenau 1 (2010 in Betrieb genommen)	31
Tabelle 3-4:	Hydrologischer Längsschnitt des Ist-Zustandes	35
Tabelle 3-5:	Randbedingungen der potentiellen Retentionsstandorte	36
Tabelle 3-6:	Ergebnisse der Drosseloptimierung für die untersuchten Hochwasserrückhaltebecken bei HQ_{100} als Schutzziel.....	38
Tabelle 3-7:	Hydrologischer Längsschnitt des Planzustandes	41
Tabelle 3-8:	Vergleich der $HQ(T)$ zwischen Ist- und Planzustand.....	42
Tabelle 4-1:	Mittlere hydraulische Rauheitsbeiwerte für die Abflussbereiche des Vorlands und Gerinnes	45
Tabelle 4-2:	Einteilung der Untersuchungsabschnitte in Berechnungsabschnitte	46
Tabelle 4-3:	Kurzcharakteristik der Gewässer Pulsnitz, Haselbach und Weißbach.....	49
Tabelle 5-1:	Durch das Bauamt der Gemeindeverwaltung Haselbachtal ermittelte Sedimentationsbereiche im Untersuchungsgebiet	60
Tabelle 5-2:	Durch das Bauamt der Gemeindeverwaltung Haselbachtal ermittelte Erosionsbereiche im Untersuchungsgebiet.....	61
Tabelle 5-3:	Zuordnung der ATKIS-Objektarten zu den gefährdeten Objekten und Katastrophenschutz	62
Tabelle 5-4:	Zuordnung der OGC-Objektarten zu den Karteninhalten	62
Tabelle 5-5:	Zuordnung der ATKIS-Objektarten zu den geforderten Flächennutzungsklassen.....	63
Tabelle 6-1:	Zuordnung der ATKIS-Objektarten zu den Landnutzungsklassen	67
Tabelle 6-2:	Spezifischer Vermögenswert (aufgezinst und in Klammern original [23]) und Schädigungsgrad entsprechend Nutzungsklassen (x = spezifischer Abfluss) [23]	67
Tabelle 6-3:	Aufschlüsselung des Schadenspotentials verschiedener Wiederkehrintervalle für das gesamte Untersuchungsgebiet im Istzustand.....	68
Tabelle 6-4:	Kumuliertes Schadenspotential bis zu einem 100-jährigen Ereignis für das Bearbeitungsgebiet im Istzustand.....	69

Tabelle 6-5:	Schadenserfassung von Kommunalen Infrastruktur nach dem Hochwasser 2013 in den Gemeinden Haselbachtal und Steina	70
Tabelle 6-6:	Schadenserfassung von Kommunalen Infrastruktur nach dem Septemberhochwasser 2010 in der Gemeinde Haselbachtal	71
Tabelle 6-7:	Vergleich der Schadensmeldungen (unmittelbare Nähe zum Gewässer) und des theoretischen Schadenspotential (Gesamtfläche bzw. nur Flussschlauch) für die Hochwasserereignisse 2010 und 2013 in den Gemeinden Haselbachtal und Steina.....	73
Tabelle 7-1:	Übersicht Querschnittsaufweitungen am Gerinne	87
Tabelle 7-2:	Übersicht Querschnittsaufweitungen an Querbauwerken und Verrohrungen	88
Tabelle 7-3:	Übersicht Grabenneubau.....	89
Tabelle 7-4:	Übersicht linearer Hochwasserschutz	93
Tabelle 7-5:	Übersicht Objektschutz.....	93
Tabelle 7-6:	Aufschlüsselung des Schadenspotentials verschiedener Wiederkehrintervalle für das gesamte Untersuchungsgebiet im Planzustand	96
Tabelle 7-7:	Kumuliertes Schadenspotential bis zu einem 100-jährigen Ereignis für das Bearbeitungsgebiet im Planzustand	97
Tabelle 7-8:	Verwendete finanzmathematische Umrechnungsfaktoren [25]	98
Tabelle 7-9:	Einheitskostentabelle (Netto).....	99
Tabelle 7-10:	Einteilung der Prioritätsklassen	102

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Topographische Übersichtskarte des Einzugsgebietes	M: 1:25.000
Anlage 2	Flächennutzung und Schutzgebiete	M: 1:25.000
Anlage 3	Leistungsfähigkeit der Gewässer und Bauwerke	M: 1:5.000
Anlage 4	Hochwassergefahrenkarten für ausgewählte HQ(T)	M: 1:5.000
Anlage 5	Hochwasserrisikokarten für ausgewählte HQ(T)	M: 1:5.000
Anlage 6	Maßnahmenblätter	
Anlage 7	Maßnahmentabelle einschl. Kostenzusammenstellung	
Anlage 8	Maßnahmenkarten für ausgewählte HQ(T)	M: 1:5.000
Anlage 9	Gewässerlängsschnitte Ist- und Planzustand	
Anlage 10	Übersicht der Leistungsfähigkeit der Bauwerke	

Anhangverzeichnis

Anhang 1	Geodätische Grundlagen (nur digital)
Anhang 2	Dokumentation des Niederschlag-Abfluss-Modells (nur digital)
Anhang 3	Dokumentation der hydraulischen Berechnungen (nur digital)
Anhang 4	Steckbriefe potentieller Retentionsstandorte

Abkürzungsverzeichnis

AG	<i>Auftraggeber</i>
ATKIS	<i>Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem</i>
DFAKE	<i>Diskontierungsfaktor für einmalige Kosten</i>
DFAKR	<i>Diskontierungsfaktor für gleichförmige Kostenreihen</i>
DGM	<i>Digitales Geländemodell</i>
DHHN	<i>Deutsches Haupthöhennetz</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
DLM	<i>Digitales Landschaftsmodell</i>
DVWK	<i>Siehe DWA</i>
DWA	<i>Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall</i>
DWD	<i>Deutscher Wetterdienst</i>
EU	<i>Europäische Union</i>
FFH	<i>Fauna-Flora-Habitat</i>
GIS	<i>Geoinformationssystem</i>
HQ	<i>Hochwasserscheiteldurchfluss</i>
HRB	<i>Hochwasserrückhaltebecken</i>
HW	<i>Hochwasser</i>
HWNAV	<i>Hochwassernachrichten- und Alarmdienstverordnung</i>
HWRMP	<i>Hochwasserrisikomanagementplan</i>
HWRM-RL	<i>Hochwasserrisikomanagementrichtlinie</i>
IED	<i>Industrial Emissions Directive (Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen)</i>
IVU	<i>Siehe IED</i>
KFAKR	<i>Kapitalwiedergewinnungsfaktor</i>
KOSTRA	<i>Koordinierte Starkregenanalyse des DWD</i>
LAWA	<i>Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser</i>
LDS	<i>Landesdirektion Sachsen</i>
LfULG	<i>Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie</i>
LRA	<i>Landratsamt</i>
LU	<i>Linkes Ufer</i>
NHN	<i>Höhenangabe im Höhensystem DHHN92</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium, Organisation zur Aufbereitung von Geodaten u.ä.</i>
OT	<i>Ortsteil</i>
OW	<i>Oberwasser</i>
PA	<i>Profilanafang</i>
PAEK	<i>Polynomial Approximation with Exponential Kernel (Faktor zur Glättung von Polygonen)</i>
PE	<i>Profilende</i>

RU	<i>Rechtes Ufer</i>
SächsWG	<i>Sächsisches Wassergesetz</i>
SPA	<i>Special Protection Areas (Vogelschutzrichtlinie)</i>
STRASA	<i>Starkregenanalyse für Sachsen</i>
TEG	<i>Teileinzugsgebiet</i>
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>
UW	<i>Unterwasser</i>
WHG	<i>Wasserhaushaltsgesetz</i>
WRRL	<i>Wasserrahmenrichtlinie</i>
WW	<i>Wasserwerk</i>

1 Einführung

1.1 Veranlassung und Zielsetzung

Gemäß den Anforderungen des Sächsischen Wassergesetzes (SächsWG) § 71 [1] sowie des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) §73 [2] wurde für die Oberflächenwasserkörper Pulsnitz, Haselbach und Weißbach das Hochwasserrisiko vorläufig bewertet und festgestellt, dass ein potentiell signifikantes Hochwasserrisiko für die betrachteten Abschnitte der Pulsnitz, der Haselbach und der Weißbach besteht. Daher ist gemäß § 74 WHG bzw. § 71 SächsWG die Erstellung von Hochwassergefahren- und –risikokarten erforderlich. Darauf aufbauend, ist ein Hochwasserrisikomanagementplan gemäß § 75 WHG i. V. m. § 99b Abs. 4 SächsWG zu erstellen.

Der Hochwasserrisikomanagementplan umfasst flussgebietsbezogen die Beschreibung der Hochwassergefahren, die Beurteilung des Hochwasserrisikos und darauf aufbauend die Erarbeitung und Abstimmung von Maßnahmen. Ziel ist die Verringerung möglicher nachteiliger Hochwasserfolgen für die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeit sowie Infrastruktur. Die Grundlage hierfür bildet die Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten. Die Hochwassergefahrenkarten geben Aufschluss über die Hochwassergefahr (überschwemmtes Gebiet und Wasserstand) für ein häufiges, mittelhäufiges und seltenes Szenario. Die Hochwasserrisikokarten wurden auf Basis der Hochwassergefahrenkarten erstellt und beinhalten die nutzungsspezifische Empfindlichkeit durch Ermittlung hochwasserbedingter nachteiliger Auswirkungen der potentiell überschwemmten Gebiete.

Auf Basis der Vorgaben der EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) hat die LAWA einheitliche „Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten“ [3] beschlossen, welche eine der Grundlagen und Bestandteil dieser Aufgabenstellung sind.

Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten und die Hochwasserrisikomanagementpläne müssen nach Artikel 14 HWRM-RL alle sechs Jahre überprüft und aktualisiert werden. Für das Bearbeitungsgebiet wird der Hochwasserrisikomanagementplan zum ersten Mal erarbeitet.

1.2 Beschreibung des Bearbeitungsgebietes

1.2.1 Beschreibung des Gewässereinzugsgebietes und seiner Teilgebiete in seinen Gebietseigenschaften

Das Bearbeitungsgebiet liegt im Landkreis Bautzen, südwestlich der Stadt Kamenz. Es umfasst Gebiete der Gemeinden Haselbachtal, Steina, Ohorn und der Städte Pulsnitz und Großröhrsdorf. Das Bearbeitungsgebiet wird durch das oberirdische Einzugsgebiet der Pulsnitz für den Bereich 2. Ordnung nach Anlage 3 SächsWG bis unterhalb (also einschließlich) der Haselbach abgegrenzt. Neben dem Einzugsgebiet der Pulsnitz (2. Ordnung), bis zur Mündung der Haselbach, sind daher auch die Einzugsgebiete der Haselbach und der Weißbach Bestandteil dieses Hochwasserrisikomanagementplans. Die Fläche des Bearbeitungsgebietes beläuft sich somit auf ca. 82,1 km² (35 km² Pulsnitz, 37,05 km² Haselbach, 10,05 km² Weißbach).

Das Bearbeitungsgebiet ist vorwiegend landwirtschaftlich geprägt (Acker und Wald vorherrschend, siehe Abbildung 1-1). Siedlungsflächen finden sich vor allem in den Tallagen entlang der Pulsnitz, Haselbach und Weißbach. Die höchste Siedlungsdichte wird in der Stadt Pulsnitz und der Gemeinde Ohorn erreicht. Die Geländehöhe reicht von 193,3 m NHN (Mündung Haselbach in Pulsnitz) bis 431,8 m NHN. Die betrachtete Gewässerstrecke beläuft sich auf ca. 41,69 km (18,74 km Pulsnitz, 16,71 km Haselbach, 6,24 km Weißbach). Das mittlere Fließgefälle der betrachteten Gewässerabschnitte beträgt 0,6 % für die Pulsnitz, 0,4 % für die Haselbach und 1,8 % für die Weißbach. Die Hänge des Bearbeitungsgebiets sind jedoch mitunter sehr steil. Vor allem das Einzugsgebiet der Weißbach weist sehr hohe Geländegefälle auf.

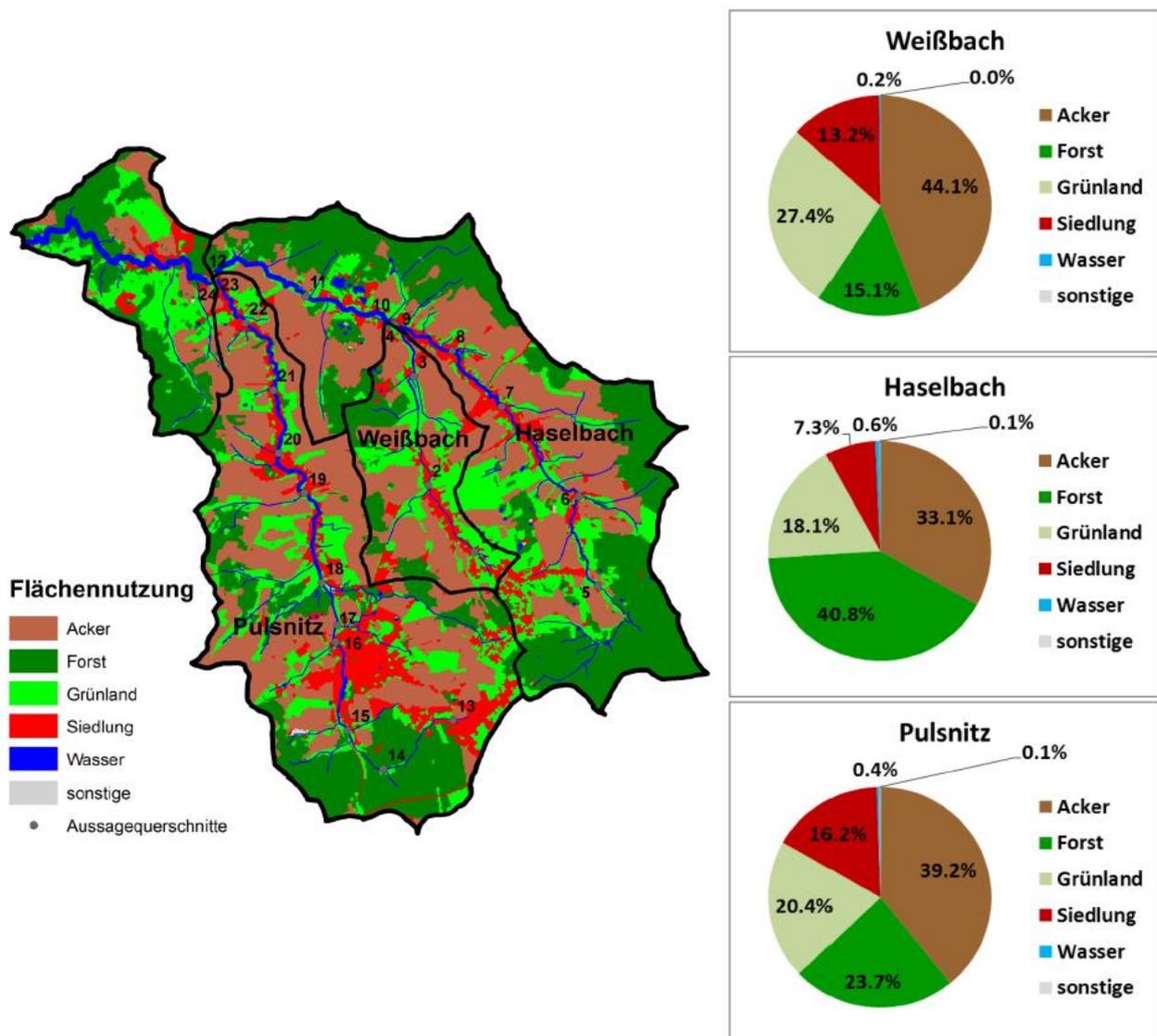


Abbildung 1-1: Landnutzung innerhalb des Bearbeitungsgebietes (Teileinzugsgebiet unterhalb der Mündung der Haselbach in die Pulsnitz nicht mehr Bestandteil des Bearbeitungsgebietes) [4]

1.2.2 Besonderheiten im Einzugsgebiet

Auf Grund der hohen Hangneigungen und des hohen Flächenanteils von Äckern, reagiert das Bearbeitungsgebiet sehr schnell auf Regenereignisse. Die Vorwarnzeiten für Hochwässer sind daher sehr kurz und schon lokal begrenzte Starkregenereignisse können zu schweren Überschwemmungen führen. Dies wird an dem historischen Hochwasser vom Juli 1967 verdeutlicht (Kapitel 1.4.1).

1.2.3 Schutzgebiete

Im Bearbeitungsgebiet befinden sich Trinkwasserschutzgebiete (WSG) für Grundwasserentnahmen. Die Schutzgebiete umfassen mehrere Trinkwasserschutzzonen (I, II, III, bzw. IIIa und IIIb), welche in dieser Bearbeitung jedoch für die einzelnen Schutzgebiete zusammengefasst wurden.

Mit dem von der EU angestrebten Schutzgebietssystem „Natura 2000“ soll ein zusammenhängendes, ökologisches Netz von natürlichen und naturnahen Lebensräumen für gefährdete Tiere und Pflanzen geschaffen werden. Die Natura 2000 Gebiete müssen den Fortbestand oder die Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes bestimmter natürlicher Lebensraumtypen und Habitate der Arten in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet gewährleisten. Das Gebietsnetz gliedert sich in FFH- (nach FFH-Richtlinie) und SPA-Gebiete (nach Vogelschutzrichtlinie). Innerhalb des Bearbeitungsgebietes befinden sich mehrere FFH-, jedoch keine SPA-Gebiete.

Tabelle 1-1 führt Wasserschutz- und Natura 2000 Gebiete auf, welche innerhalb des Bearbeitungsgebietes liegen. Verschiedene dieser Schutzgebiete liegen jedoch nur anteilig innerhalb der Bearbeitungsgrenzen.

Tabelle 1-1: Liste der FFH-Gebiete und Wasserschutzgebiete innerhalb des Bearbeitungsgebietes

Name	Typ	Fläche [ha]	Betroffenheit im Hochwasserfall
Pulsnitzabschnitt westlich der Haselbachmündung	FFH	5,0	Ja
Haselbach zwischen Reichenbach und Häslich	FFH	33,7	Ja
Haselbach	FFH	75,1	Ja
Steinberg	FFH	146,1	Nein
Pulsnitz, Vollung	WSG	4,9	Ja
Großröhrsdorf, WW Wald	WSG	56,5	Nein
Reichenbach-Reichenau	WSG	53,4	Ja
Gersdorf	WSG	123,3	Ja
Bischheim	WSG	57,5	Nein
Steina-Schweinegrund	WSG	80,8	Ja

1.2.4 Wasserwirtschaftliche Anlagen

In dem Bearbeitungsgebiet konnten verschiedene Wassergewinnungsanlagen (Brunnen) identifiziert werden. Diese sind in den Hochwasserrisikokarten dargestellt und können in Anlage 5 eingesehen werden. Kommunale Kläranlagen sind innerhalb des betrachteten Einzugsgebietes nicht vorhanden. Die nächstgelegene Kläranlage befindet sich in Reichenau, stromab der Mündung der Haselbach in die Pulsnitz. Größere, bewirtschaftete Speicher sind nicht vorhanden.

1.2.5 Wichtige Industrie- und Altlastenstandorte

Das Bearbeitungsgebiet weist keine wichtigen Industrie- und Altlastenstandorte oder IED-Anlagen auf und ist vorwiegend ländlich geprägt.

1.3 Verfügbare Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden durch den Auftraggeber folgende Unterlagen bereitgestellt:

Aufgabenstellung: Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten und eines Hochwasserrisikomanagementplanes [5]. Von der Landesdirektion Sachsen wurde die Aufgabenstellung (Stand Sep. 2012) zur Verfügung gestellt. Diese beinhaltet die Gliederung und den Inhalt, sowie fachliche Anforderungen an die Bearbeitung des Hochwasserrisikomanagementplans, inklusive der Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten.

Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten [3]. Die übergebene Aufgabenstellung orientiert sich dabei an den Empfehlungen der LAWA.

Ermittlung der Überschwemmungsgebiete an der Pulsnitz [6]. Diese Quelle fasst die Ergebnisse einer Untersuchung des Überschwemmungsgebiets der Pulsnitz von der Mündung der Haselbach bis oberhalb der Ortslage Pulsnitz aus dem Jahr 2007 zusammen. Das für die Untersuchung von 2007 aufgebaute hydraulische Modell wurde in der aktuellen Bearbeitung des Hochwassermanagementplans herangezogen und an die neuen hydrologischen Grundlagen angepasst.

Ermittlung der Überschwemmungsgebiete an der Haselbach [7]. Durch die Ingenieurgemeinschaft Thiel und Büttner GbR wurden 2003 für das Einzugsgebiet der Haselbach die Überschwemmungsgebiete bestimmt. Der Bericht und Kartenmaterial für ein HQ_{100} und HQ_{200} wurden übergeben und konnten in der aktuellen Bearbeitung des Hochwasserrisikomanagementplans zur Plausibilisierung der hydraulischen Ergebnisse herangezogen werden.

Hochwasserschutzkonzeption Pulsnitz (1. Ordnung nach SächsWG) von Einmündung Haselbach bis zur Landesgrenze mit Brandenburg [8]. Diese Untersuchung wurde durch die Firma PROKON Beratung und Bauplanung GmbH im Jahr 2004 durchgeführt. Diese Quelle diente unter anderem als Informationsgrundlage für die Beschreibung des Einzugsgebietes. Für die damalige Untersuchung wurde für das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster (einschließlich der Pulsnitz, der Haselbach und der Weißbach) ein Nieder-

schlag-Abfluss-Modell aufgebaut, welches die Grundlage für das überarbeitete Niederschlag-Abflussmodell dieser aktuellen Bearbeitung darstellt und auf der Simulationssoftware ArcEgmo basiert.

Geobasisdaten des Landes Sachsen. Über den Auftraggeber konnten die folgenden Materialien zur weiteren Bearbeitung bezogen werden:

- Digitale Topographische Karte (1:10.000) [9]
- Fließgewässer- und Einzugsgebiets-Shapes für GIS [10]
- Digitale Flächennutzungsinformationen (ATKIS) [9]
- Digitale Orthofotos
- Gemeindebezogene Einwohnerstatistik [11]
- Digitale Datenbestände für Schutzgebiete und IED-Anlagen [10]
- Digitales Geländemodell 2m [9]
- OGC Dienst „Bautzen Geoweb“ (Stand September 2014) [12]

Sonstige Daten. Weiterhin wurden durch den AG im Zuge der Bearbeitung verschiedene Informationen übermittelt, die hier im Einzelnen nicht aufgeführt werden, jedoch innerhalb der Dokumentation berücksichtigt wurden (u.a. Angaben zu Brunnenstandorten, kommunalen Pegeln, Informationen zu abgelaufenen Hochwasserereignissen, etc.). Zudem wurden durch das Ingenieurbüro Wolf und Partner Informationen zu bereits geplanten Maßnahmen für das Gebiet der Gemeinde Haselbachtal bereitgestellt. Für die Stadt Pulsnitz wurden von dem Ingenieurbüro Hauswald GmbH Kenndaten für den geplanten Retentionsraum Siegesbach übermittelt.

1.4 Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos

1.4.1 Beschreibung vergangener Hochwasser

Für die Pulsnitz wurden im Rahmen der Hochwasserschutzkonzeption Pulsnitz [8] Informationen zu den Hochwässern der Jahre 1967, 2002 und 2003 im Einzugsgebiet der Pulsnitz recherchiert.

In dieser Untersuchung konnte ein Trend von sommerkühlen hin zu sommerwarmen Großwetterlagen und winterkühlen zu wintermilden Großwetterlagen belegt werden, was die Entstehung von Hochwässern im Einzugsgebiet begünstigt.

Das Hochwasser am 20. Juli 1967 wird in [8] am Pegel Königsbrück als ein HQ_{25} eingeschätzt. Da es sich jedoch um einen räumlich stark begrenzten Starkregen im Quellgebiet der Pulsnitz, Haselbach und Weißbach handelte, kann davon ausgegangen werden, dass dieses Hochwasser in dem Bearbeitungsgebiet des aktuellen Hochwasserrisikomanagementplans zu einem deutlich selteneren Ereignis geführt hat. Bildmaterial, welches einer Ortsbeschreibung von Gersdorf-Möhrsdorf [13] entnommen wurde, unterstreicht diese Vermutung (Abbildung 1-2 und Abbildung 1-3). So trat die Haselbach in Gersdorf über die Ufer und führte zu

großflächigen Überschwemmungen. Die Anstiegszeit der Hochwasserwelle bis zum Scheitel betrug am Pegel Königsbrück nur sechs Stunden und zeigte, wie schnell das Einzugsgebiet auf Starkregenereignisse reagiert.



Abbildung 1-2: Hochwasser vom 20.07.1967 bei Dorfstraße in Gersdorf (Haselbach), Foto 1 [13]



Abbildung 1-3: Hochwasser vom 20.07.1967, Dorfstraße in Gersdorf (Haselbach), Foto 2 [13]

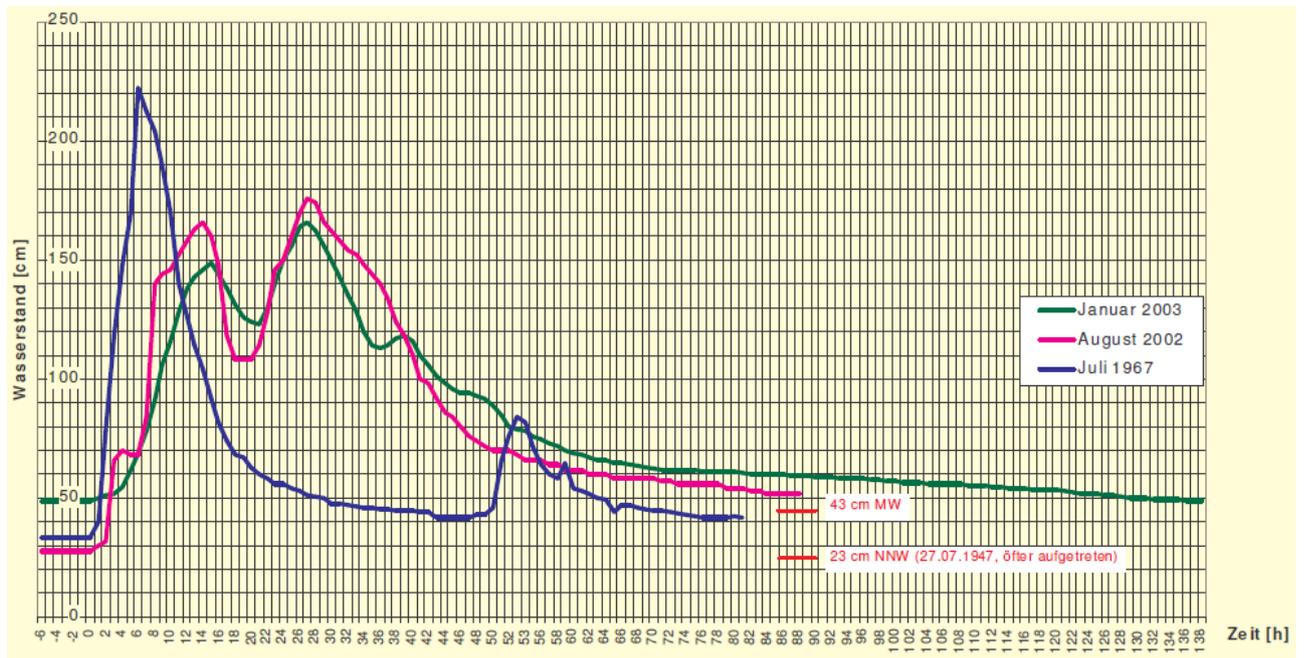


Abbildung 1-4: Hochwasserganglinien am Pegel Königsbrück für die Hochwasserereignisse: Juli 1967, August 2002, Januar 2003 [8]

Die Hochwasserereignisse von 2002 und 2003 ähneln sich in ihrer Ganglinie sehr stark (Abbildung 1-4), unterscheiden sich jedoch in ihren Ursachen deutlich. Tabelle 1-2 gibt eine Zusammenfassung der charakteristischen Merkmale dieser historischen Hochwasserereignisse.

Tabelle 1-2: Charakteristische Merkmale der Hochwasserereignisse Juli 1967, August 2002, Januar 2003 am Pegel Königsbrück [8]

Charakteristische Merkmale	Hochwasserereignisse		
	Juli 1967	August 2002	Januar 2003
Ursachen	Räumlich begrenzter Starkregen	Ergiebiger Landregen	Tauwetter und Regen
Anzahl der HW-Scheitel [Stück]	1	2	2
Anstieg vom Beginn der HW-Welle bis zum Scheitel [cm]	188	146	118
Zeitdauer vom Beginn der HW-Welle bis zum ersten Scheitel [h]	6	13,5	15
Zeitdauer vom Beginn der HW-Welle bis zum Spitzenwert [h]	6	26,5	27
maximaler Durchfluss [m ³ /s]	18,4	17	15,6
Hochwasserwiederkehrintervall ca.	HQ ₂₅	HQ ₂₀	HQ ₁₀

1.4.2 Detaillierte Analyse vergangener Hochwasser (der jüngeren Vergangenheit)

In der jüngsten Vergangenheit traten in den Jahren 2010 und 2013 schwere Hochwasserereignisse im Einzugsgebiet der Pulsnitz, der Haselbach und der Weißbach auf. Im Bereich der Stadt Pulsnitz wurden zudem Hochwässer in den Jahren 2007 und 2012 dokumentiert.

Die beiden Hochwässer der Jahre 2010 und 2013 konnten an Hand der Pegelmessungen und der Pegelstatistik des Hochwassermeldepegels Reichenau 1 hinsichtlich ihres Wiederkehrintervalls grob eingeschätzt werden (Abbildung 1-5). Die Pegelstatistik kann Tabelle 3-3 im Kapitel 3.1.1 entnommen werden. Mit einem Durchfluss von 23,9 m³/s konnte für das Hochwasser von 2010 das Wiederkehrintervall auf etwa 22 bis 23 Jahre geschätzt werden. Das Hochwasserereignis von 2013, mit einem Durchfluss von 26,6 m³/s, lässt sich anhand der Pegelstatistik mit einem Wiederkehrintervall zwischen 33 und 40 Jahren einordnen.

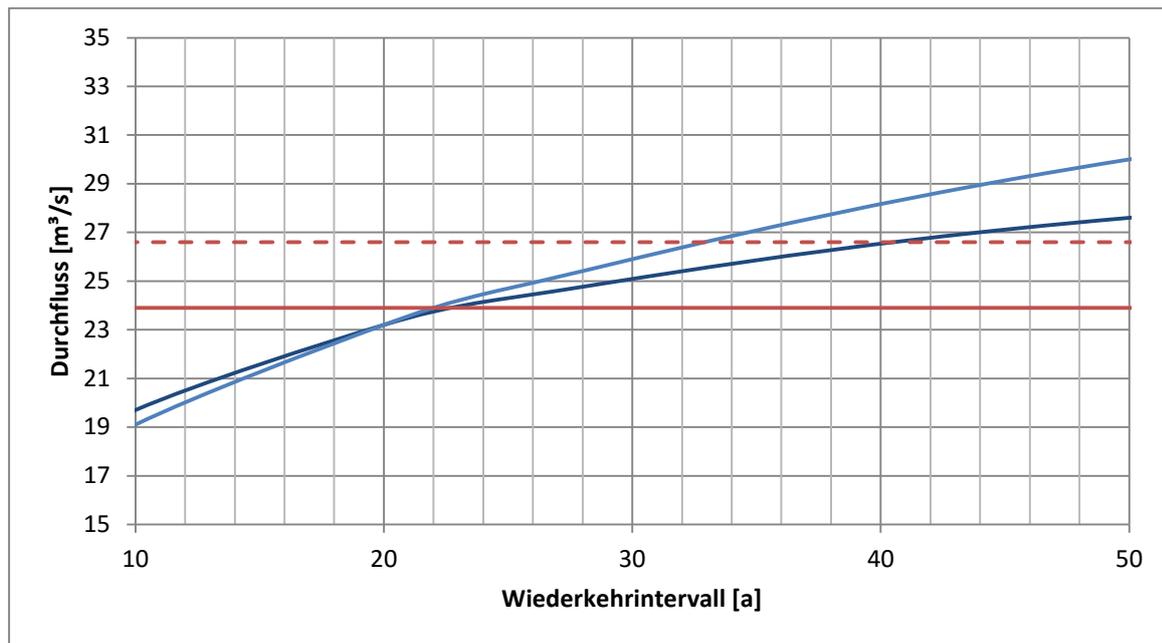


Abbildung 1-5: Abschätzung des Wiederkehrintervalls der Hochwässer 2010 u. 2013 am Pegel Reichenau 1 (dunkel-blau: Jahres HQ; blau: Zusammengesetzte Verteilung der Sommer- und Winter-HQ (Tabelle 3-3); rot-gestrichen: HQ 2013; rot-durchgezogen: HQ 2010)

Für das Hochwasserereignis 2013 liegen aus der Gemeinde Haselbachtal detaillierte Dokumentationen zum Hochwassergeschehen im Bereich des Wehres am Mühlgraben in Gersdorf vor. Der Hufenbergweg wurde überflutet (Abbildung 1-7) und dessen Brücke über die Haselbach wurde komplett eingestaut (Abbildung 1-8). Zudem floss zu viel Wasser am Wehr vorbei in den Mühlgraben. Der Straßendurchlass an der Obergersdorfer Straße reichte daher nicht aus, um die Wassermassen sicher abzuführen. So wurden Teile der Straße und das Grundstück Obergersdorfer Straße 52 überflutet.



Abbildung 1-6: Überschwemmungsgebiet (rot schraffiert) in Gersdorf im Bereich des Wehrs am Mühlgraben im Jahr 2013



Abbildung 1-7: Hufenbergweg (in Richtung Hufenbergweg-Brücke) in Gersdorf (2013)



Abbildung 1-8: Hufenbergweg-Brücke in Richtung 90°-Knick unterhalb des Wehres in Gersdorf (2013)



Abbildung 1-9: Straßendurchlass des Mühlgrabens an der Obergersdorfer Straße in Gersdorf (2013)

Während des Hochwasserereignisses 2012 konnte zudem das Überschwemmungsgebiet der Haselbach im Bereich von Möhrsdorf dokumentiert werden. Dabei floss das Wasser auf der Haselbachstraße ab, so dass auch Vorgärten hinter der Haselbachstraße betroffen waren (Abbildung 1-10 und Abbildung 1-11).



Abbildung 1-10: Haselbachstraße 17 in Möhrsdorf (2012) [14]



Abbildung 1-11: Haselbachstraße 17 in Möhrsdorf (2012) [14]

Innerhalb der Stadt Pulsnitz führten Starkregenereignisse im Jahr 2007 und 2012 zu Überschwemmungen entlang des Siegesbaches. Der Rohrdurchlass in der Nordstraße war dabei nicht in der Lage, das Hochwasser sicher abzuführen, so dass es im Gewerbegebiet an der Nordstraße bis Kamenzer Straße zu Überflutungen kam. Im Jahr 2007 traten dabei gleich drei Überschwemmungen in diesem Gebiet auf. Die ansässigen Firmen beklagen eine starke Zunahme bzw. Häufung von Überschwemmungen. Die Schäden gingen jeweils in die Tausende Euro [15] [16].

Das Hochwasser der Pulsnitz führte im Jahr 2012 zudem im Bereich der Vollungstraße und der Bachstraße zu Überschwemmungen mit Wassertiefen von etwa 10 cm. Im Ortsteil Friedersdorf wurde außerdem die Mittelstraße teilweise überflutet. In Friedersdorf kommt es nach Angaben des Bauamtes der Stadtverwaltung Pulsnitz fast jährlich zu Überschwemmungen in der Flussniederung der Pulsnitz.

1.4.3 Einschätzung potenziell nachteiliger Folgen zukünftiger HW-Ereignisse

Auf Grund der Geländegefälleverhältnisse und des hohen Anteils von Acker- und Wiesenflächen führen Starkregenereignisse in dem Bearbeitungsgebiet zu schnell abfließenden Hochwässern. Die Vorwarnzeit ist daher sehr gering. Diese Charakteristik lässt sich gut anhand des Hochwassers von 1967 belegen.

Die Teileinzugsgebiete Schweinegrund, Schwedenstein und Möhrsdorfer Klinge können sehr sensibel auf Starkregenereignisse reagieren, sodass bereits lokal stark begrenzte Ereignisse schnell zu großen Problemen im Oberlauf der Haselbach führen können. Besonders betroffen ist dabei die Ortslage Möhrsdorf.

Entsprechend den Aussagen in Kapitel 1.4.1 ist ein Trend zu sommerwarmen bzw. wintermilden Hochwasserereignissen durch die aktuellen bzw. zukünftigen klimatischen Veränderungen nicht auszuschließen. Damit verbunden ist es denkbar, dass Hochwasserereignisse im Sommer größere Intensitäten aufweisen werden (zunehmend konvektive Niederschläge), im Winter der dämpfende Effekt einer Schneedecke zurückgeht und somit bei Starkniederschlägen auf gefrorenen Boden auch hier die Abflüsse noch stärker eine Konzentration erfahren könnten. Auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse sind diesbezüglich jedoch weiterführende Untersuchungen erforderlich. Unter anderem spiegelt sich dies aber bereits in den für die hydrologischen Berechnungen verwendeten Bemessungsniederschlagsdaten wider (vgl. Kapitel 3.1.1 bzw. Anhang 2).

1.4.4 Ausweisung von Gebieten mit potenziell signifikantem HW-Risiko

Entsprechend des Sächsischen Wassergesetzes (SächsWG) § 71 sowie des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) §73 wurde für die Pulsnitz, die Haselbach und die Weißbach eine vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos vorgenommen. Dabei wurde festgestellt, dass ein signifikantes Hochwasserrisiko für das Bearbeitungsgebiet besteht und daher Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, sowie ein Hochwasserrisikomanagementplan zu erstellen sind.

Ein potentiell signifikantes Hochwasserrisiko besteht demnach für die Ortschaften Bischheim, Gersdorf und Möhrsdorf entlang der Haselbach, Oberlichtenau, Friedersdorf, Pulsnitz und Ohorn entlang der Pulsnitz und Weißbach und Niedersteina entlang der Weißbach.

Zudem wurden durch die Gemeinden verschiedene Gewässer vorgeschlagen, welche hinsichtlich ihres Hochwasserrisikos untersucht werden sollten. Diese Informationen wurden daher in der Maßnahmenplanung im Kapitel 7 berücksichtigt.

Zu den Risikogebieten an oben genannten Gewässern zählen auch die folgenden Teileinzugsgebiete:

- Siegesbach (Mündung in Pulsnitz bei km 67+500)
- Reutelgraben (Mündung in Haselbach bei km 8+500)
- Gewässer am Schwedenstein (Mündung in Haselbach bei km 11+850)

Unterhalb des Straßendurchlasses des Siegesbaches in der Nordstraße in Pulsnitz kommt es, wie in Kapitel 1.4.2 beschrieben, häufig zu Überschwemmungen.

Das Gewässer welches am Schwedenstein entspringt und dann Richtung Norden der Haselbach zufließt, besorgte in der Vergangenheit mehrfach Überschwemmungen eines Grundstückes an der Kreuzung Elstraer Straße / Windmühlhang in Obersteina sowie von Teilen der Elstraer Straße.

Der Reutelgraben entspringt in der Nähe des Steinberg bei Gersdorf und fließt der Haselbach von links zu. Er weist ein hohes Sohlgefälle von 1,2 % auf und wird in unmittelbarer Nähe zu bebautem Siedlungsgebiet (besonders im Mündungsbereich) geführt.

Weitere Teileinzugsgebiete, welche zum Risikogebiet gehören, wurden nicht gesondert untersucht, da sie keine bebauten Flächen betreffen. Darunter zählen die Teileinzugsgebiete der Wiesenklinge, die Obergersdorfer Klinge und die Möhrsdorfer Klinge.

1.5 Begründung der Notwendigkeit von Gefahren- und Risikokarten sowie eines HWRMP

Da im Zuge der Voruntersuchung gemäß des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) §73 ein potentiell signifikantes Hochwasserrisiko für die Gewässer Pulsnitz (Abschnitt 2. Ordnung), Haselbach und Weißbach ermittelt wurde, ist der Träger der öffentlichen Gewässerunterhaltung (an Gewässern 2. Ordnung die Gemeinden bzw. Städte) verpflichtet, Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten (gemäß §74 WHG) sowie Hochwasserrisikomanagementpläne (gemäß §75 WHG) zu erstellen. Diesem Handlungsbedarf wird in dieser Bearbeitung Folge getragen.

2 Geodätische Grundlagen

2.1 Vermessung Flussschlauch

Um die Überschwemmungsgebiete (basierend auf dem erstellten hydrologischen Längsschnitt, Anhang 2) für die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten ermitteln zu können, ist eine hydraulische Simulation der Wasserspiegellagen erforderlich. Dies setzt eine Erfassung der Geometrie des Flussschlauchs und des Vorlandes voraus. Dieses Kapitel dient der Beschreibung dieser erhobenen Daten.

2.1.1 Beschaffung und Aufbereitung vorhandener Daten

Für den Bereich der Pulsnitz von der Einmündung des Klingelwassers oberhalb von Pulsnitz bis unterhalb der Einmündung der Haselbach in Reichenbach standen Vermessungsdaten zur Verfügung, welche im Zuge des Projekts „Flurstücksgenaue Ausweisung der Überschwemmungsgebiete an der Pulsnitz im Abschnitt des Gewässers 2. Ordnung“ [6] erhoben wurden.

Die Vermessung erfolgte nach folgenden Kriterien:

- innerhalb von Ortslagen mindestens alle 50 m ein Gewässerprofil (falls aus der Vermessung von Bauwerken nicht bereits ein dichterer Abstand resultierte), außerhalb von Ortslagen mind. alle 200 m
- alle Bauwerke einschließlich mindestens eines Ober- und Unterwasserprofils im Abstand von je ca. 5 m
- für alle Bauwerke Vermessung von Ein- und Auslaufprofil
- Wehranlagen mit Höhe, Sohlhöhe vor dem Wehr und Überfalllänge, Brückenbauwerke komplett mit Lichtraumprofil und Straßendamm
- alle 50 m in Gewässermitte Sohle (zwecks Stationierung), falls sich diese Dichte aus den vermessenen Gerinneprofilen nicht sicherstellen lässt
- alle Rohreinläufe, Zuflüsse und Durchlässe entlang des Gewässers größer DN200

Die damaligen Vermessungsarbeiten wurden durch die MILAN Geoservice GmbH Spremberg durchgeführt.

Die Profildaten liegen im Höhensystem HN76 mit Gauß-Krüger-Bessel-Koordinaten auf dem 5. Meridianstreifen vor.

Da das Höhensystem dieser Altvermessung von dem der neu erhobenen Daten abweicht (siehe Kapitel 2.1.2), ist eine Umrechnung notwendig. In Absprache mit dem LRA Bautzen (06.02.2014) wurde sich auf die folgende Umrechnung zwischen den Höhensystemen HN76 und DHHN92 geeinigt:

$$DHHN92 = HN76 + 14 \text{ cm}$$

Gleichung 2-1

Jedoch wurden die eigentlichen Profildaten der Altvermessung nicht direkt aufbereitet. Vielmehr wurden die Ergebnisse des hydraulischen Altmodells, welches auf diesen Vermessungsdaten basiert, über Gleichung 2-1 an das Höhensystem der Neuvermessung und des verwendeten DGM angeglichen (siehe Kapitel 4.1).

2.1.2 Erfassung neuer Daten

Für die folgenden Untersuchungsabschnitte wurden vollständig Neuvermessungen durchgeführt:

- Pulsnitz (Ohorn Dorfteich bis oberhalb Ortslage Pulsnitz)
- Haselbach (oberhalb Ortslage Obersteina bis Mündung in die Pulsnitz)
- Weißbach (oberhalb Himmelreich bis Mündung in die Haselbach)

Die Aufnahme der Gerinneprofile erfolgte dabei nach folgenden Gesichtspunkten:

- innerhalb von Ortslagen mindestens alle 25 m ein Gewässerprofil (falls aus der Vermessung von Bauwerken nicht bereits ein dichterer Abstand resultierte), außerhalb von Ortslagen mind. alle 100 m
- für alle Bauwerke Vermessung von Ein- und Auslaufprofil, als auch Ober- und Unterwasserprofil
- Wehranlagen mit Höhe, Sohlhöhe vor dem Wehr und Überfalllänge, Brückenbauwerke komplett mit Lichtraumprofil und Straßendamm

Durchgeführt wurden diese Vermessungen durch das Vermessungsbüro Schröder. Dabei wurde das Höhensystem DHHN92 mit Gauß-Krüger-Bessel-Koordinaten auf dem 5. Meridianstreifen genutzt.

Zusätzlich wurden, wie in der Anlaufberatung vom 12.12.2013 vereinbart, im bereits vermessenen Abschnitt der Pulsnitz in zwei Bereichen Kontrollmessungen vorgenommen (Bereich Schulstraße in Pulsnitz und Abzweig für Mühlgraben in Oberlichtenau).

Um diese Kontrollmessungen in das Altmodell einbinden zu können, wurden nur diese Profile über Gleichung 2-1 vom Höhensystem DHHN92 in HN76 umgerechnet (siehe Kapitel 4.1).

Um die Kompatibilität aller Daten im GIS zu gewährleisten, wurden sämtliche Daten in das Lagesystem ETRS89 UTM 33N transformiert. Hierfür wurden die in ArcGIS bereitgestellten Prozeduren der Toolbox „Datamanagement Tools – Projektionen und Transformationen“ genutzt.

2.2 Digitales Geländemodell

Durch den Auftraggeber wurde über den Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) für das Bearbeitungsgebiet das DGM2 im Höhensystem DHHN92 bereitgestellt.

Das DGM2 wird in dieser Bearbeitung zur Erfassung der Vorlandgeometrie herangezogen. Vor allem wird es benötigt, um durch den Verschnitt der simulierten Wasserspiegellagen für verschiedene Bemessungsabflüsse die Hochwassergefahren- und -risikogebiete ausweisen zu können (Kapitel 4.2).

2.3 Zusammenführung der Daten

Da die terrestrischen Profildaten nur die Gerinne- und Ufergeometrie widerspiegeln ist es nötig, die Profillinien zu verlängern und um die Vorlandgeometrie zu erweitern. Eine Profilverlängerung sollte dabei stets

soweit in das Vorland reichen, dass später ein sauberer Verschnitt des errechneten Wasserspiegels mit dem Gelände zu erreichen ist.

Die Höheninformationen des Vorlands wurden dem DGM2 entnommen, indem die vermessenen Profile mit einem TIN des DGM überlagert wurden. Die Verlängerungen wurden so vorgenommen, dass die Profillinien möglichst senkrecht zu den Strombahnen im Vorland verlaufen und die lokalen Gelände- und Bauwerksstrukturen (Wälle, Mauern, etc.) berücksichtigen.

3 Gebietshydrologie

Die Gebietshydrologie wurde detailliert vom Büro für Angewandte Hydrologie Berlin im Auftrag von Fugro untersucht und in dem Bericht „NA-Modellgestützte Ermittlung von Bemessungshochwasserwerten im Einzugsgebiet der oberen Pulsnitz“ [4] ausführlich dokumentiert. Auszugsweise sollen die Herangehensweise und die Ergebnisse dieser Untersuchung in den folgenden Kapiteln vorgestellt werden. Für detailliertere Informationen ist der vollständige Bericht in Anhang 2 dem Hochwasserrisikomanagementplan beigelegt.

3.1 Analyse des Ist-Zustandes

3.1.1 Dokumentation und Erläuterung vorhandener hydrologischer Grundlagen und Daten

Meteorologische Daten. Die Niederschlagsdaten für die Niederschlag-Abfluss-Modellierung wurden der STRASA-Datenbank entnommen (Weiterentwicklung des KOSTRA-Atlas für Starkniederschlagsanalysen in Sachsen). Zusätzlich standen für den Zeitraum 01.08.2010 bis 31.10.2010 stündliche Niederschlagswerte für ein 1-km²-Raster zur Verfügung.

Tabelle 3-1: STRASA-Niederschläge [mm] für verschiedene Jährlichkeiten T und Dauerstufen D

T [a]	Dauerstufe [min]																	
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360	540	720	1080	1440	2880	4320
5	10	15	18	20	23	27	29	32	34	38	41	45	50	54	64	75	87	100
10	12	18	21	24	27	31	34	38	41	45	48	53	59	65	76	90	100	110
20	14	20	24	27	32	36	40	44	47	52	56	61	68	73	87	100	123	140
50	17	24	28	32	37	42	47	51	55	61	65	72	80	86	101	117	147	165
100	19	27	32	35	41	47	52	57	62	68	73	80	89	95	113	130	165	185
200	24	33	38	42	49	55	61	67	72	80	85	94	105	112	130	148	190	215
500	30	40	45	50	57	65	71	78	84	93	100	110	122	130	150	169	220	250

Hydrologische Daten. Für den Pegel Königsbrück lagen für den Zeitraum 23.09.2010 bis 01.11.2010 (Abbildung 3-1) Durchflussmesswerte in 15-minütiger Auflösung vor. Des Weiteren konnte auf die Pegelstatistik von Königsbrück zurückgegriffen werden (Tabelle 3-2). Die Statistik des Pegels Reichenau 1 (Tabelle 3-3) wurde erst während der Bearbeitung vom Landeshochwasserzentrum Sachsen bereitgestellt und fand daher keine Verwendung bei der Erarbeitung des hydrologischen Längsschnittes des Istzustandes. Die HQ(T)-Werte gemäß der Pegelstatistiken fallen am Pegel Reichenau 1 höher aus als am Pegel Königsbrück. Daher ist für zukünftige Überarbeitungen des HWRMP zu prüfen, ob eine Anpassung des hydrologischen Längsschnittes vorgenommen werden muss.

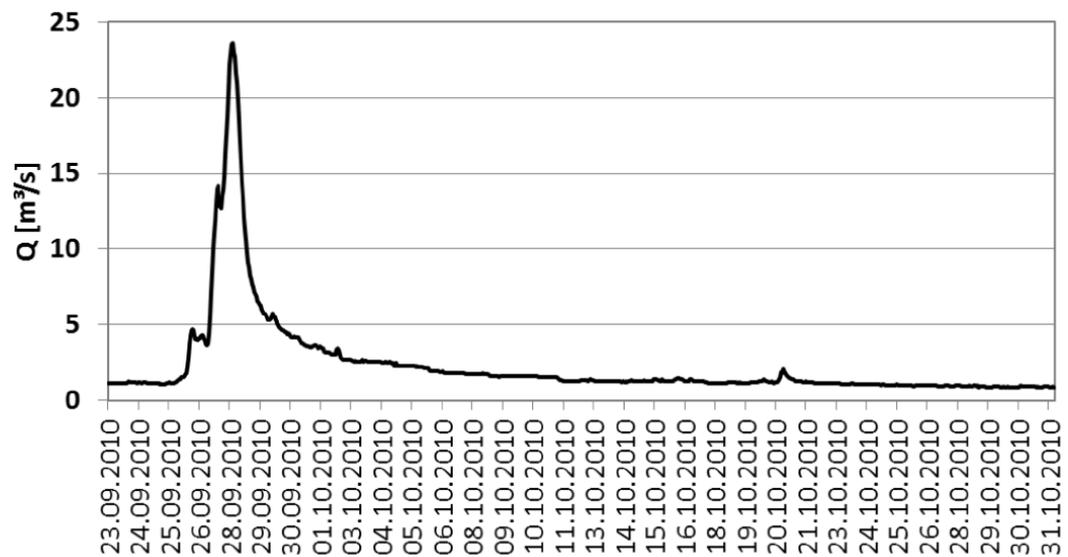


Abbildung 3-1: Durchflussganglinie am Pegel Königsbrück

Tabelle 3-2: Pegelstatistik für Königsbrück (2010 Betrieb eingestellt)

T [a]	Verteilung der Jahres-HQ Reihe 1927/2010	Zusammengesetzte Verteilung der Sommer- und Winter-HQ gemäß DWA-M 552 Reihe 1927/2008
	HQ [m³/s]	HQ [m³/s]
2	10,4	10,9
5	14,9	14,6
10	17,4	17,3
20	19,6	20,4
25	20,2	21,4
50	21,9	24,5
100	23,5	27,8
200	24,9	31,2

Tabelle 3-3: Pegelstatistik für Reichenau 1 (2010 in Betrieb genommen)

T [a]	Verteilung der Jahres-HQ Reihe 1927/2013 mit historischem HW 1926	Zusammengesetzte Verteilung der Sommer- und Winter-HQ gemäß DWA-M 552 Reihe 1927/2013 mit historischem HW 1926
	HQ [m³/s]	HQ [m³/s]
2	12,2	11,6
5	16,6	15,8
10	19,7	19,1
20	23,2	23,2
25	24,3	24,7
50	27,6	30,0
100	30,9	36,9
200	34,2	45,2

3.1.2 Wesentliche Entnahmen und Einleitungen und ihre Bewertung hinsichtlich der Hochwasserrelevanz

Innerhalb des betrachteten Einzugsgebietes existieren keine größeren bewirtschafteten Speicher. Aus diesem Grund ist mit keinen relevanten Einleitungen oder Entnahmen zu rechnen. Einleitungen größerer versiegelter Flächen treten nur vereinzelt für beispielsweise Parkplatzflächen auf. Die Größenordnung dieser Einleitungen ist jedoch für den Maßstab dieses Hochwasserrisikomanagementplans vernachlässigbar und wird daher nur indirekt über einen pauschalen Versiegelungsgrad im Niederschlag-Abfluss-Modell berücksichtigt.

3.1.3 Empfehlungen zur Untersetzung der Hydrologischen Grundlagen

Der Pegel Reichenau 1 wurde im Jahr 2010 in Betrieb genommen und ersetzt den bisherigen Pegel Königsbrück (2,2 km stromab von Pegel Reichenau 1) an der Pulsnitz (unterhalb Mündung Haselbach). Er ist der einzige verfügbare Pegel für die betrachteten Einzugsgebiete. Um die Hochwasserstatistik zu verbessern, ist es nötig, weiterhin Durchfluss und Wasserstand am Pegel Reichenau 1 zu erfassen und in die Pegelstatistik zu implementieren. Für die nächste Überarbeitung des HWRMP ist daher zu prüfen, ob auf Grundlage der Pegelstatistik am Pegel Reichenau 1 eine Anpassung des hydrologischen Längsschnittes vorgenommen werden muss.

Oberhalb des Pegels Reichenau 1 existieren keine weiteren Hochwassermeldepegel. Hydrologische Hauptwerte werden daher nur für die Pulsnitz (Abschnitt 1. Ordnung, unterhalb Mündung Haselbach) erfasst, für die Gewässer Haselbach und Weißbach sind derartige Werte nicht verfügbar. In der Gemeinde Pulsnitz existieren jedoch verschiedene Pegel der Wasserwehr, an denen der Wasserstand erfasst wird.

Um die Eichung des Niederschlag-Abfluss-Modells, welches zur Ermittlung der hydrologischen Bemessungswerte $HQ(T)$ herangezogen wurde, weiter zu verbessern, könnte geprüft werden, ob die Messungen dieser Pegel zusätzlich herangezogen werden könnten. Diese Anpassung kann ggfs. im Rahmen der erstmaligen turnusmäßigen Überarbeitung des HWRMP Pulsnitz (bis 2021) erfolgen.

3.2 Niederschlag-Abfluss-Modellierung

Für den Oberlauf der Pulsnitz (einschließlich Haselbach und Weißbach) bis zu dem ehemaligen Hochwassermeldepegel Königsbrück (2010 eingestellt), wurden entsprechend Aufgabenstellung für die Erarbeitung dieses Hochwasserrisikomanagementplans Bemessungswerte für die Wiederkehrintervalle von 5, 10, 20, 50, 100 und 200 Jahren ermittelt.

3.2.1 Beschreibung des verwendeten Modells

Für diese Untersuchung wurde ein bestehendes Niederschlag-Abfluss-Modell herangezogen, welches im Jahr 2004 die Grundlage der Hochwasserschutzkonzeption Pulsnitz [8] darstellte. Das Modell basiert auf der Simulationssoftware ArcEGMO.

ArcEGMO© ist eine hydrologische Toolbox, mit der alle wesentlichen Komponenten des Gebietswasserhaushaltes von den Wechselbeziehungen zwischen Atmosphäre-Vegetation-Boden bis hin zu den ober- und unterirdischen Abflusskonzentrationsprozessen bei Berücksichtigung von anthropogenen Steuerungen und natürlichen Störungen räumlich und zeitlich hoch aufgelöst beschrieben werden können.

Je nach Datenverfügbarkeit, Anwendungsmaßstab und Fragestellung können adäquate Teilprozessmodelle zu einem Gebietsmodell verknüpft werden. Eine ausführliche Modellbeschreibung inklusive diverser Anwendungsbeispiele findet sich unter www.arcegmo.de.

Zur physikalisch fundierten Berücksichtigung der flächenhaften Heterogenität hydrologisch relevanter Gebietseigenschaften (Landnutzung, Boden, Gefälle) wird das Untersuchungsgebiet in weitgehend homogene Flächen untergliedert. In urban geprägten Gebieten erfolgt die weitere Untergliederung nach siedlungswirtschaftlichen Gesichtspunkten (Oberfläche versiegelt oder vegetationsbestanden, Anschlussgrad, Anschlussart etc.).

Für die Beschreibung der Abflussbildung, die entscheidend den Gebietswasserhaushalt prägt und den Abfluss in eine oberflächlich oder oberflächennah abfließende Komponente und eine Grundwasserkomponente (Direkt- und Basisabfluss) aufteilt, sind die hydrologischen Teilprozesse Interzeption, Infiltration und Bodenwasserhaushalt zu simulieren. Entscheidend hierbei ist es, die Infiltration richtig zu erfassen, da der nicht infiltrierende Niederschlagsanteil, der sogenannte Effektivniederschlag, in Abhängigkeit von den Gefälleverhältnissen zum Abfluss kommen kann. Zur Beschreibung der Infiltration wird ein modifizierter HOLTON-Ansatz angewendet, bei dem die Ermittlung des Effektivniederschlages in Abhängigkeit von der hydraulischen Leitfähigkeit des anstehenden Bodens und der aktuellen Bodenfeuchte erfolgt.

Bei der Konzentration des Landoberflächenabflusses zum Vorfluter wird die kinematische Welle angewendet. Dieser Ansatz beschreibt die Fließgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der aktuellen Effektivniederschlagshöhe, dem Geländegefälle und der Oberflächenrauigkeit (abhängig von der Flächennutzung).

Die Abflusskonzentration im Vorfluter selbst erfolgt über hydrologische Ansätze (Speicherkaskaden, Kalinin-Miljukov), die je nach Datenverfügbarkeit angewendet und unterschiedlich parametrisiert werden können.

3.2.2 Aufstellung des Modells

Nutzbare Modellgrundlagen. Für diese Untersuchung wurde das 2004 erstellte Niederschlag-Abfluss-Modell für das Einzugsgebiet der sächsischen Schwarzen Elster reaktiviert. Jedoch wurde für die aktuelle Untersuchung lediglich ein kleiner Ausschnitt des gesamten Modells von 2004 herausgezogen und nur das oberirdische Einzugsgebiet des ehemaligen Hochwassermeldepegels Königsbrück betrachtet.

Die Landnutzung und Bodenkennwerte wurde auf dem Stand des Altmodells belassen und nicht aktualisiert. Hinsichtlich der Landnutzung (insbesondere Flächenversiegelung und Kanalisationsanschlussgrad) wird es im Gebiet Veränderungen gegenüber dem Modellstand von 2004 gegeben haben. Diese können sich vor allem auf die Hochwasser geringer Jährlichkeit auswirken (kleiner 25 Jahren), so dass für diese Bemessungswerte mit Unsicherheiten zu rechnen ist. Mit zunehmendem Wiederkehrintervall spielen diese Unsicherheiten jedoch eine vernachlässigbare Rolle.

Modellpräzisierungen. Das Altmodell wurde hinsichtlich seiner räumlichen Auflösung an die jetzt zu betrachtenden Gewässer II. Ordnung angepasst. Hierfür wurden weitere Nebengewässer berücksichtigt, welche dem offiziellen Gewässernetz Sachsens entnommen werden konnten [10] (Abbildung 3-2).

Zudem wurde eine Untergliederung des Modellgebiets entsprechend abgestimmter Teileinzugsgebiete vorgenommen, um an 24 Querschnitten Bemessungswerten liefern zu können. Anhand dieser Werte konnte ein hydrologischer Längsschnitt für das Bearbeitungsgebiet erstellt werden, welcher die Grundlage für die stationäre hydraulische Modellierung im Rahmen des Hochwasserrisikomanagementplans bildete.



Abbildung 3-2: Aktualisierung Fließgewässernetzes des Niederschlag-Abfluss-Modells [4]

3.2.3 Berechnung des Ist-Zustandes

Der Berechnung des Ist-Zustandes ging eine aufwändige Kalibrierung des Modells voran. Die Kalibrierung erfolgte anhand der Extremwertstatistik am Pegel Königsbrück, die über Simulationen mit statistischen Starkniederschlägen (STRASA) nachgebildet werden sollte. Zur Plausibilisierung der Modellergebnisse, insbesondere im Längsschnitt und damit an unbeobachteten Querschnitten, wurden hydrologische und hydraulische Analysen für die obere Pulsnitz und die Scheitelstatistik benachbarter Pegel einbezogen (Informationen der Landesdirektion Sachsen).

Zusätzlich wurde ein historisches Hochwasser in die Modellkalibrierung einbezogen. Es wurde der Zeitraum 01.08.2010 bis 31.10.2010 für die Modellkalibrierung genutzt, in dem mehrere Hochwässer für die Pulsnitz auftraten und am 28.9.2010 mit 23.9 m³/s ein sehr großes Hochwasser (T je nach statistischer Auswertung zwischen 50 a und 100 a) registriert wurde. Für diesen Zeitraum wurden die stündlichen Niederschläge des 1-km²-Rasters herangezogen.

Die Basiskalibrierung erfolgte an diesem 2010 abgelaufenen Hochwasser. Die Parameter wurden in die Kalibrierung anhand der Extremwertstatistik übernommen.

Bei einem Vergleich mit anderen hydrologischen Untersuchungen der Vergangenheit bestätigten sich an Vergleichsquerschnitten die Bemessungswerte an der Pulsnitz sowie im Oberlauf der beiden anderen Einzugsgebiete. Im Unterlauf der Haselbach weichen die Ergebnisse jedoch etwas deutlicher von diesen ab (Aussagequerschnitte 9 bis 12). Da die aktuellen Werte durchgehend geringer ausfallen, wurde in Abstimmung mit dem AG, der Unteren Wasserbehörde und der Landesdirektion Sachsen entschieden für HQ_{50} , HQ_{100} und HQ_{200} , diese mit einem pauschalen Bemessungssicherheitszuschlag von 15 % zu berücksichtigen, um einer Unterschätzung der Hochwassergefahr vorzubeugen. Dieses Vorgehen wurde abgestimmt, damit die Bemessungswerte besser mit den Werten der Pulsnitz korrelieren. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Tabelle 3-4 aufgelistet und enthalten diese nachträgliche Korrektur.

Tabelle 3-4: Hydrologischer Längsschnitt des Ist-Zustandes

	ID	Bezeichnung Querschnitt	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀
Pulsnitz	13	Straßenbrücke Ohorn-Pulsnitz	1,92	2,4	2,87	3,49	3,97	4,68
	14	unterhalb Zufluss Goldborn von links	1,89	2,79	3,94	5,85	6,67	7,66
	15	oberhalb Ortslage Pulsnitz	1,97	2,98	4,3	6,13	7,33	8,06
	16	unterhalb Zufluss von links an Mittelmuehle	4,29	5,24	6,47	8,13	9,42	10,55
	17	unterhalb Mündung Siegesbach	5,11	6,23	7,68	9,68	11,21	12,58
	18	unterhalb Mündung Hahneflüsschen	5,54	6,8	8,23	10,23	11,77	13,54
	19	unterhalb Zufluss von links	5,7	7,59	8,36	10,12	11,65	13,39
	20	unterhalb Mündung Forellenbach	5,75	7,39	8,14	10,05	11,58	13,33
	21	Brücke an der Knochenmühle in Unterlichtenau	5,74	7,17	8,02	9,96	11,46	13,23
	22	Brücke in Reichenau uth. Bach von links	6,13	7,26	8,16	9,92	11,42	13,16
	23	oberhalb Mdg. Haselbach	6,08	7,15	8,01	9,87	11,36	13,08
	24	uth. Mdg. Haselbach	13,28	15,86	18,16	21,61	24,55	28,23
Weißbach	1	K9250 in Steina	1,52	2,04	2,33	2,64	2,99	4,53
	2	Bahnlinie in Untersteina	3,42	4,53	4,92	5,64	6,29	7,82
	3	uth. Zufluss von rechts	3,58	4,79	5,24	6,1	6,96	8,31
	4	obh. Mdg. in die Haselbach	3,34	4,4	4,81	5,58	6,35	7,62
Haselbach	5	Beginn Bearbeitungsstrecke	1,72	2,74	3,41	4,34	4,9	5,55
	6	uth. Mdg. Bach von rechts	3,77	5,35	6,04	7,17	8,05	9,95
	7	uth. Mdg. Klinge	5,97	8,3	9,29	10,93	12,25	14,06
	8	uth. Zulauf Dorfteich	5,19	6,87	7,7	8,99	10,07	11,64
	9	obh. Mdg. Weißbach	5,11	6,65	7,44	9,94	11,12	12,96
	10	uth. Mdg. Weißbach	8,17	10,65	11,77	15,61	17,56	20,61
	11	Brücke uth. Zulauf von rechts	8,06	10,15	11,24	14,89	16,77	19,57
	12	Mdg. in die Pulsnitz	7,49	9,17	10,18	13,54	15,24	17,79

3.2.4 Kalibrierung auf der Grundlage der hydraulischen Berechnungen

Eine fundierte Ermittlung von Bemessungshochwasserwerten an unbeobachteten Gewässerquerschnitten ist nur möglich, wenn die lokale Gewässerretention angemessen berücksichtigt wird. Dazu ist es notwendig, die Gewässergeometrien und die auf die Retention wirkenden lokalen Gegebenheiten (Rauheiten im Flussbett und den Vorländern, Energieverluste infolge von Querbauwerken) im hydrologischen Modell zu berücksichtigen. Dies konnte in der 2004er Bearbeitung nicht erfolgen.

Deshalb wird die Gewässerretention über einen Speicheransatz, in dem das Gefälle und die Länge des Fließgewässerabschnittes eingehen, berücksichtigt. Hohe Gefällewerte führen aufgrund von geringer Gewässerretention zu hohen Scheitelabflüssen, gefällearme Gebiete bringen geringere Scheitelabflüsse.

3.2.5 Berechnung des Planzustandes (als Rückkopplung zu Kapitel 7)

Auf Grund der dichten Bebauung innerhalb der Siedlungsflächen sind Eingriffe innerhalb bebauter Gebiete sehr schwer umzusetzen. Des Weiteren weist das Untersuchungsgebiet eine Vielzahl von Brücken und Stegen auf, welche in vielen Fällen nicht in der Lage sind, das Hochwasser sicher abzuführen und daher verklauungsgefährdet oder sogar eingestaut und überströmt sind. Technische Maßnahmen zur Erweiterung des Abflussquerschnittes sind daher voraussichtlich mit hohen Kosten belastet. Daher sollte in erster Linie der Hochwasserabfluss innerhalb der Siedlungsflächen gesenkt werden. Dies kann über den Bau von Hochwasserrückhaltebecken erzielt werden.

Im Zuge der Maßnahmenplanung des Hochwasserrisikomanagementplans wurden verschiedene potentielle Retentionsräume innerhalb des Bearbeitungsgebietes identifiziert. Dabei wurde über das DGM2 das maximale Rückhaltevolumen an insgesamt 10 verschiedenen potentiellen Standorten ermittelt. Zudem wurden durch das Ingenieurbüro Hauswald GmbH Kennwerte für ein bereits in Planung befindliches HRB am Siegesbach (mündet bei KM 67+500 in die Pulsnitz) Daten bereitgestellt. Tabelle 3-5 gibt eine Übersicht über die Kennwerte der identifizierten Standorte. Eine detaillierte Aufschlüsselung aller Kennwerte ist Anhang 4 zu entnehmen.

Tabelle 3-5: Randbedingungen der potentiellen Retentionsstandorte

Potentieller Standort	Gewässer	Kilometer	Dammhöhe	Rückhaltevolumen	NA-Untersuchung / im Planzustand enthalten
Oberlichtenau	Pulsnitz	64+250	3,0 m	26.400 m ³	Nein / Nein
Thiemendorf	Pulsnitz	66+470	3,39 m	98.200 m ³	Ja / Ja
Siegesbach	Siegesbach (Pulsnitz)	k.A.	k.A.	2.000 m ³	Ja / Ja
Pulsnitz	Pulsnitz	69+670	2,58 m	31.000 m ³	Ja / Ja
Bischheim 1	Weißbach	0+490	2,2 m	17.900 m ³	Nein / Nein
Bischheim 2	Weißbach	1+370	2,76 m	50.700 m ³	Ja / Ja

Potentieller Standort	Gewässer	Kilometer	Dammhöhe	Rückhaltevolumen	NA-Untersuchung / im Planzustand enthalten
Steina 1	Weißbach	5+760	3,1 m	3.300 m ³	Nein / Nein
Steina 2	Nebengewässer (Weißbach)	k.A.	3,0 m	800 m ³	Nein / Nein
Klinge	Gersdorfer Klinge (Haselbach)	k.A.	2,88 m	12.700 m ³	Ja / Ja
Gersdorf	Reutelgraben (Haselbach)	k.A.	3,24 m	13.100 m ³	Ja / Ja
Schweinegrund	Haselbach	13+580	4,6 m	43.400 m ³	Ja / Nein

Im Ergebnis des Abstimmungsprozesses (Beratung vom 28.11.2014) wurde für die Standorte: Thiemendorf, Siegesbach, Pulsnitz, Bischheim 2, Klinge, HRB Gersdorf und Schweinegrund eine detaillierte Untersuchung der Wirksamkeit und eine Optimierung der Drosselabgaben mittels Niederschlag-Abfluss-Modellierung durchgeführt. Dabei wurden diese Standorte anhand der im GIS über das DGM2 identifizierten Speicherinhaltslinien und der Lage der Standorte in das bestehende Niederschlag-Abfluss-Modell des Istzustandes implementiert. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise findet sich in Anhang 2.

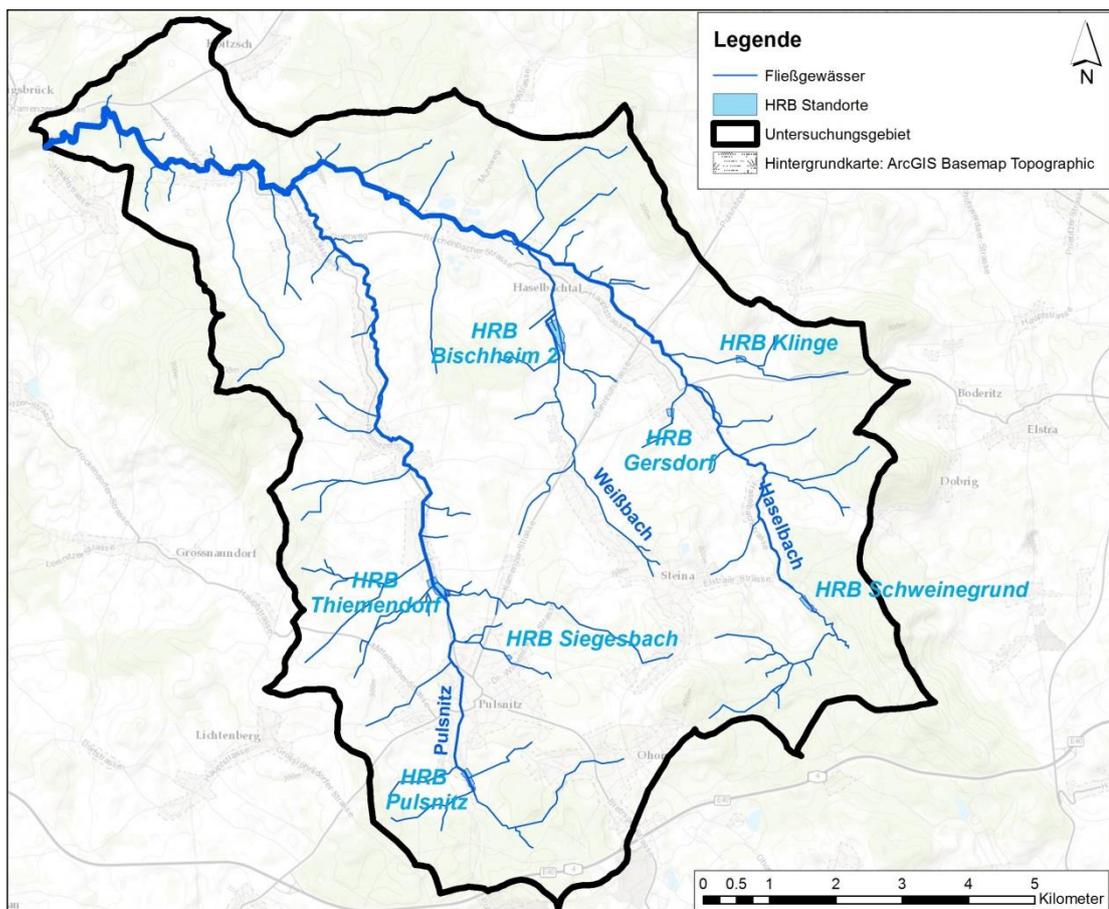


Abbildung 3-3: Lageübersicht der detailliert untersuchten Hochwasserrückhaltebecken [4]

Um den Beckenraum optimal ausnutzen zu können, wurde davon ausgegangen, dass die Drosseln gesteuert ausgeführt werden. Dies bedeutet, dass ein Drosselbauwerk mit variablem Fließquerschnitt eingebaut wird, welches sicherstellt, dass unabhängig der Beckenfüllung ein konstanter Durchfluss eingestellt werden kann (Abbildung 3-4). So wird verhindert, dass bereits bei niedrigen Durchflüssen (kleiner Q_{\max}) Wasser im Retentionsraum eingestaut wird.

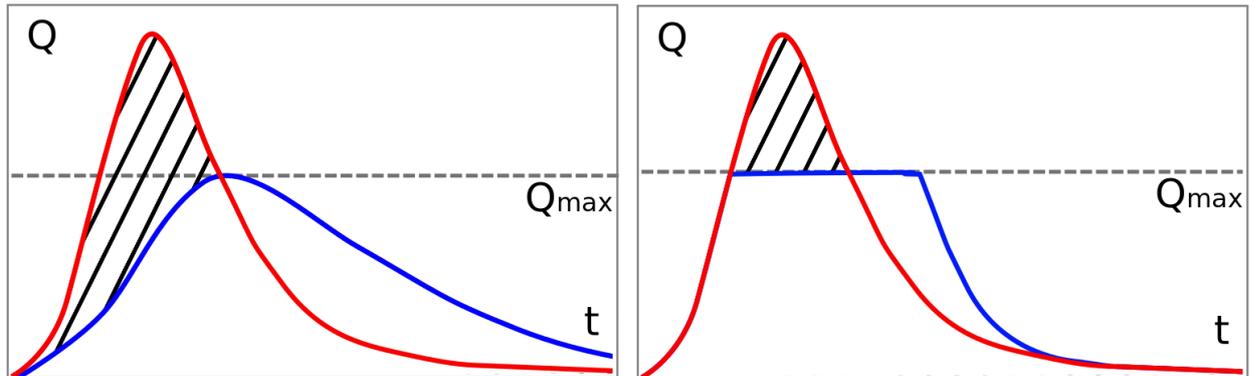


Abbildung 3-4: Vergleich ungesteuerte (links) und gesteuerte (rechts) Drossel [17]

Die Optimierung der Drosselabgabe erfolgte durch Variation der Abgaben, bis es bei einem HQ_{100} (abgestimmtes Schutzziel siehe Kapitel 7.1) zu keiner Hochwasserentlastung mehr kommt. So kann sichergestellt werden, dass der gesamte Stauraum ausgenutzt wird und eine maximale Drosselung des Hochwasserscheitels erfolgt.

Tabelle 3-6: Ergebnisse der Drosseloptimierung für die untersuchten Hochwasserrückhaltebecken bei HQ_{100} als Schutzziel

Name	Beanspruchtes Volumen bei HQ_{100} [m ³]	Optimierte Drossel [m ³ /s]	Zufluss Ist-Zustand [m ³ /s]
Thiemendorf	66.006	5,00	12,00
Pulsnitz	14.504	4,50	7,17
Bischheim 2	29.800	1,00	6,84
Klinge	7.664	0,155	2,80
Gersdorf	7.782	1,10	4,10
Schweinegrund	31.528	0,50	4,90

Die Ergebnisse der Niederschlag-Abfluss-Modellierung zeigten, dass der Standort Schweinegrund nur eine sehr lokale Wirkung erzielen kann und die Scheitelreduktion durch verschiedene Zuflüsse im Unterlauf schnell aufgebraucht wird. Eine Wirkung des HRB Schweinegrund konnte daher schon wenige Kilometer stromabwärts, im Bereich des Brennpunktes Möhrsdorf (Gemeinde Haselbachtal), nicht mehr nachgewiesen werden. Aus diesem Grund wurde von einer weiteren Berücksichtigung dieses potentiellen Standortes abgesehen.

Abbildung 3-5 gibt einen Einblick in die Gewässer- und Teileinzugsgebietsstruktur in der Nähe des verworfenen Standortes Schweinegrund. Unterhalb des potentiellen Standortes mündet das Teileinzugsgebiet TEG

125 von links und weiter stromabwärts das TEG 51 (Möhrsdorfer Klinge) von rechts in die Haselbach. Die Ortslage Möhrsdorf, welche einen besonders wichtigen Brennpunkt darstellt, befindet sich zwischen diesen beiden Zuflüssen (TEG 39). Aus Abbildung 3-6 geht hervor, dass das HRB Schweinegrund den Hochwasserscheitel zunächst von etwa $5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $1 \text{ m}^3/\text{s}$ drosseln kann. Durch Zuflüsse aus den TEG 125 und 239 wird diese Reduktion von etwa $4 \text{ m}^3/\text{s}$ bis zum TEG 39 nahezu aufgehoben, wo sie nur noch $1 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Unterhalb des Zuflusses der Möhrsdorfer Klinge (TEG 51) wird der Scheiteldurchfluss sogar nur noch um $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ abgesenkt, wodurch weiter stromabwärts keine Wirkung des HRB Schweinegrund mehr nachgewiesen werden kann. Diese Ergebnisse führten letztendlich dazu, dass der Standort Schweinegrund verworfen wurde und in der Hydrologie des Planzustandes nicht berücksichtigt wird.

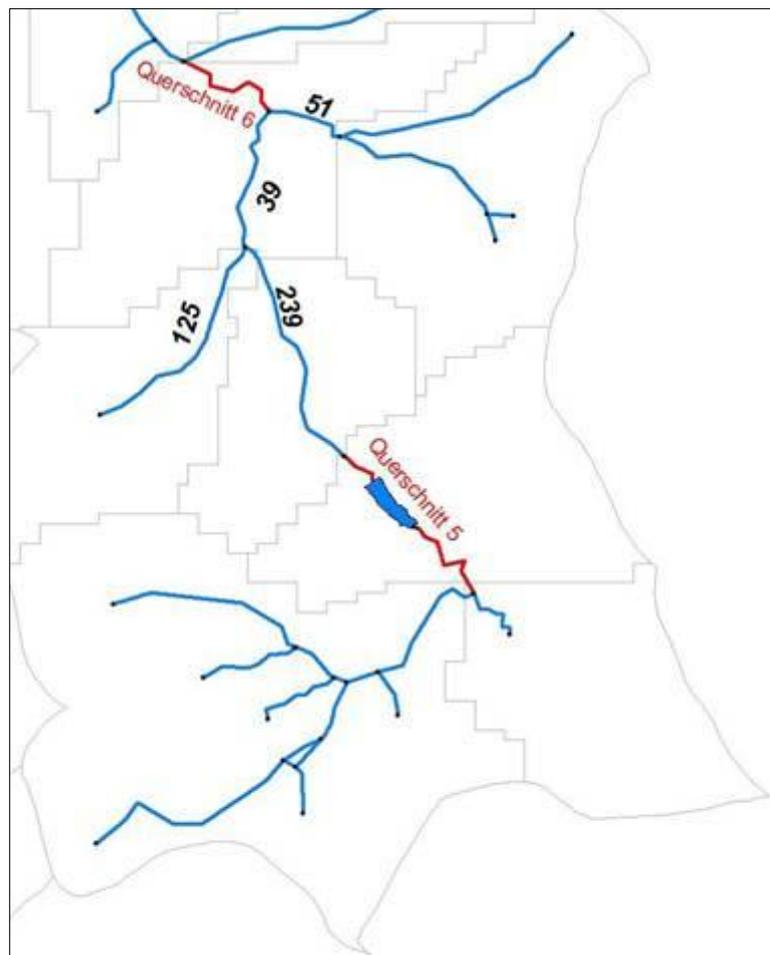


Abbildung 3-5: Gewässer- und Teileinzugsgebietsstruktur in der Nähe des untersuchten potentiellen Standortes Schweinerund

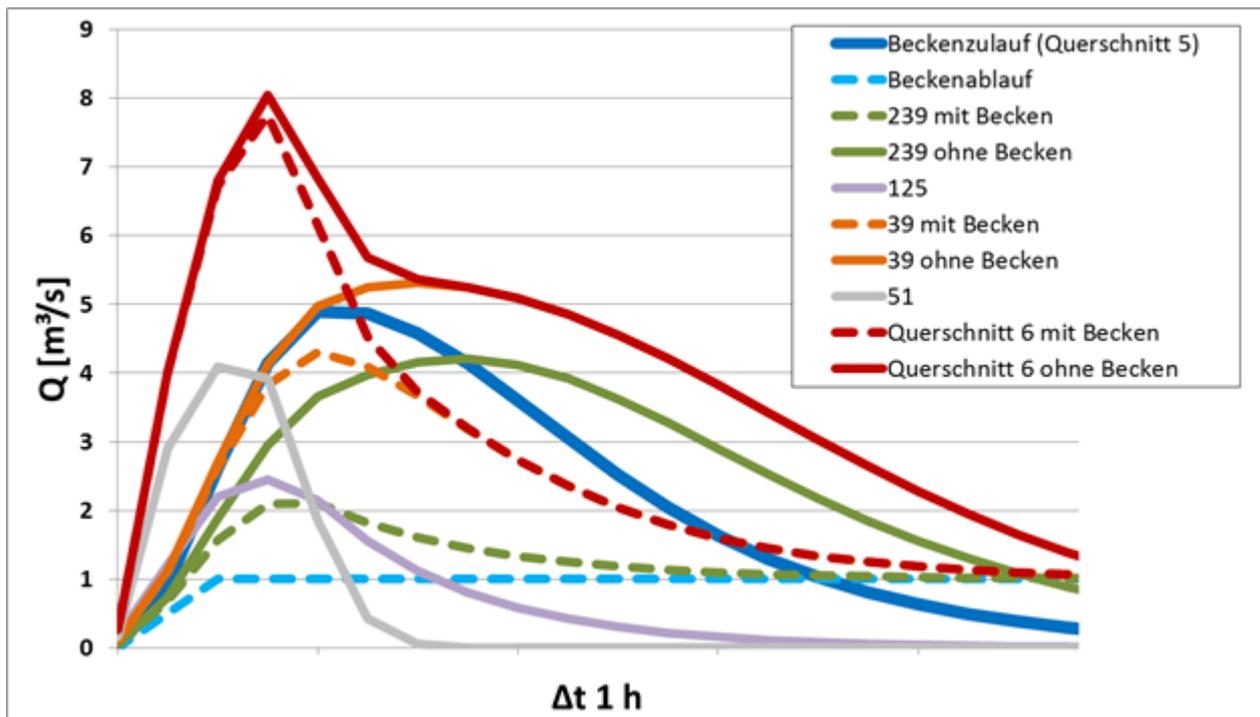


Abbildung 3-6: Durchflussganglinien für HQ_{100} an verschiedenen Berechnungsquerschnitten des Niederschlag-Abfluss-Modells (Zuordnung entsprechend Abbildung 3-5)

Tabelle 3-7 führt die Ergebnisse der Niederschlag-Abfluss-Modellierung des Planzustandes auf, worin die Retentionswirkung der Hochwasserrückhaltebecken Thiemendorf, Siegesbach, Pulsnitz, Bischheim 2, Klinge und Gersdorf berücksichtigt wird. Die Retentionswirkung kann in dieser Berechnung nur kumulativ für alle Becken angegeben werden, da unterstromige Becken von der Wirkung oberstromiger Becken beeinflusst werden. In Tabelle 3-8 wird die Wirkung der Hochwasserrückhaltebecken in einem Vergleich zwischen Ist- und Planzustand für die 24 Aussagequerschnitte verdeutlicht.

Durch die Hochwasserrückhaltebecken kann zunächst eine deutliche Absenkung des Hochwasserscheitels erzielt werden. Auf Grund des steilen Einzugsgebietes und verschiedener Zuflüssen aus Nebengewässern sind die Wirkräume der Maßnahmen jedoch teilweise kleinräumig. Aus diesem Grund wurde beispielsweise der Standort Schweinegrund verworfen. Die Standorte wurden jedoch so gewählt, dass die Scheiteldurchflüsse in den Brennpunkten Friedersdorf, Pulsnitz, Bischheim und Gersdorf trotzdem signifikant verringert werden konnten (mindestens 15%). Somit stellen die betrachteten Hochwasserrückhaltebecken einen sehr wichtigen Beitrag zum Hochwasserschutz dar. Lediglich das Hochwasserrückhaltebecken Siegesbach, welches sich bereits in Planung befindet, hat keinen signifikanten Einfluss auf die Hochwasserabflussverhältnisse in der Pulsnitz, sondern ist nur lokal bei häufigen Ereignissen am Siegesbach wirksam. Da dieses Becken jedoch zeitnah umgesetzt wird, wurde es in die Berechnung des Planzustandes einbezogen.

Tabelle 3-7: Hydrologischer Längsschnitt des Planzustandes

	ID	Bezeichnung Querschnitt	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀
Pulsnitz	13	Strassenbrücke Ohorn-Pulsnitz	1.92	2.4	2.87	3.49	3.97	4.68
	14	unterhalb Zufluss Goldborn von links	1.89	2.79	3.94	5.58	6.67	7.66
	15	oberhalb Ortslage Pulsnitz	1.97	2.98	4.3	6.13	7.33	8.06
	HRB 3	HRB Pulsnitz	1.96	2.94	4.23	4.5	4.5	4.5
	16	unterhalb Zufluss von links an Mittelmuehle	4.29	5.24	6.47	7.5	8.44	9.67
	HRB 2	HRB Siegesbach	0.763	1.17	1.56	1.88	2.56	2.97
	17	unterhalb Mündung Siegbach	4.92	6.11	7.7	9.17	10.5	11.7
	18	unterhalb Mündung Hahneflüsschen	5.44	6.68	8.17	9.75	11	12.8
	HRB 1	HRB Thiemendorf	5	5	5	5	5	5
	19	unterhalb Zufluss von links	5.62	7.15	7.76	8.6	9.88	10.4
	20	unterhalb Mündung Forellenbach	5.58	7.2	7.89	8.95	10.3	10.8
	21	Brücke an der Knochenmühle in Unterlichtenau	5.54	6.91	7.61	8.92	10.3	10.8
	22	Brücke in Reichenau uth. Bach von links	6.13	7.26	8.16	9.62	10.9	12.6
	23	oberhalb Mdg. Haselbach	6.07	7.14	8	9.4	10.7	12
24	uth. Mdg. Haselbach	11.1	11.5	12.3	13.9	15.5	16.8	
Weißbach	1	K9250 in Steina	1.52	2.04	2.33	2.64	2.99	4.53
	2	Bahnlinie in Untersteina	3.42	4.53	4.92	5.64	6.29	7.82
	3	uth. Zufluss von rechts	3.58	4.79	5.24	6.1	6.96	8.31
	HRB 4	HRB Bischheim 2	1	1	1	1	1	1
	4	obh. Mdg. in den Haselbach	1.55	1.77	1.91	2.1	2.29	2.77
Haselbach	5	Beginn Bearbeitungsstrecke	1.72	2.74	3.41	4.34	4.9	5.55
	6	uth. Mdg. Bach von rechts	3.77	5.35	6.04	7.17	8.05	9.95
	HRB 6	HRB Gersdorf	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	3.51
	HRB 5	HRB Klinge	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.219
	7	uth. Mdg. Klinge	5.13	6.37	7.03	8.07	8.9	11.1
	8	uth. Zulauf Dorfteich	4.76	5.78	6.39	7.31	8.06	9.79
	9	obh. Mdg. Weissbach	4.72	5.67	6.27	8.26	9.11	11.02
	10	uth. Mdg. Weissbach	5.78	6.69	7.29	9.43	10.28	12.19
	11	Bruecke uth. Zulauf von rechts	5.94	6.63	7.23	9.34	10.19	12.08
12	Mdg. in die Pulsnitz	5.84	6.45	7.06	9.13	9.97	11.85	

Tabelle 3-8: Vergleich der HQ(T) zwischen Ist- und Planzustand

	ID	Bezeichnung Querschnitt	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀
Pulsnitz	13	Strassenbrücke Ohorn-Pulsnitz	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	14	unterhalb Zufluss Goldborn von links	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	15	oberhalb Ortslage Pulsnitz	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	HRB 3	HRB Pulsnitz	0.0%	0.0%	0.0%	-25.0%	-37.2%	-43.0%
	16	unterhalb Zufluss von links an Mittelmuehle	0.0%	0.0%	0.0%	-7.7%	-10.4%	-8.3%
	HRB 2	HRB Siegesbach	-22.1%	-15.8%	-12.4%	-18.6%	-5.2%	-4.2%
	17	unterhalb Mündung Siegbach	-3.7%	-1.9%	0.3%	-5.3%	-6.3%	-7.0%
	18	unterhalb Mündung Hahneflüsschen	-1.8%	-1.8%	-0.7%	-4.7%	-6.5%	-5.5%
	HRB 1	HRB Thiemendorf	-10.6%	-27.0%	-40.0%	-51.9%	-58.3%	-63.5%
	19	unterhalb Zufluss von links	-1.4%	-5.8%	-7.2%	-15.0%	-15.2%	-22.3%
	20	unterhalb Mündung Forellenbach	-3.0%	-2.6%	-3.1%	-10.9%	-11.1%	-19.0%
	21	Brücke an der Knochenmühle in Unterlichtenau	-3.5%	-3.6%	-5.1%	-10.4%	-10.1%	-18.4%
	22	Brücke in Reichenau uth. Bach von links	0.0%	0.0%	0.0%	-3.0%	-4.6%	-4.3%
	23	oberhalb Mdg. Haselbach	-0.2%	-0.1%	-0.1%	-4.8%	-5.8%	-8.3%
24	uth. Mdg. Haselbach	-16.4%	-27.5%	-32.3%	-35.7%	-36.9%	-40.5%	
Weißbach	1	K9250 in Steina	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	2	Bahnlinie in Untersteina	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	3	uth. Zufluss von rechts	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	HRB 4	HRB Bischheim 2	-71.6%	-78.9%	-80.6%	-83.3%	-85.4%	-87.9%
	4	obh. Mdg. in den Haselbach	-53.6%	-59.8%	-60.3%	-62.4%	-63.9%	-63.6%
Haselbach	5	Beginn Bearbeitungsstrecke	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	6	uth. Mdg. Bach von rechts	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	HRB 6	HRB Gersdorf	-43.0%	-61.4%	-64.9%	-70.3%	-73.2%	-39.5%
	HRB 5	HRB Klinge	-84.0%	-91.7%	-92.6%	-93.8%	-94.5%	-92.2%
	7	uth. Mdg. Klinge	-14.1%	-23.3%	-24.3%	-26.2%	-27.3%	-21.1%
	8	uth. Zulauf Dorfteich	-8.3%	-15.9%	-17.0%	-18.7%	-20.0%	-15.9%
	9	obh. Mdg. Weissbach	-7.6%	-14.7%	-15.7%	-16.9%	-18.1%	-15.0%
	10	uth. Mdg. Weissbach	-29.3%	-37.2%	-38.1%	-39.6%	-41.5%	-40.8%
	11	Bruecke uth. Zulauf von rechts	-26.3%	-34.7%	-35.7%	-37.3%	-39.2%	-38.3%
12	Mdg. in die Pulsnitz	-22.0%	-29.7%	-30.6%	-32.5%	-34.6%	-33.4%	

4 Hydraulische Berechnungen und Dokumentation der Ergebnisse

4.1 Gewählte Grundlagen

4.1.1 Beschreibung des verwendeten Programms

Für die Berechnung wurde das eindimensionale stationäre Wasserspiegellagenmodell HYDRA-WSP (Version 2014) genutzt.

Wichtige Eingangsgrößen für die hydraulische Modellierung mit HYDRA-WSP sind die terrestrisch vermessenen Gerinneprofile, welche durch das DGM für das Vorland verlängert wurden (Kapitel 2.3), die Abflussscheitelwerte für das entsprechende Hochwasserereignis und die Rauheitswerte von Gerinne und Vorland.

Die Berechnung der Wasserspiegellagen erfolgt in einem stationären ungleichförmigen Ansatz, durch Vergleich der Bernoullischen Energiehöhen aufeinanderfolgender Profile. Die Berechnung erfolgt dabei von unten nach oben, startet also im Unterwasser und arbeitet sich entgegen der Fließrichtung stromaufwärts. Verlustbeiwerte können dabei kontinuierlich über den Rauheitsbeiwert oder punktuell über Strömungsverluste an Bauwerken eingebunden werden.

Die Reibungsverluste des Gerinnes und des Vorlands werden separat eingebunden, indem der Fließquerschnitt in die drei Teilquerschnitte rechtes und linkes Vorland sowie Gewässerbett untergliedert wird. Dies geschieht über die Ausweisung der rechten und linken Uferkante (RU und LU). Die verwendeten Rauheitsbeiwerte basieren dabei auf dem Ansatz nach Manning-Strickler und geben die mittleren Verhältnisse des entsprechenden Teilquerschnittes wieder.

Über das Ausweisen von RU und LU ist es möglich, die Interaktion und dabei ebenfalls auftretende Fließverluste zwischen Vorlandabfluss und Gerinneabfluss zu berücksichtigen. Totwasserzonen (Zonen welche nicht abflusswirksam sind; z.B. Senken, dichte Bebauung, etc.) können zusätzlich links und rechts durch die Definition von Anfangs- und Endpunkt (PA und PE) für jedes Berechnungsprofil vom abflusswirksamen Querschnitt getrennt werden, um realistischere Ergebnisse erzielen zu können.

Ein weiteres wichtiges Mittel, um realistische Wasserspiegellagen zu ermitteln ist die Verzweigungsberechnung. Diese teilt den Durchfluss iterativ auf unterschiedliche, parallel geschaltete Fließquerschnitte/Berechnungsprofile auf und ermöglicht es, Gewässerverzweigungen (z.B. Mühlgräben, Abfluss in parallelen Senken) oder große um- oder überströmte Brücken zu simulieren.

Weiterführende fachliche Grundlagen sind der Anwenderbeschreibung zum Programm HYDRA-WSP [18] zu entnehmen.

4.1.2 Gewählte Bemessungsabflüsse

Wie in der Aufgabenstellung vom 10.09.2012 festgehalten, sollen mindestens sechs Rechenläufe mit verschiedenen Wiederkehrintervallen berücksichtigt werden. Als Ereignis mit mittlerer Häufigkeit soll das HQ_{100} untersucht werden, zusätzlich wurde das HQ_{200} als seltenes Ereignis herangezogen. Vervollständigt wird die

Untersuchung durch die häufigen und mittelhäufigen Ereignisse mit Jährlichkeiten von 5, 10, 20 und 50 Jahren.

4.1.3 Modellaufbau und Parametrisierung

Für die hydraulische Modellierung mit HYDRA-WSP werden die folgenden Parameter benötigt:

- Vermessungsdaten der Profile (Durchflussquerschnitt und Kilometrierung)
- Daten und Steuergrößen, für Querprofile
- Daten und Steuergrößen, für das Gewässer bzw. den Berechnungsabschnitt

Die Hoch- und Rechtswerte der Vermessungspunkte, welche bei der Vermessung der Querprofile aufgenommen worden sind, wurden im ersten Schritt umgerechnet, um die Position im Querprofil zu ermitteln (Positionierung beginnt in Fließrichtung links). Somit wurde ein Datensatz mit Position im Profil [m] und zugehöriger Höhe [m NHN] erstellt und in HYDRA-WSP eingebettet. Die Stationierung der Profile im Oberlauf der Pulsnitz knüpft unmittelbar an die Kilometrierung der Bearbeitung aus dem Jahr 2007 [6] an. Diese weist die Mündung der Haselbach in die Pulsnitz am Kilometer 58,424, in Analogie zu [8], aus. Für die Haselbach und die Weißbach wurde die Kilometrierung stets bei null an der Gewässermündung begonnen. Die Kilometerstation der restlichen Profile wurde anhand des Schnittpunkts des Vermessungsprofils mit der vermessenen Gewässerachse ermittelt.

Basierend auf der Kilometrierung wurden die Abstände der Profile zueinander berechnet. In Biegungen und Knicken des Gerinnelaufs wurde zusätzlich der Abstand im rechten und linken Vorland angepasst, da hier mitunter deutliche Abweichungen zur Fließstreckenlänge im Gerinne auftreten, was sich auf die hydraulischen Gesamtverluste auswirkt.

Die linken und rechten Uferkanten wurden unter Beachtung der Profilgeometrie und des Bewuchses definiert und im Längsschnitt (Anlage 9) festgehalten.

Falls erforderlich, wurden im Bereich von Sonderprofilen (z.B. Durchlässe) im Ober- und Unterwasser Behelfsprofile eingefügt, um den hydraulisch relevanten Bereich der Bauwerke abzugrenzen. Hierfür wurden die nächstliegenden Vermessungsprofile kopiert und deren Sohlpunkte entsprechend des Sohlgefälles in ihrer Höhe angepasst. Für hydraulisch relevante Stege wurde hingegen das Gerinneprofil unter dem Steg für die Behelfsprofile im Ober- und Unterwasser genutzt. Kleine Stege mit vernachlässigbarem hydraulischen Einfluss wurden im Modell nicht berücksichtigt bzw. als offenes Gerinne berechnet.

Die geometrischen Eigenschaften von Sonderprofilen wie beispielsweise Brücken und Wehren, konnten den Vermessungsergebnissen entnommen werden. Für Brückenkonstruktionen musste beispielsweise die Konstruktionsober- und unterkante definiert werden. Zur Parametrisierung von Wehren wurden die separat vermessenen Ober- und Unterwassersohltiefen herangezogen. Der Überfallbeiwert wurde dabei aus Literaturquellen abgeschätzt.

Im Zuge der Befahrung wurden die hydraulisch relevanten Einflussgrößen (Rauigkeit, lokale Verluste) bewertet. Weiterhin gab die Fotodokumentation der Vermessung der Haselbach detaillierte Anhaltspunkte für die hydraulische Rauheit für die einzelnen Profilquerschnitte.

Für die hydraulische Rauheit wurde der Ansatz von Manning-Stricker genutzt. Dabei wurde die DVWK-Schrift 92 [19] herangezogen. Da die Vorschläge der DVWK-Richtlinie vor allem spezifische Rauheiten zu einzelnen Merkmalen behandeln, wurden diese Werte in Abhängigkeit von dem vorhandenen Bewuchs abgemindert. Tabelle 4-1 listet die Spannweite der hydraulischen Rauheit für verschiedene Merkmale des Flussschlauchs und Vorlands auf.

In Abhängigkeit der baulichen Ausführung der Einlaufprofile von Brücken wurden zudem Verengungsverluste zwischen 0 und 0,5 berücksichtigt, um plausibel Rückstaueffekte simulieren zu können. Der Austrittsverlust am Brückenauslass wurde hingegen pauschal über den Ansatz nach Borda-Carnot einbezogen.

Tabelle 4-1: Mittlere hydraulische Rauheitsbeiwerte für die Abflussbereiche des Vorlands und Gerinnes

Merkmale des Flussschlauchs	Rauheitsbeiwert $k_{St} [m^{1/3}/s]$
Sandig-kiesige Sohle mit gemauerter Gerinnewand	30
Besser unterhaltene bzw. wenig bewachsene Gerinne; teilweise befestigte Böschung bzw. Gerinnewand in schlechtem Zustand	25 ... 28
Gerinne mit dichterem Böschungsbewuchs oder Uferbewuchs	22 ... 25
Stege und kleine Brücken	35
Brücken mit gemauerten oder betonierten Wänden, Wehre	40 ... 50
Merkmale der Vorländer	
Dichter Bewuchs durch Sträucher und Bäume oder im Querschnitt geometrisch nichterfasster Gebäude	15
Geringer Bewuchs (Wiesen, Ackerflächen)	20 ... 25

Für die Gewässer Pulsnitz, Haselbach und Weißbach wurde eine Unterteilung der drei Hauptuntersuchungsabschnitte in mehrere Berechnungsabschnitte vorgenommen (Tabelle 4-2). Für den ersten Abschnitt eines Gewässers wurde iterativ ein Anfangswasserspiegel ermittelt und ein Sohlgefälle abgeschätzt. Da das Anfangsprofil eines neuen Abschnittes immer das Endprofil des vorangegangenen Abschnittes darstellt, konnte für die restlichen Berechnungsabschnitte der Anfangswasserspiegel aus der letzten berechneten Wasserspiegelhöhe genutzt werden. Die Unterteilung der Berechnungsabschnitte richtet sich vorrangig nach

besonderen hydraulischen Brennpunkten (z.B. Mühlgräben) und sonstigen modelltechnischen Verzweigungen (z.B. Überströmung verrohrter Abschnitte).

Für die Pulsnitz konnte im Unterlauf auf das bereits bestehende Altmodell von 2007 zurückgegriffen werden (Berechnungsabschnitte P_HQ(T)_1...6). Der in dieser Untersuchung neu zu betrachtende Abschnitt im Oberlauf der Pulsnitz wurde mit einem eigenständigen Modell berücksichtigt, welches nahtlos an das Altmodell anknüpft (Berechnungsabschnitt P_HQ(T)_7). Hierfür wurde das letzte Profil des Altmodells in die Datenbank des Neumodells kopiert und über Gleichung 2-1 in das Höhenmodell DHHN92 umgerechnet. Da auch die berechnete Wasserspiegellage des Altmodells im Höhensystem HN76 vorlag, wurde diese ebenfalls umgerechnet und als Anfangswasserspiegel für das Neumodell herangezogen.

Tabelle 4-2: Einteilung der Untersuchungsabschnitte in Berechnungsabschnitte

Gewässer	Bezeichnung der Modelldatei	Abschnitt von km	Abschnitt bis km
Pulsnitz (Alt- und Neumodell)	P_HQ(T)_1	58.079	59.967
	P_HQ(T)_2	59.967	61.850
	P_HQ(T)_3	61.850	64.179
	P_HQ(T)_4	64.179	66.036
	P_HQ(T)_5	66.036	67.677
	P_HQ(T)_6	67.677	69.767
	P_HQ(T)_7	69.767	74.134
Haselbach	H_HQ(T)_1	0.020	2.846
	H_HQ(T)_2	2.846	5.912
	H_HQ(T)_3	5.912	8.609
	H_HQ(T)_4	8.609	10.536
	H_HQ(T)_5	10.536	13.375
Weißbach	W_HQ(T)_1	0.007	2.905
	W_HQ(T)_2	2.905	3.352
	W_HQ(T)_3	3.352	4.322
	W_HQ(T)_4	4.322	4.915
	W_HQ(T)_5	4.915	5.534
	W_HQ(T)_6	5.534	6.332

4.1.4 Kalibrierung / Plausibilisierung / Sensitivitätsanalyse

Eine Plausibilisierung der berechneten Wasserspiegellagen und der daraus resultierenden Überschwemmungsflächen des HQ₁₀₀ wurde im Unterlauf der Pulsnitz (oberhalb Ortslage Pulsnitz bis Mündung Haselbach) und im Unterlauf der Haselbach (Möhrsdorf bis Mündung in die Pulsnitz) anhand bestehender Modellergebnissen aus dem Jahr 2007 [6] bzw. 2003 [7] durchgeführt und dem Landratsamt Bautzen, der Landesdirektion Sachsen und der Vertretung der Gemeinde Haselbachtal am 12.08.2014 vorgestellt.

Die neuen Berechnungsergebnisse sind im Unterlauf der Pulsnitz nahezu identisch und weichen nur lokal geringfügig von den Berechnungsergebnissen von 2007 ab. Gründe hierfür sind:

- Geringfügig veränderte Wasserspiegellagen wegen angepasster Scheitelabflüsse auf Grundlage des überarbeiteten hydrologischen Längsschnittes,
- Verwendung eines anderen DGM für den Verschnitt von 2007,
- Lokale Anpassungen des Überschwemmungsgebietes von 2007.

Entlang der Haselbach wurden im Vergleich mit den Ergebnissen von 2003 lokal deutlichere Abweichungen festgestellt. Als Gründe wurden folgende Ursachen identifiziert:

- In der Bearbeitung von 2003 wurden deutlich weniger Querprofile vermessen und für die hydraulische Modellierung und den Verschnitt mit dem DGM verwendet.
- Der überarbeitete hydrologische Längsschnitt weist höhere Scheitelabflüsse auf als 2003.
- Das neue DGM2 weist eine höhere Genauigkeit gegenüber dem DGM von 2003 auf.
- Gerade in den Abschnitten, in denen die aktuellen Berechnungen größere Überflutungsbereiche ausweisen, wurden diese durch Erfahrungen von Anwohnern (Befragung, Meldung an die Gemeinde) bestätigt.

Durch Anwohnerbefragungen und verschiedene dokumentierte Ausuferungen (siehe Kapitel 1.4.2), konnten zudem die ermittelten Überschwemmungsflächen im Bereich des Wehres am Abzweig des Mühlgrabens in Gersdorf, im Bereich Möhrsdorf und an verschiedenen Stellen entlang der Hauptstraße an der Weißbach in Niedersteina (Station 4+400 und 4+900 bis 5+200) bestätigt werden.

Die Modellergebnisse konnten somit von verschiedenen Seiten plausibilisiert werden. In der Beratung vom 12.08.2014 wurde das erarbeitete Modell daher von der Landesdirektion Sachsen, dem Landratsamt Bautzen und der Gemeinde als plausibel bewertet.

4.2 Berechnungen

4.2.1 Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Gewässer (bordvoller Abfluss) und der Bauwerke

Die Feststellung der Leistungsfähigkeit eines Gewässers erfolgt über die Ermittlung des möglichen bordvollen Abflusses im Gerinne. Programmtechnisch wird dies bei eindimensionaler Simulation über die Ermittlung der Abflussmenge zwischen linkem und rechtem Uferpunkt bzw. einem in Ufernähe befindlichen Hochpunkt je verwendetem Gerinneprofil umgesetzt (Abbildung 4-1).

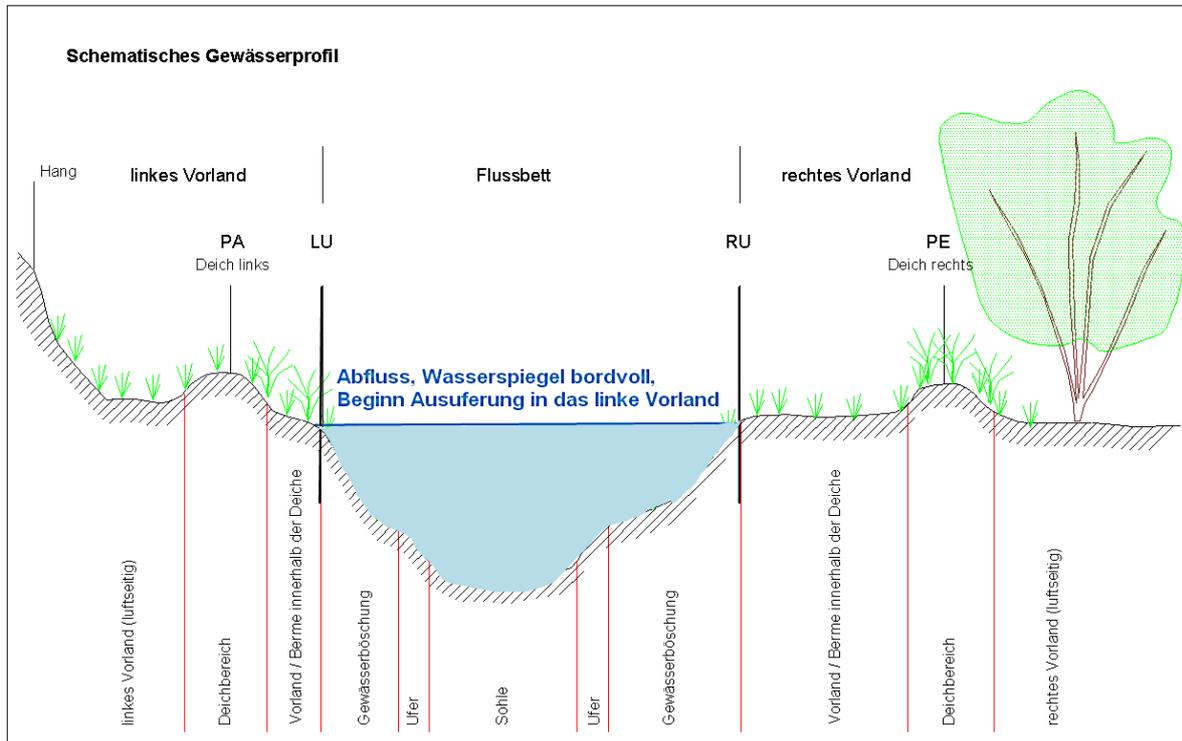


Abbildung 4-1: Schematische Darstellung des abflusswirksamen Querschnittes bei Bordvoll-Berechnung

Bei Brücken gilt der Durchlassquerschnitt als abflusswirksamer Querschnitt für die Bordvollberechnung, so dass das Erreichen der Brückenunterkante durch die Wasserspiegellage den maximal möglichen Abfluss bestimmt.

Grundlage zur Ermittlung der bordvollen Leistungsfähigkeit war das unter HYDRA-WSP aufgebaute hydraulische 1D-Modell (Kapitel 4.1.1)

Alle notwendigen Eingangsgrößen wurden in einer Datenbank zusammengestellt, bearbeitet und zur Berechnung mit dem Simulationsprogramm HYDRA-WSP (Version 2014) [18] in eine ASCII-Datei umgewandelt.

Zur Bestimmung der bordvollen Abflussleistung wurden für jeden betrachteten Gewässerabschnitt Wasserspiegellagenberechnungen mit verschiedenen Scheitelabflussmengen durchgeführt. Nach Abgleich der Ergebnisse wurden die maximal möglichen Abflussmengen bestimmt, ab deren Erreichen ein Ausuferen in das linke oder rechte Vorland beginnt.

Die Ergebnisse der Bordvoll-Berechnungen bzw. die ermittelten bordvollen Abflussmengen sind für jedes betrachtete Gewässer separat in tabellarischer Form dokumentiert (Anlage 3).

Im Weiteren werden die Ergebnisse der Berechnungen der einzelnen Gewässerabschnitte ausgewertet und dargestellt.

Brücken und Wehre wurden für die Ausführung der Berechnungen, wenn möglich, in einfache Abflussprofile umgewandelt. Bei geraden Brückendurchlässen wurden die höchsten Punkte für die Abflussbegrenzung auf

die Unterkanten gelegt. Bei Bogenbrücken wurde die Durchlassfläche in eine entsprechende Rechteckfläche mit einer Seitenbreite, die der Durchlassbreite entspricht, umgewandelt. Auch die Einlauf- und Auslaufdurchlässe von Verdolungen wurden in einfache Profile (analog den Brückendurchlässen) umgewandelt. Um die tatsächliche Leistungsfähigkeit von Rohrdurchlässen und Verdolungen zu ermitteln, wurden mit dem Programmsimulator HYDRA-WSP [18] separate Berechnungen durchgeführt und die so ermittelten bordvollen Abflussmengen mit in die Ergebnistabellen Anlage 3 eingetragen.

Kritische Engstellen sind die Wehranlagen im Gerinne eines Gewässers. Bei 1D-Berechnungen kann sich die Erfassung von Querströmungen (Geschwindigkeiten) und die Abflussaufteilung an Abzweigstellen von Nebengerinnen problematisch gestalten, daher wird hier oft eine geringerer Abflussmenge ermittelt als das Gerinne an Fassungsvermögen tatsächlich aufweist.

Die stufenweise Ermittlung des bordvollen Abflusses wurde mit $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ als Startwert begonnen und dann iterativ jeweils um $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht, bis der berechnete Wasserspiegel einen der Uferhochpunkte überschritten hatte. Die Feinabstimmung erfolgt programmintern, so dass in der Ergebnistabelle für jedes Profil der maximal mögliche Durchfluss mit zwei Stellen nach dem Komma ausgewiesen wird.

Tabelle 4-3: Kurzcharakteristik der Gewässer Pulsnitz, Haselbach und Weißbach

	Pulsnitz	Haselbach	Weißbach
Beginn	58+079	0+020	0+007
Ende	74+134	13+375	6+332
Anzahl Profile	620	495	254
Anzahl Brücken	71	97	43
Anzahl Verdolungen	11	0	17
Anzahl Wehre / Sohlswellen	7	3	5

Ermittlung Bordvoll-Abfluss Gewässerabschnitt Pulsnitz (km 58,078 – 74,134)

Ortslage Reichenbach: Vom Beginn der Bearbeitungsstrecke oberhalb der Einmündung des Mittelflusses (km 58,1) bis ca. km 59,9 schwankt der bordvolle Abfluss der Pulsnitz zwischen $7 - 18 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Ausuferungen beginnen öfter im linken Vorland, jedoch zwischendurch erfolgt auch rechts das Ausuferen in das Vorland. Im Bereich der Brücken wird der bordvolle Abfluss meist nicht oder nur minimal eingeschränkt. Von km 59,9 bis zum Abzweig des Kofeweges erreicht der bordvolle Abfluss $12 - 38 \text{ m}^3/\text{s}$ bevor Ausuferungen beginnen – in diesem Abschnitt öfter im rechten Vorland.

Die Profile bei km 59,601 und km 60,221 (Oberwasser Wehr) sowie km 60,383 (OW Brücke) weisen einen abweichend geringen bordvollen Abfluss auf: Minimum $0,86 / 2,07 \text{ m}^3/\text{s}$. Das größte Durchlassvermögen wurde im Abschnitt zwischen km 60,0 – 60,2 im Bereich der Brücke „Hofeweg“ ermittelt. Hier ist

das Gerinne der Pulsnitz tief eingeschnitten und der bordvolle Abfluss kann bis $45,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Brückendurchlass) erreichen.

Zwischen den Ortslagen Reichenbach und Lichtenau schwankt der bordvolle Abfluss zwischen $10 - 16 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Ausuferungen beginnen meist im rechten Vorland.

In Niederlichtenau (km 60,7 - 62,6) erreicht der bordvolle Abfluss $7 - 22 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Ausuferungen beginnen hauptsächlich linksseitig. Den geringsten bordvollen Abfluss mit nur $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ weist das Profil 61,502 auf. Hier ist das linke Ufer deutlich niedriger als oberhalb und unterhalb. Das größte bordvolle Abflussvolumen im benannten Abschnitt wurde unterhalb der Wegebrücke „Uferweg“ und zwischen der Brücke „Königsstraße 20/22“ und der Brücke „Talweg“ ermittelt ($28,1 \text{ m}^3/\text{s}$ – Brückendurchlass).

Im Bereich von Oberlichtenau (km 62,6 - 64,6) schwankt der bordvolle Abfluss von unter $10 \text{ m}^3/\text{s}$ bis über $28 \text{ m}^3/\text{s}$. Dabei fallen die Profile km 63,143 ($1,25 \text{ m}^3/\text{s}$), km 64,027 ($1,10 \text{ m}^3/\text{s}$) und km 64,238 ($1,12 \text{ m}^3/\text{s}$) mit extrem niedrigem bordvollem Abfluss auf. Maximale Abflusswerte wurden bei Profil km 2,940 ($33,0 \text{ m}^3/\text{s}$) und im Bereich der Brücke „Feuerwehr Oberlichtenau“ ($25,1 - 30,67 \text{ m}^3/\text{s}$) ermittelt. Die Ausuferungen wechseln mehrmals links- und rechts beginnend.

Im freien Gelände zwischen km 64,6 - 65,0 weist das Gerinne der Pulsnitz nur ein geringes Fassungsvermögen auf. Der bordvolle Abfluss beträgt hier im Durchschnitt nur ca. $3 - 6 \text{ m}^3/\text{s}$, maximal $9,07 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei km 64,9 fasst das Gerinne nur $2,12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zwischen km 65,0 - 66,2 in der Ortslage Friedersdorf wurden ca. $2 - 7 \text{ m}^3/\text{s}$ als bordvoller Abfluss ermittelt. Von unterhalb der Verdolung „Keulbergweg“ bis unterhalb der Verdolung /Brücken-Wehr am Mühlgraben wurden bordvolle Abflussmengen bis $9,3 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet. Die beiden Verdolungen fassen bedeutend weniger: $4,17 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. $3,10 \text{ m}^3/\text{s}$. Einen extrem geringen bordvollen Abfluss weist das Profil 65,781 mit nur $0,99 \text{ m}^3/\text{s}$ auf. Hier im Oberwasser der Brücke „Am Mühlengraben Haus-Nr. 4 – 8“ kommt der Abfluss fasst zum Stillstand, obwohl die Brücke selbst ein Durchlassvermögen von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ aufweist.

Weiter stromauf, oberhalb der Brücke „Meißner Weg“ im Profil 66,105, beträgt der bordvolle Abfluss nur minimale $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$ (sehr niedrige Uferkanten).

Im Bereich von Friedersdorf tritt die Pulsnitz meist zuerst im rechten Vorland über die Ufer.

In der sich anschließenden Ortslage von Thiemendorf (km 66,2 - 66,7) beginnen die Ausuferungen meist zuerst linksseitig. Der bordvolle Abfluss schwankt zwischen $4 - 7 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei km 66,2 wurde ein Abflusswert von $2,62 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt und im Profil 66,573 erreicht der bordvolle Abfluss nur $2,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Als maximaler Abflusswert wurden im betrachteten Abschnitt $20,3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Durchlassprofil der Feldweg-Brücke bei km 66,405 ermittelt.

Zwischen den Ortslagen von Thiemendorf und dem stromauf gelegenen Pulsnitz (km 66,7 - 67,7) erreicht der bordvolle Abfluss Werte von $4 - 10 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei km 66,9 sowie stromunterhalb und –oberhalb der Feldweg-Brücke bei km 67,253 wurde ein minimaler bordvoller Abfluss von $2 - 3 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt. Das maximale bordvolle Fassungsvermögen des Gerinnes der Pulsnitz in diesem Abschnitt wurde durch die Berechnungen bei km 67,5 mit $15,25 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgewiesen.

In der Ortslage von Pulsnitz zwischen km 67,7 – 69,5 erreicht der bordvolle Abfluss im Durchschnitt 4 - 9 m³/s. Der Beginn der Ausuferungen wechselt dabei immer wieder zwischen beiden Vorländern. Die Brücke an der Mittelmühle (bei km 67,888) und sowohl der Oberwasser- als auch der Unterwasserbereich der Brücke weisen in der Ortslage das höchste bordvolle Fassungsvermögen auf: 11 – 20 m³/s. Besonders gering ist das Fassungsvermögen der Verdolung in der Bachstraße (km 68,5) und bei Profil km 68,777 mit 2,29 m³/s bzw. 1,93 m³/s. Auf dem Gewässerabschnitt entlang des Schlossparks weist die Pulsnitz ein bordvolles Fassungsvermögen von 5 -7 m³/s auf. Am südlichen Ortsrand passen nur 2 – 4 m³/s in das Gerinne.

Stromoberhalb der Ortslage Pulsnitz (km 69,5 – 73,1) durchquert das Gewässer hauptsächlich bewaldetes Gelände. Das Gerinne ist auf diesem Abschnitt nicht sehr breit und auch nur gering eingeschnitten. Der bordvolle Abfluss erreicht daher nur 1,5 – 3 m³/s, bevor schon Ausuferungen abwechselnd in beide Vorländer beginnen. Mit 1,01 m³/s wurde für das Profil 70,505 der minimalste Abflusswert ermittelt. Die Straßenbrücke der K9242 (Großröhrsdorfer Straße) bei km 70,268 kann problemlos von 32 m³/s durchströmt werden.

Von km 73,1 und über das Ende der Bearbeitungsstrecke der Pulsnitz bei km 74,134 hinaus erstreckt sich die Ortslage von Ohorn. Das Gerinne weist hier wiederum nur ein geringes bordvolles Fassungsvermögen auf. Schon bei Abflussmengen über 2 m³/s beginnen die Ausuferungen. Dabei wird überwiegend zuerst das rechte Vorland überströmt.

Mit 0,75 m³/s wurde bei Profil km 73,230 stromoberhalb der Brücke „Hufestraße“ die geringste bordvolle Abflussmenge ermittelt. Hier wird es bei stärkerer Wasserführung häufig zu Überflutungen in das rechte Vorland kommen. Die größten bordvollen Abflussmengen wurden im Gewässerabschnitt bei Ohorn im Bereich der Profile km 73,612 mit 7,5 m³/s bzw. km 73,215 mit 12,21 m³/s ermittelt.

Ermittlung Bordvoll-Abfluss Gewässerabschnitt Haselbach (km 0,020 – 13,375)

Der Haselbach mündet zwischen km 58,4 und 58,58 von rechts in die Pulsnitz. Im Abschnitt von der Mündung bis km 3,1 nach stromauf fließt der Bach durch offenes Gelände, wo er z.T. mäandriert bzw. auch tiefer eingeschnitten ist. Das bordvolle Fassungsvermögen entlang dieses Abschnittes reicht durchschnittlich von 6 – 10 m³/s. Für die Wegebrücken-Durchlässe, meist mit gerader Unterkante, wurden bordvolle Abflussmengen bis 22,75 m³/s ermittelt. Der Beginn der Ausuferungen wechselt zwischen beiden Vorländern.

Ab km 3,1 bis nach km 4,9 erstreckt sich die Ortslage Haselbachtal-Häslich. Die Auswertung der Bordvoll-Berechnung weist hier einen durchschnittlichen Abfluss von 4 - 7 m³/s aus. Am westlichen Ortsrand werden auch 10 m³/s bordvoller Abfluss erreicht. Das Brückenprofil bei km 3,526 können sogar bis zu 21,25 m³/s passieren. Bei km 4,5 erreicht der bordvolle Abfluss minimale 2,3 – 2,9 m³/s, bevor schon Ausuferungen beginnen. Überflutungen der Vorländer entstehen wechselseitig links und rechts des Gerinnes.

Stromoberhalb km 4,9 schließt sich bis km 7,3 die Ortslage von Haselbachtal-Bischheim an. Vom westlichen Ortsrand bis ca. 200 m stromoberhalb des Lindenweges (bei km 6,6) erreicht der bordvolle Abfluss im Durchschnitt $6 - 9 \text{ m}^3/\text{s}$. Weiter bis zum östlichen Ortsrand schwankt der bordvolle Abfluss zwischen $3 - 6 \text{ m}^3/\text{s}$. Ein größeres Fassungsvermögen weist das Gerinne des Haselbaches bei km 5,1 ($11 \text{ m}^3/\text{s}$), bei km 5,7 – 5,8 ($10 - 20 \text{ m}^3/\text{s}$) sowie bei km 5,0 -6,0 ($11 - 16 \text{ m}^3/\text{s}$) und bei km 6,1 ($11 \text{ m}^3/\text{s}$) auf.

Die Bahnbrücke und die beiden Straßenbrücken (u.a. Brücke „Bahnhofstraße“) zwischen km 7,2 und 7,3 können von $25 \text{ m}^3/\text{s}$ durchströmt werden.

Bei km 6,360 wurde mit $1,86 \text{ m}^3/\text{s}$ der minimalste bordvolle Abflusswert dieses Gewässerabschnittes berechnet. Die Ausuferungen wechseln mehrmals links- und rechts beginnend.

Weiter stromauf erstreckt sich von km 7,3 bis km 9,5 die Ortslage von Gersdorf. Etwa bis km 8,1 schwankt der bordvolle Abfluss zwischen $6 - 8 \text{ m}^3/\text{s}$. Der größte bordvolle Abfluss wurde hier für das Profil bei km 7,938 mit $18,72 \text{ m}^3/\text{s}$ (OW Brücke) ermittelt. Die geringste bordvolle Abflussmenge wurde für das Profil bei km 7,556 mit nur $2,45 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgewiesen. Das Ausuferen beginnt hier nach links. Sonst wechselt der Beginn der Ausuferungen in beide Vorländer.

Ab km 8,1 kann das Gerinne des Haselbaches im Bereich der Ortslage Gersdorf $7 - 12 \text{ m}^3/\text{s}$ aufnehmen. Mit $13 - 17 \text{ m}^3/\text{s}$ wurden die größten bordvollen Durchflussmengen für den Brückenbereich (UW, OW) bei km 8,645 ermittelt.

Den mit $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ minimalsten bordvollen Abfluss weisen die Berechnungen in diesem Abschnitt für das Profil km 9,449 (OW Wehr) aus. Die Bezeichnung „Wasserwiesen“ für den Abschnitt von hier bis ca. 500 m stromauf zeigt auch, dass der Haselbach hier öfter über seine Ufer tritt. Wobei die Ausuferungen sowohl rechts als auch links beginnen.

Bis unterhalb der Strauchmühle / Haselbachstraße (km 10,5 -10,6) erreicht der bordvolle Abfluss $4 - 7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Es schließt sich zwischen km 10,5 – 11,9 die Ortslage von Möhrsdorf an. Hier wurde der bordvolle Abfluss im Durchschnitt mit $2-4 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet. Bei km 11,506 wurden $13,25 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt und zwischen km 11,640 und 11,738 kann das Gerinne des Haselbaches zwischen $6 - 13 \text{ m}^3/\text{s}$ aufnehmen. Sehr niedrig ist der bordvolle Abfluss im Bereich zwischen km 11,3 – 11,35 mit $1,85 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Wegebrücke bei km 11,448 hat ein Durchlassvermögen von nur $1,41 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Ausuferungen beginnen überwiegend im rechten Vorland.

Von km 11,9 bis km 12,5 fließt der Haselbach im Taltiefsten parallel zur Haselbachstraße. Der bordvolle Abfluss schwankt hier um die $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Ausuferungen beginnen hauptsächlich in das linke Vorland.

Zwischen km 12,5 – 12,9 erstreckt sich die Ortslage Obersteina. Im Durchschnitt beträgt der bordvolle Abfluss in diesem Abschnitt $4-6 \text{ m}^3/\text{s}$. Jedoch zwischen km 12,6 - 12,8 erreicht das Durchlassvermögen des Gerinnes nur $1,75 - 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vom südlichen Ortsausgang von Obersteina bis zum Ende der Berechnungsstrecke am Haselbach (km 13,375 im „Schweinegrund“) ist die ermittelte Abflussmenge für den bordvollen Abfluss sehr gering und schwankt zwischen $0,73 - 2 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Ausuferungen beginnen überwiegend nach links.

Ermittlung Bordvoll-Abfluss Gewässerabschnitt Weißbach (0,007 – 6,332)

Der Weißbach mündet zwischen km 4,7 - 4,8 von links in den Haselbach. Auf den ersten 400 m fließt der Weißbach in der Ortslage von Haselbachtal-Häslich. Die ersten 200 m weisen nur ein geringes Fassungsvermögen des Gerinnes auf. Hier erreicht der bordvolle Abfluss maximal $1,75 \text{ m}^3/\text{s}$, weiter stromauf sind es dann schon bis $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zwischen km 0,4 – 3,0 fließt der Weißbach durch freies Gelände, bei km 0,9 – 1,2 vorbei an Sportplätzen und dem Bad im Wiesengrund (linkes Vorland). In diesem Bereich wurde der bordvolle Abfluss mit bis zu $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt, die Brücke „Jahnstraße“ (km 0,869) hat sogar ein Durchlassvermögen von $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Direkt oberhalb dieser Stelle bei km 1,0 passen jedoch nur $0,7 - 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in das Gerinne, dann beginnt das Gewässer ins linke Vorland auszufern.

Bis zur Ortslage Weißbach wurden durchschnittlich geringe bordvolle Abflusswerte berechnet: $0,8 - 2 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei Profil km 2,651 beginnt schon ab $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ das Ausufer in das linke Vorland.

Von km 3,0 bis km 4,0 durchquert der Weißbach die Ortslage Weißbach. Für diesen Abschnitt wurde ein bordvoller Abfluss von $2 - 6 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt. Die maximalen Abflussmengen liegen bei $6 - 8 \text{ m}^3/\text{s}$ (km 3,127). Nur ein geringes Fassungsvermögen weist das Gerinne bei km 3,373 mit $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$ auf.

Direkt an die Ortslage Weißbach schließt sich bis km 5,5 Niedersteina an. Durch mehrere Verdolungen (Rohrdurchlässe, meist DN1000) ist das Gerinne des Weißbaches eingengt und so konnten hier nur geringe bordvolle Abflussmengen ermittelt werden: $1,5 - 4 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei km 4,054 fasst das Gerinne nur $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ bevor ein Ausufer nach links beginnt. Das Überströmen der Uferkanten wechselt sonst mehrmals zwischen links und rechts.

Von km 5,5 bis km 6,0 fließt der Weißbach durch die Ortslage Steina. Das Gerinne des Weißbaches wird auf diesem Abschnitt über längere Strecken (bis zu 100 m und mehr) durch Rohre unterirdisch durch den Ort geführt. Die Verdolungen – Rohre mit DN1000 – fassen im Durchschnitt $2 - 3 \text{ m}^3/\text{s}$. Generell ist der ermittelte bordvolle Abfluss sehr gering: $1 - 3 \text{ m}^3/\text{s}$ werden maximal erreicht, bevor der Weißbach über die Ufer tritt. Besonders gering ist das Fassungsvermögen des Gerinnes bei km 5,767. Hier ufer der Bach schon ab $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ in das linke Vorland aus.

Am Ende der Berechnungsstrecke, zwischen km 6,0 – 6,3 im Ortsteil Steina-Himmelreich ist das Gerinne und damit auch der bordvolle Abfluss wieder durch mehrere Verrohrungen (DN300 bis DN1000) sehr eingeschränkt. Mit Abflussmengen zwischen $0,11 - 0,85 \text{ m}^3/\text{s}$ beginnt hier recht schnell der Bach meist in das linke Vorland auszufern.

4.2.2 Ermittlung von Wassertiefe / Wasserstand / Fließgeschwindigkeit im Ist-Zustand

Für die Erstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten ist es notwendig, neben dem Überschwemmungsgebiet auch die Wassertiefen auszuweisen.

Hierfür wird zunächst jedem verlängerten Querprofil im GIS die, durch das hydraulische Modell berechnete, Wasserspiegellage zugewiesen. Diese Höheninformation wird herangezogen, um über die Querprofile ein TIN aufzuspannen, welches die Wasserspiegellage zwischen benachbarten Profilen interpoliert. Ein TIN ist im Allgemeinen eine digitale Höhenoberfläche, welche durch eine Dreiecksvermaschung zwischen verschiedenen Stütz aufgespannt wird. Die Interpolation der Höheninformationen erfolgt entlang der Dreieckskanten linear. Durch die Umwandlung dieses TIN in ein Raster und der anschließenden Subtraktion mit dem DGM in jedem Rasterknoten ist es möglich, die Wassertiefe zu bestimmen. Für Zellen, in denen das Gelände höher als der Wasserspiegel ist, kommt es dabei zu negativen Werten in dem erzeugten Wassertiefenraster. Eine Eliminierung dieser negativen Werte führt zu einer ersten Rohfassung der Wassertiefen bzw. Überflutungsflächen. Für den Bereich des Altmodells der Pulsnitz war darauf zu achten, dass vor dem Verschnitt der Wasserspiegellagen mit dem DGM eine Angleichung an das verwendete Höhensystem vorgenommen werden musste. Da die errechneten Wasserspiegellagen des Altmodells im HN-System vorlagen wurde Gleichung 2-1 genutzt, um diese Information in das DHHN92-System zu überführen.

Da in dieser Rohfassung des Wassertiefenrasters jedoch noch Flächen als überschwemmt ausgewiesen werden, welche keinen direkten (z.B. Rückstaubereich Nebengewässer) oder indirekten (z.B. Rohrleitung) hydraulischen Anschluss zum Hauptüberschwemmungsgebiet besitzen, ist eine weiterführende Überarbeitung nötig, um das reale Überschwemmungsgebiet ausweisen zu können. Hierfür wurde das Wassertiefenraster in ein Shape überführt und weiter verarbeitet. Dabei wurden die hydraulisch nicht an das Hauptüberschwemmungsgebiet angeschlossenen Flächen entfernt und hochwasserfreie Inseln $< 50 \text{ m}^2$ gelöscht. Im Ergebnis resultiert diese Bearbeitung in einem bereinigten Überschwemmungspolygon.

Um eine aufsteigende Ausdehnung der Überschwemmungsflächen von HQ_5 bis HQ_{200} zu gewährleisten, wurden die bereinigten Überschwemmungspolygone zudem an das HQ_{100} (da dieses vor allen zur Kalibrierung und Plausibilisierung diente) und dem nächst seltenerem Ereignis angepasst. Dies wird nötig, da es vereinzelt an Engstellen des Fließquerschnitts zu Fließwechseln kommt, welche trotz höherem Durchfluss zu niedrigeren Wasserspiegellagen führen können (schießender Abfluss).

Für die ausgewählten relevanten Jährlichkeiten (siehe Kapitel 4.2.3), welche zur Erstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten herangezogen werden, wurde aus darstellerischen Gründen zudem eine Glättung des Überschwemmungspolygons durchgeführt. Hierfür kam das ArcGIS-Tool „Polygon glätten“ mit einem PAEK-Faktor von 4 zur Anwendung.

Diese bereinigten Überschwemmungspolygone konnten anschließend herangezogen werden, um die Rohfassung der Wassertiefenraster zu beschneiden und so von unplausiblen Flächen zu bereinigen.

Da die hydraulische Modellierung eindimensional durchgeführt wurde, kann nur eine mittlere Fließgeschwindigkeit für die drei Profilabschnitte (Gerinne, rechtes und linkes Vorland) für jedes Berechnungsprofil ermittelt werden. Da zur Ermittlung des Schadenspotentials (siehe Kapitel 6.2.1) die Fließgeschwindigkeit jedoch flächenhaft für das gesamte Überschwemmungsgebiet benötigt wird, wurden die Fließgeschwindigkeiten interpoliert.

Im Ergebnis der hydraulischen Berechnung wurden für jedes Berechnungsprofil die mittlere Fließgeschwindigkeit im linken bzw. rechten Vorland und dem Gerinne ermittelt. Im GIS wurden daher diese drei Abschnitte unterteilt und mit den ermittelten Fließgeschwindigkeiten belegt. Anschließend wurde über ein TIN die Fließgeschwindigkeit linear interpoliert und letztendlich in ein Raster mit der Auflösung von 2 m umgewandelt. Auf diese Weise konnten die unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten zwischen Gerinne und Vorland gut abgebildet werden. Dieses Vorgehen wurde auf der Beratung vom 27.10.2015 mit dem AG, dem LRA Bautzen, sowie der LDS abgestimmt.

4.2.3 Auswahl der relevanten Jährlichkeiten entsprechend den Gebietsbedingungen

In Absprache mit der Landesdirektion Sachsen, dem Landratsamt Bautzen als Untere Wasserbehörde und der Gemeinde Haselbachtal wurden am 12.08.2014 die drei für das Untersuchungsgebiet relevanten Jährlichkeiten festgesetzt. Auf Grundlage vorläufiger Berechnungsergebnisse konnte zu diesem Termin festgehalten werden, dass Ausuferungen bereits ab HQ_{10} auftreten, ein maßgebliches Gefährdungspotential bebauter Flächen jedoch erst für ein HQ_{20} zu erwarten ist. Somit wurden folgende Hochwasserereignisse zur Erstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten herangezogen:

- $HQ_{\text{häufig}} = HQ_{20}$
- $HQ_{\text{mittel}} = HQ_{100}$
- $HQ_{\text{extrem}} = HQ_{200}$

Das HQ_{100} wurde als mittelhäufiges Ereignis durch die Leistungsbeschreibung vom 10.09.2012 gefordert und in Abstimmung mit dem Landratsamt Bautzen (06.02.2014) das HQ_{200} als extremes Hochwasserereignis festgesetzt.

4.2.4 Ermittlung der Wassertiefe / Wasserstand / Fließgeschwindigkeit im Plan-Zustand für die drei Jährlichkeiten

Die Wassertiefe, der Wasserstand und die Fließgeschwindigkeit wurden analog der Vorgehensweise des Ist-Zustandes (siehe Kapitel 4.2.2) ermittelt.

Die Scheiteldurchflüsse an den einzelnen Berechnungsprofilen wurden hierfür an die Ergebnisse des hydrologischen Längsschnittes des Planzustandes angepasst. Darin wird die Wirkung sämtlicher Retentionsstandorte berücksichtigt. Die restlichen technischen Maßnahmen, welche in Kapitel 7.2 vorgestellt werden mussten hingegen in die Geometrie der Berechnungsprofile eingearbeitet werden.

Für Maßnahmen des Gerinneausbaus oder der Neuerrichtung von Gräben wurde dabei ein mittleres Gefälle zwischen Anfangs- und Endstation der Maßnahme ermittelt und ein Vorschlag für die neue Gerinnegeometrie (Tiefe und Breite) umgesetzt, welcher in der Lage ist, den Hochwasserscheitel bei HQ_{100} mindestens bordvoll abführen zu können. Üblicherweise wurde jedoch zusätzlich ein Freibord von 20 cm berücksichtigt.

Für Maßnahmen des linearen Hochwasserschutzes, wie beispielsweise Verwallungen, Hochwasserschutzmauern und die Erhöhung von bestehenden Ufermauern, wurde die Gerinnegeometrie auf der entsprechenden Uferseite durch Erhöhung der Uferkante und das Setzen eines Anfangs- bzw. Endpunktes (modellinterne Berechnungsmethodik) realisiert.

Um den Bearbeitungsaufwand in Grenzen zu halten, wurden Brücken- und Durchlassprofile, welche aufgeweitet werden sollen, aus der Berechnung herausgenommen. So wird im Berechnungslauf sichergestellt, dass eine Brücke kein Strömungshindernis mehr darstellt. Daher kann an dieser Stelle kein konkreter Vorschlag für die letztendliche Ausgestaltung des Brückenquerschnittes gemacht werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die in dieser Bearbeitung angegebenen Dimensionen der Maßnahmen nur eine Vordimensionierung zur Abschätzung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses darstellen. Bei einer Umsetzung der einzelnen Maßnahmen ist eine detaillierte Ausführungsplanung nötig, welche eine abweichende Dimensionierung vorsehen kann. Dieser Hinweis ist insbesondere für die anzupassenden Brückenquerschnitte zutreffend.

4.3 Erarbeitung von Überschwemmungskarten für den Ist- und Planzustand für die drei gewählten Jährlichkeiten

Die Überschwemmungsgebiete können den detaillierten Hochwassergefahrenkarten der gewählten Jährlichkeiten von 20, 100 und 200 Jahren entnommen werden, welche in Anlage 4 abgebildet sind. Die Vorgehensweise zur Erstellung dieser Karten wird in Kapitel 5.1 vorgestellt. Für den Planzustand wurde eine Maßnahmenkarte erarbeitet, welche alle technischen Schutzmaßnahmen verortet und das Überschwemmungsgebiet des Planzustandes darstellt.

5 Ableitung von HW-Gefahrenkarten und HW-Risikokarten

Für die ausgewählten, relevanten Jährlichkeiten HQ_{20} , HQ_{100} und HQ_{200} (siehe Kapitel 4.2.3) wurden Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erarbeitet. Die Vorgehensweise richtete sich dabei nach der Leistungsbeschreibung vom 10.09.2012 und stützte sich auf LAWA-Empfehlungen [3]. Dieses Kapitel dient der Dokumentation der Herangehensweise zur Erstellung des Kartenmaterials.

Die Grundlagen der Kartenerstellung bildeten die Kartenvorlagen für Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, welche durch den Auftraggeber bereitgestellt wurden. Des Weiteren wurden folgende Materialien zur Erstellung der Karten herangezogen:

- ATKIS-Basis DLM (Stand 2013) [9]
- DTK10 (Stand Februar 2014) [9]
- OGC Dienst „Bautzen Geoweb“ (Stand September 2014) [12]
- FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete, Trinkwasserschutzgebiete (Stand Juni 2013) [20]
- Bevölkerungsentwicklung im Freistaat Sachsen nach Gemeinden (Stand Juni 2013) [11]
- IED-Anlagenliste (Stand Dezember 2013) [10]

In den Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten werden Landespegel dargestellt. Innerhalb des Bearbeitungsgebietes existieren jedoch keine Sächsischen Landespegel. Der nächstgelegene offizielle Pegel befindet sich unterhalb der Mündung der Haselbach in die Pulsnitz in Reichenau. Der Pegel Reichenau 1 wurde 2010 in Betrieb genommen und ersetzt den ehemaligen Pegel Königsbrück. Der Pegel Königsbrück liegt außerhalb des Blattschnittes der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, wird jedoch in der Übersichtskarte dargestellt.

Außerdem wurden der Durchfluss, der Wasserstand und die daraus resultierende Hochwasseralarmstufe am Pegel Reichenau 1 tabellarisch für das in den Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten jeweils betrachtete Hochwasser dargestellt. Da der Pegel Reichenau 1 jedoch unterhalb des Bearbeitungsgebiets liegt und daher dessen Hochwasseralarmstufe nur bedingt Relevanz für das Bearbeitungsgebiet hat, wurden entsprechen der Abstimmung vom 28.11.2014 diese Pegelwerte nur für den Blattschnitt 1 (Mündung Haselbach in Pulsnitz) dargestellt.

Entsprechend der Abstimmung im Rahmen der Beratung vom 28.11.2014 wurden abweichend von der Kartenvorlage kommunale Pegel der Wasserwehr in die Kartendarstellung aufgenommen. Innerhalb der Stadt Pulsnitz wurden vier dieser kommunalen Pegel der Wasserwehr gemeldet:

- Brückenweg in Pulsnitz (Pegel an der Pulsnitz)
- Brücke an der Dresdener Straße in Pulsnitz (Pegel an der Pulsnitz)
- Sandweg im Ortsteil Friedersdorf (Pegel an der Pulsnitz)
- Nordstraße in Pulsnitz (Pegel an der Siegesbach, Nebengewässer der Pulsnitz)

Da die Darstellung derartiger Pegel nicht in den Vorlagen der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten vorgesehen ist, wurde die Legende entsprechend angepasst. Die Symbolik zur Darstellung der kommunalen Pegel der Wasserwehr orientiert sich dabei an den Vorgaben für die Landespegel und nutzt lediglich eine andere Farbgebung.

5.1 HW-Gefahrenkarten für die drei gewählten Intensitätsstufen

Nach den LAWA-Empfehlungen [3] sind in Hochwassergefahrenkarten das Ausmaß der Überflutung (Fläche), die Wassertiefen in den Überflutungsgebieten (unterteilt in geschützte Gebiete und Gebiete ohne technischen Hochwasserschutz) und die Fließgeschwindigkeit darzustellen. Entsprechend der bereitgestellten Kartenvorlage wurden zusätzlich Bauwerke am Gewässer dargestellt:

- Deiche, Hochwasserschutzwände, linienförmige mobile Hochwasserschutzsysteme
- Brücken (mit Visualisierung der Verklausungsgefahr)
- Wehre

Da im Untersuchungsgebiet keine technischen Hochwasserschutzanlagen vorhanden sind, wurden in den Hochwassergefahrenkarten nur die Wassertiefen für Gebiete ohne technischen Hochwasserschutz dargestellt. Dies erfolgte in einer blaufarbenen Abstufung. Da eine eindimensionale hydraulische Modellierung den erstellten Hochwassergefahrenkarten zugrunde lag, konnte keine flächenhafte Verteilung der Fließgeschwindigkeit dargestellt werden. Die Fließgeschwindigkeit kann in einem eindimensionalen Modell nur als Mittelwert über den gesamten Fließquerschnitt eines Berechnungsprofils ausgegeben werden und bietet somit keine flächenhafte Information. In Absprache mit dem Landratsamt Bautzen (12.08.2014) wurden diese Inhalte (Deiche, Hochwasserschutzwände, linienförmige mobile Hochwasserschutzsysteme, Wassertiefe in geschützten Gebieten, Fließgeschwindigkeit) trotzdem in die Kartenlegende aufgenommen, inhaltlich aber nicht in der Karte dargestellt.

Die Überschwemmungsflächen wurden über die bereinigten Überschwemmungspolygone dargestellt, welche aus dem Wasserspiegellagenverschnitt mit dem DGM2 erstellt wurden (Kapitel 4.2.2). Die Wassertiefe wurde in fünf Wassertiefenklassen abgebildet und basiert auf den bereinigten Wassertiefenraster, welches zu diesem Zweck reklassifiziert und in ein Polygon umgewandelt wurde. Folgende Unterteilung wurde für die Wassertiefe vorgenommen:

- > 0 - 0,5 m
- > 0,5 - 1 m
- > 1 - 2 m
- > 2 m - 4 m
- > 4 m

Die in Kapitel 4.2.2 bereinigten, hochwasserfreien Inseln < 50 m², welche dem Überschwemmungsgebiet zugeordnet wurden und somit keine realen Wassertiefen aufweisen, wurden in der Darstellung die Wassertiefenklasse > 0 - 0,5 m zugeordnet. Dieses Vorgehen wurde am 12.08.2014 mit den Entscheidungsträgern abgestimmt.

Die Verklauungsgefahr von Brücken wurde, wie am 12.08.2014 abgestimmt, nur für die in der DTK10 verzeichneten Brücken visuell dargestellt. Die Verklauungsgefahr wurde anhand des Freibords bewertet, welcher sich aus der Differenz von vermessener Brückenunterkante und hydraulisch modellierter Wasserspiegellage errechnet.

- Freibord > 0,5 m → Brücke nicht gefährdet
- Freibord ≤ 0,5 m → Brücke gefährdet
- Freibord ≤ 0,0 m → Brücke eingestaut

Abweichend zu den LAWA-Empfehlungen [3] wurde des Weiteren die Darstellung von Sedimentations- und Erosionsbereichen gefordert. Hinsichtlich der Sedimentationsbereiche wurden durch das Bauamt der Gemeindeverwaltung Haselbachtal Informationen bei den betroffenen Gemeinden eingeholt. Tabelle 5-1 listet alle ermittelten Sedimentationsbereiche auf:

Tabelle 5-1: Durch das Bauamt der Gemeindeverwaltung Haselbachtal ermittelte Sedimentationsbereiche im Untersuchungsgebiet

Sedimentationsbereiche			
Gemeinde	Gewässer	Flusskilometer	Adresse
Pulsnitz, Stadt	Pulsnitz	60+400 bis 60+700	Pulsnitztalstraße 6 bis Pulsnitztalstraße 185
		63+600 bis 64+100	Pulsnitzer Straße 21 bis Pulsnitzer Straße 49
		64+300 bis 64+500	Kreuzung Gartenweg / Teichberg bis Teichberg 2
		64+800 bis 65+250	Unterstromig Am Mühlgraben 14
		65+700 bis 65+900	Am Mühlgraben 6 bis Am Mühlgraben 3
		68+550 bis 68+600	Brücke an Robert-Koch-Straße 2
		69+350 bis 69+400	Brücke an Brückenweg 10
Haselbachtal	Pulsnitz	58+840 bis 59+200	Pulsnitztalstraße 44 bis Pulsnitztalstraße 30
		59+200 bis 59+300	An der Pulsnitz 14 bis An der Pulsnitz 6
		59+700 bis 60+700	Pulsnitztalstraße 19 bis Pulsnitztalstraße 6
	Haselbach	4+100 bis 4+550	Reichenbacher Straße 16 bis Mündung Weißbach
		5+350 bis 5+500	Hauptstraße 84 bis Am Haselbach 18
		6+770 bis 6+820	Brücke an Ringweg 10
		7+500 bis 7+900	Niedergersdorfer Straße 10 bis Mündung Klinge
		8+000	Veilchenstraße 1 b (linke Seite)
		8+200 bis 8+500	Veilchenstraße 22 bis Weißbacher Straße 1
		8+700 bis 9+200	Mühlweg 3 bis Zum Viebig 1
		9+350 bis 9+450	Wehr an Obergersdorfer Straße 52
		11+200 bis 11+500	Nussbaumweg 1 bis Haselbachstraße 21
		Mühlgraben	Auf gesamter Länge
	Weißbach	0+000 bis 0+150	Mündung bis Brücke-Hauptstraße
Steina	Weißbach	3+000 bis 3+130	An der Weißbach 58 bis An der Weißbach 54
		3+250 bis 3+300	An der Weißbach 43 bis An der Weißbach 41
		3+350 bis 3+400	An der Weißbach 35
		3+500 bis 3+580	An der Weißbach 25 bis An der Weißbach 20
		3+700 bis 3+770	An der Weißbach 14 bis An der Weißbach 7
		5+100 bis 5+220	Hauptstraße 59 bis Hauptstraße 54

Derzeitig sind verschiedene Baumaßnahmen an den betrachteten Gewässern in Planung. Die betroffenen Abschnitte und die zugehörigen Maßnahmen wurden von dem planenden Büro Wolf und Partner zur Verfügung gestellt. Aus diesen Informationen wurden verschiedene potentielle Erosionsbereiche identifiziert, welche zudem durch Angaben des Bauamts der Gemeinde Haselbachtal ergänzt wurden (Tabelle 5-2).

Tabelle 5-2: Durch das Bauamt der Gemeindeverwaltung Haselbachtal ermittelte Erosionsbereiche im Untersuchungsgebiet

Erosionsbereiche			
Gemeinde	Gewässer	Flusskilometer	Adresse
Haselbachtal	Pulsnitz	59+450	An der Pulsnitz 1
		60+100	Pulsnitztalstraße 10
	Haselbach	5+700	Hauptstraße 64
		6+100 bis 6+150	Bischheim Park
		7+600	Niedergersdorfer Straße 12
		7+950 bis 8+000	Veilchenstraße 7 bis Veilchenstraße 8
		8+000	Veilchenstraße 13 (rechte Seite)
		8+300	Veilchenstraße 29
		8+650 bis 8+700	Obergersdorfer Straße 3 bis Obergersdorfer Straße 5
		9+300 bis 9+400	Brücke Hufenbergweg
		10+550	Haselbachstraße 1
		10+700	Haselbachstraße 3
		10+900 bis 10+950	Haselbachstraße 7 bis Brücke
		11+400 bis 11+500	Haselbachstraße 21 bis Brücke
	Weißbach	0+870 bis 0+900	Jahnstraße

5.2 HW-Risikokarten für die drei gewählten Intensitätsstufen

Nach den LAWA-Empfehlungen [3] sind in Hochwasserrisikokarten die Anzahl der potentiell betroffenen Einwohner, die Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in dem potentiell betroffenen Gebiet (Flächennutzung), IVU-Anlagen gemäß [21] und potenziell betroffene Schutzgebiete gemäß [22] darzustellen. Entsprechend der bereitgestellten Kartenvorlage wurden zusätzlich gefährdete Objekte und Einrichtungen des Katastrophenschutzes dargestellt:

- Gefährdete Objekte: Kindertagesstätten
Schulen
Pflegeeinrichtungen
Wassergewinnungsanlagen
Kläranlagen
Größere Umspannanlagen
- Katastrophenschutz: Feuerwehr
Polizei
Größere medizinische Einrichtungen
mögliche Notunterkünfte (z.B. Turnhallen)

Die wesentliche Grundlage zur Ausweisung dieser zusätzlichen Objekte war das ATKIS-Basis-DLM (Stand November 2013). Tabelle 5-3 gibt eine Aufschlüsselung der verschiedenen ATKIS-Objektarten und deren Zuordnung zu den geforderten Karteninhalten:

Tabelle 5-3: Zuordnung der ATKIS-Objektarten zu den gefährdeten Objekten und Katastrophenschutz

	Karteninhalt	Objektart [Objektart - Kennzahl]	
Gefährdete Objekte	Kindertagesstätte	Keine ATKIS-Entsprechung vorhanden	
	Schule	[31001 - 3021] Allgemein bildende Schule	
	Pflegeeinrichtung	Keine ATKIS-Entsprechung vorhanden	
	Wassergewinnungsanlage		[51009 - 1781] Brunnen (Trinkwasserversorgung)
			[41002 - 2520] Wasserwerk
			[31001 - 2513] Wasserbehälter
	Kläranlage	[41002 - 2610] Kläranlage, Klärwerk	
Größere Umspannanlage	[41002 - 2540] Umspannstation		
Katastrophenschutz	Feuerwehr	[31001 - 3072] Feuerwehr	
		[51001 - 1007] Feuerwachturm	
	Polizei	[31001 - 3071] Polizei	
	Größere medizinische Einrichtung	[31001 - 3051] Krankenhaus	
		[31001 - 3242] Sanatorium	
	mögliche Notunterkunft	[31001 - 3211] Sport-, Turnhalle	
		[31001 - 2072 und 1020] Jugendherberge	
		[31001 - 2060] Messehalle	

Tabelle 5-4: Zuordnung der OGC-Objektarten zu den Karteninhalten

	Karteninhalt	OGC-Daten
Gefährdete Objekte	Kindertagesstätten	Kindergärten
		Kinderkrippen
		Hort
	Schulen	Grundschulen
		Oberschulen
		Gymnasien
		Förderschulen
Berufsbildende Schulen		
Pflegeeinrichtungen	Behindertenhilfe	
	Betreuung/Vorsorge	
Katastrophenschutz	Feuerwehr	Feuerwehren
	Polizei	Polizei
	größere medizinische Einrichtungen	Krankenhäuser
		Kliniken

Da für Kindertagesstätten und Pflegeeinrichtungen aus dem ATKIS-Objektkatalog keine Entsprechungen zugeordnet werden konnten, wurden diese gesammelten ATKIS-Daten mit den Informationen, welche über

den OGC-Dienst des „Bautzen Geoweb“ [12] bereitgestellt werden, ergänzt. Dabei sind nicht nur Kindertagesstätten und Pflegeeinrichtungen berücksichtigt worden, sondern auch Angaben zu Feuerwehr, Polizei, Krankenhäuser und Schulen wurden plausibilisiert (Tabelle 5-4).

Die Anzahl potentiell betroffener Einwohner wurde anhand der LAWA-Empfehlungen von 2010 [3] abgeschätzt. Hierbei wird davon ausgegangen, dass eine Betroffenheit der Einwohner grundsätzlich angenommen werden kann, wenn die Überschwemmungsfläche eine „Wohnbaufläche“ oder eine „Fläche gemischter Nutzung“ überdeckt. Der Orientierungswert zur Anzahl der betroffenen Einwohner wurde ermittelt, indem von einer Gleichverteilung der Einwohner einer Gemeinde auf die genannten Flächen ausgegangen wurde und entsprechend der von Überschwemmungsflächen überdeckten Anteile als Anteil der Gesamteinwohnerzahl der Gemeinde berechnet wurde. Die Einwohnerzahlen stammen aus der Statistik „Bevölkerungsentwicklung im Freistaat Sachsen nach Gemeinden“ (Stand Juni 2013) [11].

Zur Ausweisung von IVU-Anlagen wurde eine tabellarische Zusammenstellung aller im Freistaat Sachsen gelisteter IED-Anlagen herangezogen, welche auf der Website des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Verfügung gestellt wird [10]. Im betrachteten Untersuchungsgebiet sind keine IVU-Anlagen vorhanden (Stand Dezember 2013).

Die Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in den potentiellen Überschwemmungsgebieten (Flächennutzung) wurde auf Grundlage der ermittelten Überschwemmungsflächen (Kapitel 4.2.2) und des ATKIS-Basis-DLM ausgewiesen. Hierfür wurde eine Klassifizierung der unterschiedlichen ATKIS-Nutzungen vorgenommen, welche am 12.08.2014 durch den Auftraggeber bestätigt wurde:

Tabelle 5-5: Zuordnung der ATKIS-Objektarten zu den geforderten Flächennutzungsklassen

Flächennutzungsklasse	ATKIS-Objektart
Verkehrsflächen	42001 AX_Strassenverkehr 42009 AX_Platz 42010 AX_Bahnverkehr
Industrie- und Gewerbeflächen; Flächen besonderer funktionaler Prägung	41002 AX_IndustrieUndGewerbeflaeche 41007 AX_FlaecheBesondererFunktionalerPraegung
Wohnflächen, Flächen gemischter Nutzung	41001 AX_Wohnbauflaeche 41006 AX_FlaecheGemischterNutzung
landwirtschaftlich genutzte Flächen; Wald; Forst	43001 AX_Landwirtschaft 43002 AX_Wald 43003 AX_Gehoelz 43004 AX_Heide 43006 AX_Sumpf 43007 AX_UnlandVegetationsloseFlaeche
Sonstiges - hohes Schadenspotential	41008 AX_SportFreizeitUndErholungsflaeche
Sonstiges - geringes Schadenspotential	41004 AX_TagebauGrubeSteinbruch 41009 AX_Friedhof
Gewässer	44006 AX_StehendesGewässer

Die Darstellung der verschiedenen, geforderten Schutzgebiete (FFH – Schutzgebiete nach Natura 2000; SPA – Vogelschutzgebiete; Wasserschutzgebiete) basieren auf GIS-Shapes, welche über den Geodaten-downloaddienst des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft bereitgestellt werden [20]. Die Unterteilung der Wasserschutzgebiete in die drei Schutzzonen wurde, um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten, aufgehoben. Die Darstellung in der Karte entspricht somit der Umhüllenden des jeweiligen Wasserschutzgebietes.

6 Ermittlung des Schutzgrades sowie des Gefährdungs- und Schadenspotenzials

6.1 Ermittlung des bestehenden Schutzgrades

Im Untersuchungsgebiet sind keine Hochwasserschutzanlagen (Deiche, Hochwasserschutzwände, Hochwasserrückhaltebecken, etc.) vorhanden, welche eine besonderen Schutz gewährleisten könnten.

Pulsnitz. Bis zu einem HQ₅ werden Hochwässer entlang der Pulsnitz sicher abgeführt. Nur in wenigen Bereichen kommt es zu Ausuferungen, wobei noch keine Häuser betroffen sind. Ab HQ₁₀ sind erste Gebäude gefährdet. Jedoch treten selbst bei HQ₂₀₀ auf weiten Strecken keine Gefährdungen auf.

Haselbach. Entlang der Haselbach kann ein HQ₅ weitestgehend sicher abgeführt werden. Vereinzelt sind jedoch bereits bei einem derartigen Ereignis Häuser betroffen. Ab HQ₁₀ kommt es zu teils deutlichen Ausuferungen im Siedlungsraum, wodurch Häuser gefährdet werden.

Weißbach. Entlang der Weißbach treten bereits ab einem HQ₅ über nahezu die gesamte Strecke Ausuferungen auf, wodurch auch bauliche Anlagen gefährdet werden.

Der Schutzgrad der Pulsnitz ist relativ hoch. Selbst bei dem untersuchten Extremereignis sind viele Gewässerabschnitte nicht von Überschwemmungen betroffen. Entlang der Pulsnitz existieren nur wenige Brennpunkte, welche in Kapitel 6.4 beschrieben werden. Für die Haselbach muss der Schutzgrad als mäßig bis gering bewertet werden. Hier sind schon ab HQ₅ erste Gebäude betroffen und bei selteneren Ereignissen kommt es nahezu über die gesamte Gewässerstrecke zu Ausuferungen. Die Weißbach weist den Schlechtesten Schutzgrad auf. Schon bei häufigen Ereignissen kommt es zu Überflutungen entlang der gesamten Gewässerstrecke.

Im Untersuchungsgebiet kommt es vor allem durch verschiedene Querbauwerke (Brücken und kleine Stege) zu Problemen. Jedoch ist das Gerinne an sich schon auf weiten Teilen der Haselbach und Weißbach stark unterdimensioniert.

6.2 Ermittlung des Schadenspotenzials

6.2.1 Abschätzung gemäß Methodik LfULG (2005)

Gemäß der Aufgabenstellung wurde zur Abschätzung des Schadenspotentials ein Flächenansatz, basierend auf mittleren spezifischen Vermögenswerten für Sachsen [23] und den Überschwemmungsflächen für das jeweilige HQ(T) genutzt. Das Schadenspotential berechnet sich wie folgt:

$$S = A \cdot VW \cdot Y / 100$$

Gleichung 6-1

Mit:	S	Schadenspotential [€]
	A	Fläche [m ²] (eine Rasterzelle entspricht 4 m ²)
	VW	Spezifischer Vermögenswert [€/m ²] (nach Tabelle 6-2)
	Y	Schadigungsgrad [%] (nach Tabelle 6-2)

Sämtliche Angaben sind dabei als Nettokosten zu verstehen.

Da das Gefälle der betrachteten Fließgewässer teils sehr hoch ist, wurde für die Ermittlung des Schädigungsgrades auf den Ansatz des spezifischen Abflusses zurückgegriffen. Hierbei geht zusätzlich zu der Wassertiefe die Fließgeschwindigkeit in die Berechnung ein. Der spezifische Abfluss ergibt sich dabei aus dem Produkt aus Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit und kann als Abfluss pro Meter verstanden werden. Durch diesen Ansatz werden Schäden auf Grund der teils sehr hohen Fließgeschwindigkeiten berücksichtigt, welche schon bei geringen Fließtiefen auftreten.

Die detaillierte Aufschlüsselung der ATKIS-Landnutzung musste zur weiteren Berechnung generalisiert werden. Dabei wurde eine Gliederung der Landnutzung in acht unterschiedliche Klassen gemäß der Methodik des LfULG [23] vorgenommen (Tabelle 6-1).

Die Berechnung des Schadenspotentials erfolgte rasterbasiert. Die gewählte Rasterauflösung richtete sich dabei nach den erstellten Wassertiefenrastern und dem verwendeten DGM, welche eine Auflösung von 2 m aufweisen.

Für die einzelnen Landnutzungsklassen wurde das Schadenspotential zunächst separat an Hand der Wassertiefe und der landnutzungsspezifischen Schadensfunktion (sowie spezifischen Vermögenswert) berechnet (Gleichung 6-1). Dabei wurde zudem eine Unterteilung in drei Schadenstypen vorgenommen:

- Immobiler Schaden (Schäden an der Gebäude- bzw. Infrastruktursubstanz)
- Mobile Schäden (Schäden an technischer Gebäude- und sonstigen Ausrüstung, Gebäudeinhalten und Wertbestände auf Außenflächen)
- PKW-Schäden (Schäden an PKW innerhalb von Siedlungsflächen)

Tabelle 6-1: Zuordnung der ATKIS-Objektarten zu den Landnutzungsklassen

Nutzungsklasse	ATKIS-Objektart	Unterart
Siedlung	41001 AX_Wohnflaeche	komplett
	41006 AX_FlaecheGemischerterNutzung	
Industrie	41002 AX_IndustrieUndGewerbeflaeche	komplett
	41007 AX_FlaecheBesondererFunktionalerPraegung	
Verkehr	42001 AX_Strassenverkehr	komplett
	42009 AX_Platz	
	42010 AX_Bahnverkehr	
Ackerland	43001 AX_Landwirtschaft	Ackerland
		Streuobstwiesen
		Baumschule
		Obstplantage
Grünland	43001 AX_Landwirtschaft	Grünland
Forst	43002 AX_Wald	komplett
	43003 AX_Gehoelz	
	43004 AX_Heide	
Grün-, Sport- und Freizeitflächen	41008 AX_SportFreizeitErholungsflaeche	komplett
Sonstige	43006 AX_Sumpf	komplett
	43007 AX_UnlandVegetationsloseFlaeche	
	44006 AX_StehendesGewaesser	

Tabelle 6-2: Spezifischer Vermögenswert (aufgezinst und in Klammern original [23]) und Schädigungsgrad entsprechend Nutzungsklassen (x = spezifischer Abfluss) [23]

Nutzungsklasse	Spezifischer Vermögenswert [€/m²] *			Schädigungsgrad [%]		
	Immobil	Mobil	PKW	Immobil	Mobil	PKW
Siedlung	328,5 (259)	53,3 (42)	17,3 (13.66)	$Y = 16x$ $Y_{\max} = 100$	$Y = 4x^2 + x + 14$ $Y_{\max} = 100$	$Y = 28,571x - 7,143$ für $x < 0,25$ m: $Y = 0$ für $x > 2,0$ m: $Y = 50$
Industrie	262,5 (207)	91,3 (72)	0	$Y = x^2 + 18x$ $Y_{\max} = 100$	$Y = 17x + 6$ $Y_{\max} = 100$	$Y = 0$
Verkehr	253,6 (200)	2,5 (2)	0	$Y = 10x + 5$ für $x > 3$: $Y = 35$	$Y = 10x + 5$ für $x > 3$: $Y = 35$	$Y = 0$
Ackerland	0	0,5 (0.4)	0	$Y = 0$	$Y = 25x + 50$ $Y_{\max} = 100$	$Y = 0$
Grünland	0	0,3 (0.2)	0	$Y = 0$	$Y = 15x + 10$ Für $x > 3$: $Y = 55$	$Y = 0$
Forst	0	1,3 (1)	0	$Y = 0$	$Y = 5x$ für $x > 3$: $Y = 15$	$Y = 0$
Grün-, Sport- und Freizeitflächen	0	0,3 (0.2)	0	$Y = 0$	$Y = 15x + 10$ Für $x > 3$: $Y = 55$	$Y = 0$
Sonstige	0	0	0	$Y = 0$	$Y = 0$	$Y = 0$

* Spezifische Vermögenswerte sind als Nettokosten angegeben

Da die Angaben der spezifischen Vermögenswerte aus dem Jahr 2004 [23] stammen und daher nicht mehr aktuell sind, wurde eine Aufzinsung mit einem festen Zinssatz von 2 % vorgenommen. Die Aufzinsung erfolgte dabei über 12 Jahre bis 2016. Dieses Vorgehen wurde auf der Beratung vom 27.10.2015 mit dem AG, dem LRA Bautzen, sowie der LDS abgestimmt und entspricht dem üblichen Vorgehen bei ähnlichen Projekten.

Das gesamte Schadenspotential wurde anschließend durch die Summation aller Einzelschadenspotentiale ermittelt. In Tabelle 6-3 wird das Schadenspotential für die unterschiedlichen Schadenstypen der Landnutzung für das gesamte Untersuchungsgebiet und die Wiederkehrintervalle von 5, 10, 20, 50, 100 und 200 Jahren aufgeführt.

Das Schadenspotential des gesamten Untersuchungsgebietes reicht von 2,3 Mio. € bei einem fünfjährigen Hochwasser bis zu etwa 11,8 Mio. € bei einem 200-jährigen Ereignis. Etwa 98 % des prognostizierten Gesamtschadens resultieren aus dem Schadenspotential von Siedlungsflächen. Dies ist zum einen auf die hohen spezifischen Vermögenswerte von Siedlungsflächen, als auch auf deren hohen flächenmäßigen Anteil am Überschwemmungsgebiet zurückzuführen. Das restliche Schadenspotential des Untersuchungsgebietes verteilt sich vorwiegend auf Industrie- und Gewerbeflächen sowie Grünland. Acker oder Grün-, Sport- und Freizeitflächen tragen am wenigsten zum Schadenspotential bei. Die im ATKIS-Katalog ausgewiesenen Verkehrsflächen werden nicht überflutet, weshalb sich für diesen Nutzungstyp keine Schadenspotentiale ergeben.

Tabelle 6-3: Aufschlüsselung des Schadenspotentials verschiedener Wiederkehrintervalle für das gesamte Untersuchungsgebiet im Istzustand

Nutzungstyp	Schadenspotential [€]					
	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀
Siedlung	2.207.532	3.507.059	4.450.230	6.542.449	8.146.138	11.683.660
Industrie	34.972	46.169	54.915	76.305	96.655	116.203
Verkehr	0	0	0	0	0	0
Acker	766	1.488	1.807	3.407	4.046	5.230
Grünland	8.249	11.308	13.468	20.768	23.435	26.811
Forst	213	377	564	974	1.115	1.439
Grün-, Sport- und Freizeitflächen	147	250	335	594	731	919
Gesamt	2.251.880	3.566.651	4.521.318	6.644.497	8.272.120	11.834.262

Anschließend wurde auf Grundlage der berechneten ereignisbezogenen Schadenspotentiale der mittlere Schadenserwartungswert für das Bearbeitungsgebiet ermitteln. Dabei gehen die theoretischen Schadenspotentiale der Ereignisse von Schadensbeginn bis zum Schutzziel in die Berechnung ein. Der mittlere Scha-

denserwartungswert kann anschließend Aufschluss über die statistisch zu erwartenden monetäre Schäden geben, welche im langjährigen Mittel pro Jahr durch Hochwasser verursacht werden.

Tabelle 6-4: Kumuliertes Schadenspotential bis zu einem 100-jährigen Ereignis für das Bearbeitungsgebiet im Istzustand

Stützstelle	T_n [a]	Ereignisbezogene Eintrittswahrscheinlichkeit (P_i) [1/a]	Mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit zwischen den Stützstellen (ΔP_i) [1/a]	Ereignisbezogener Schaden (S_i) [€]	Mittlerer ereignisbezogener Schaden zwischen den Stützstellen $1/2 (S_{i-1} + S_i)$ [€]	Mittlerer ereignisbezogener Schadenserwartungswert (ΔSEW) [€/a]
1	5	0,2	0,1	2.251.880	2.909.265	290.927
2	10	0,1	0,05	3.566.651	4.043.985	202.199
3	20	0,05	0,03	4.521.318	5.582.908	167.487
4	50	0,02	0,01	6.644.497	7.458.309	74.583
5	100	0,01		8.272.120		
Kumuliertes Schadenspotential						735.196

Für das gesamte Bearbeitungsgebiet ergibt sich der mittlere Schadenserwartungswert bis zu einem 100-jährigen Ereignis zu 735.196 €/a (Tabelle 6-4). Der mittlere Schadenserwartungswert für diesen Betrachtungszeitraum beträgt für die Gemeinde Haselbachtal 350.860 €/a, Pulsnitz 211.410 €/a, Steina 159.473 €/a und Ohorn 12.251 €/a. Der mittlere Schadenserwartungswert für die Gemeinde Großröhrsdorf beträgt 1.203 €/a.

6.2.2 Ermittlung realer Schadensbilanzen

Durch die Gemeinde Haselbachtal und Steina wurden für das Hochwasser 2013 Schadensmeldungen an das Landratsamt Bautzen übermittelt. Zudem lagen Schadensmeldungen für das Hochwasser 2010 aus der Gemeinde Haselbachtal vor. Die gemeldeten Schäden wurden zunächst geprüft und alle Schäden, welche nicht innerhalb des Bearbeitungsgebiets auftraten, aussortiert.

Bei den gemeldeten Schäden handelt es sich um Schäden am Gewässer (Ufermauern, Böschungen, Wehranlagen, etc.) und der kommunalen Infrastruktur (Brücken, Straßen, etc.). Tabelle 6-5 und Tabelle 6-6 geben einen Überblick der gemeldeten Schäden, welche durch die beiden Hochwasserereignisse von 2013 und 2010 im Bearbeitungsgebiet verursacht wurden. Die Gemeinde Haselbachtal meldete für das Hochwasser

2010 Schäden in Höhe von etwa 140.000 € und für das Hochwasser 2013 von 1,3 Mio. €. Im Gebiet der Gemeinde Steina wurden 2013 Schäden von knapp 90.000 € gemeldet.

Tabelle 6-5: Schadenserfassung von Kommunalen Infrastruktur nach dem Hochwasser 2013 in den Gemeinden Haselbachtal und Steina

Gemeinde	ID-Nr.	Beschreibung	Gewässer	Schadenshöhe [€]
Haselbachtal	204	Ersatzneubau Stützmauer Haselbach, OT Bischheim	Haselbach	20.000
	236	Entschlammung des Parkteiches, Reparatur Ufermauer, OT Bischheim	Haselbach	100.000
	206	Gewässerberäumung der Haselbach in Ortslage	Haselbach	195.000
	220	Grundhafter Ausbau der Veilchenstraße, OT Gersdorf	Haselbach	150.000
	263	Instandsetzung / Erneuerung des Fahrbelages, Bau einer Entwässerungsmulde am Sportplatz, OT Möhrsdorf	Haselbach	60.000
	6818	Instandsetzung der Ufer-/Stützmauer der Haselbach, OT Gersdorf	Haselbach	69.100
	4759	Instandsetzung der Wehranlage und Umgestaltung der Fischtreppe, OT Gersdorf	Haselbach	155.000
	215	Instandsetzung des Widerlagers und von ca. 5 m angrenzender Ufermauer der Brücke Berggäßchen über die Haselbach, OT Bischheim	Haselbach	25.000
	257	Instandsetzung historischer Steindeckerbrücke Park Bischheim	Haselbach	20.000
	199	Stützwand an der Haselbach in der Veilchenstraße	Haselbach	68.500
	205	Ersatzneubau Stützmauer Mühlgraben, OT Gersdorf	Haselbach, Mühlgraben	20.000
	217	Gewässerberäumung des Mühlgrabens in Ortslage	Haselbach, Mühlgraben	16.500
	10047	Gewässerberäumung der Klinge in Ortslage	Klinge	27.500
	270	Ersatzneubau Brücke über die Pulsnitz, OT Reichenbach, Hofeweg	Pulsnitz	181.500
	227	Gewässerberäumung der Pulsnitz in Ortslage	Pulsnitz	94.000
	230	Instandsetzung der Brücke über die Pulsnitz, OT Reichenbach	Pulsnitz	15.000
	10050	Brücke über Weißbach, OT Bischheim, Jahnstraße	Weißbach	45.000
	232	Gewässerberäumung der Weißbach in Ortslage	Weißbach	40.000
Haselbachtal, gemeldete Schäden für 2013				1.302.100
Steina	1016	Gewässerberäumung an der Weißbach	Weißbach	15.850
	1040	Instandsetzung Uferstützmauer am Weißbach	Weißbach	71.313
	Steina, gemeldete Schäden für 2013			

Tabelle 6-6: Schadenserfassung von Kommunalen Infrastruktur nach dem Septemberhochwasser 2010 in der Gemeinde Haselbachtal

Gemeinde	ID-Nr.	Beschreibung	Gewässer	Schadenshöhe [€]
Haselbachtal	4	Uferbefestigung, Schöpfe Hauptstraße 80	Haselbach	15,100
	6	Entwässerung, Brücke Park Bischheim	Haselbach	3,553
	7	Parkwege, Park Bischheim	Haselbach	15,800
	8	Ufermauer Am Park, OT Bischheim	Haselbach	20,350
	9	Veilchenstraße, OT Gersdorf	Haselbach	6,900
	12	Wehranlage Haselbach, OT Gersdorf	Haselbach	9,850
	13	Brücke Hufenbergweg, OT Gersdorf	Haselbach	6,400
	11	Wehr Mühlgraben, Dammweg, OT Gersdorf	Haselbach, Mühlgraben	8,150
	10	Brücke Mühlweg, OT Gersdorf	Klinge	3,250
	14	Straße Windmühle, OT Möhrsdorf	Klinge	3,350
	2	Brücke Querweg, OT Reichenbach	Pulsnitz	46,500
	3	Wehranlage Weißbach-Mühlgraben	Weißbach	5,050
	Haselbachtal, gemeldete Schäden für 2010			

Aus den Schadensmeldungen des Hochwassers von 2010 geht hervor, dass die Wehranlage an der Haselbach (Abzweig Mühlgraben im Gersdorf) beschädigt wurde. Damals wurde der Schaden auf knapp 10.000 € geschätzt. Durch das Hochwasser des Jahres 2013 kam es zu einer erneuten Schädigung dieser Wehranlage und durch eine genauere Kostenschätzung wurde der Schaden auf 155.000 € beziffert. Es ist davon auszugehen, dass die Bewertung aus dem Jahr 2010 die verursachten monetären Schäden stark unterschätzte. Da nach dem Hochwasser 2010 zudem keine Instandsetzung der Anlage erfolgte, wird der angepasste Schaden in Höhe von 155.000 € (aus dem Jahr 2013) für die weiteren Betrachtungen zu den Schäden aus dem Jahr 2010 gerechnet, nicht aber zu denen des Hochwassers 2013.

Somit ergibt sich der in der Gemeinde Haselbachtal verursachte Schaden zu 299.253 € für das Hochwasser von 2010, bzw. zu 1.147.100 € für das Hochwasser von 2013. Der Hochwasserschaden der Gemeinde Steina ändert sich nicht und beträgt, wie in Tabelle 6-6 dargestellt, 87.163 € für das Jahr 2013.

Für die Gemeinde Haselbachtal ergibt sich eine große Differenz der gemeldeten Schäden von 2010 und 2013. Dies ist zunächst auf das unterschiedliche Wiederkehrintervall dieser beiden Ereignisse zurückzuführen. Das Hochwasser von 2013 kann gemäß der Statistik am Pegel Reichenau 1 (Kapitel 1.4.2) mit einem Wiederkehrintervall von 33 bis 40 Jahren eingeschätzt werden, was in einem höheren Schaden als für das Hochwasser von 2010, mit einem Wiederkehrintervall von 22 bis 23 Jahre, resultiert. Die absolute Differenz des gemeldeten Schadens erscheint jedoch sehr hoch. Bei genauerer Betrachtung der gemeldeten Schäden von 2013 fiel jedoch auf, dass als Grund für vereinzelte Schäden das wiederholte Auftreten von Hochwasser

genannt wurde. Es ist wahrscheinlich, dass sich die Schäden aus den beiden Hochwasserereignissen von 2012 und 2013, eventuell sogar 2010 zusammensetzen. Somit resultieren diese dokumentierten Schäden zumindest teilweise aus mehreren Hochwasserereignissen und überschätzen somit den realen Schaden des Hochwassers 2013.

Zu Schäden an Privateigentum konnten keine konkreten monetären Schäden recherchiert werden.

6.3 Bewertung der Ergebnisse, Vergleich theoretische und reale Schadensbilanzen

Wie in Kapitel 1.4.2 beschrieben, kann das Hochwasser von 2010 mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 22 bis 23 Jahren und das Hochwasser von 2013 mit 33 bis 40 Jahren eingestuft werden (bezogen auf den Pegel Reichenau 1). Aus diesem Grund wurden die berechneten Schadenspotentiale für ein HQ_{20} und HQ_{50} zum Vergleich der theoretischen und realen Schadensbilanzen herangezogen.

Die Auflösung der ATKIS-Daten, welche der Berechnung des Schadenspotentials zu Grunde lag, lässt jedoch keinen direkten Vergleich der berechneten Schadenspotentiale und der realen Schäden zu. Die Meldungen der realen Schäden decken nur die kommunale Infrastruktur und die Gewässer, nicht aber Schäden im privaten oder gewerblichen / wirtschaftlichen Bereich ab. Die berechneten Schadenspotentiale umfassen hingegen den gesamten zu erwartenden Schaden eines konkreten Ereignisses und gliedern diesen in die im Kapitel 6.2.1 benannten ATKIS-basierten Flächennutzungstypen auf. Da die räumliche Auflösung der ATKIS-Daten keine flächenhafte Ausweisung der betrachteten Gewässer Pulsnitz, Haselbach und Weißbach bzw. der kommunalen Infrastruktur zulässt, musste eine Selektion der berechneten und gemeldeten Schäden vorgenommen werden.

Um aus den zumeist punktuellen Schadensmeldungen der Hochwasserereignisse von 2010 und 2013 eine Information für eine verortbare Fläche zu generieren, welche anschließend mit den berechneten Schadenspotentialen verglichen werden kann, wurde der Flussschlauch der betrachteten Gewässer Pulsnitz, Haselbach und Weißbach (sowie aller vermessenen Mühlgräben) betrachtet. Hierfür wurden Schadensmeldungen zu Objekten in unmittelbarer Nähe zu diesen Gewässern selektiert. Dazu zählen alle Schäden an den Gewässern (Böschungen, Ufermauern, Gewässersohle, etc.), Kreuzungsbauwerken (Brücken, Rohre und Wehre) sowie unmittelbar neben dem Gewässer verlaufende Straßen und Wege. Diese selektierten Schadensmeldungen wurden anschließend mit dem berechneten Schadenspotential innerhalb eines pauschalen, 3 m breiten Flussschlauches entlang der vermessenen Gewässerachsen (jeweils 1,5 m rechts und links der Gewässerachse) verglichen.

Durch die vorgenommene Selektion der gemeldeten Schäden entfallen in dieser Betrachtung die Schäden des Hochwassers 2013 mit der ID-Nr. 236 (Parkteich Bischheim), 263 (Sportplatz Möhrsdorf) und 6510 (Berräumung des Nebengewässers Klinge), sowie für das Hochwasser 2010 die ID-Nr. 10 (Brücke über Nebengewässer Klinge) und 14 (Straße an Nebengewässer Klinge). Tabelle 6-7 stellt die so ermittelten realen und berechneten Schäden innerhalb des Flussschlauches gegenüber.

Tabelle 6-7: Vergleich der Schadensmeldungen (unmittelbare Nähe zum Gewässer) und des theoretischen Schadenspotential (Gesamtfläche bzw. nur Flussschlauch) für die Hochwasserereignisse 2010 und 2013 in den Gemeinden Haselbachtal und Steina

Gemeinde	Jahr	Gemeldeter Schaden [€]	Berechneter Gesamtschaden [€]	Schadenspotential Flussschlauch [€]	Verhältnis Berechnet / Gemeldet
Haselbachtal	2010	292.653 (HQ ₂₂₋₂₃)	2.205.302 (HQ ₂₀)	577.263 (HQ ₂₀)	1,97
	2013	959.600 (HQ ₃₃₋₄₀)	3,483,929 (HQ ₅₀)	718.109 (HQ ₅₀)	0.75
Steina	2013	87.163 (HQ ₃₃₋₄₀)	1,117,786 (HQ ₅₀)	128.212 (HQ ₅₀)	1.47
Summe		1.339.416	6.807.017	1.423.584	1.06

Der Vergleich zeigt eine eher mäßige Übereinstimmung zwischen realer und berechneter Schadensbilanz. Für die Gemeinde Haselbachtal wird das Hochwasser 2010 durch die Berechnung stark überschätzt, wohingegen die Abweichung zwischen realer und berechneter Schadensbilanz für das Ereignis 2013 lediglich 25 % beträgt und somit eine gute Übereinstimmung aufweist. Für die Gemeinde Steina kommt es hingegen wieder zu einer deutlichen Überschätzung von 47 %. Da im Mittel über beide Hochwasserereignisse 2010 und 2013 und die Gemeinden Haselbachtal und Steina das berechnete und dokumentierte Schadenspotential jedoch nur um 6 % voneinander abweicht, wird davon ausgegangen, dass der gewählte Ansatz plausible Ergebnisse für den Schadenserwartungswert liefert, welcher maßgeblich in die Nutzen-Kosten-Betrachtung eingeht.

6.4 Gefahrenanalyse / Besondere Gefahrenpunkte bei einem Schutzziel für Ortslagen von HQ₁₀₀

Pulsnitz Kilometer 73+100 bis 74+150: Ortslage Ohorn

Am Beginn der Bearbeitungsstrecke an der Pulsnitz in Ohorn, ist die Verrohrung unterhalb des Dorfteichs nicht in der Lage, den Hochwasserdurchfluss bei HQ₁₀₀ sicher abzuführen. So kommt es im Bereich des Sportplatzes von Kilometer 73+900 bis 74+050 zu Ausuferungen im Siedlungsraum. Eine Feuerwehr und eine Notunterkunft liegen dabei in unmittelbarer Nähe des Überschwemmungsgebietes im Bereich der Verrohrung. Des Weiteren gefährdet der Rückstaubereich oberhalb des Straßendurchlasses durch die Hufestraße am Kilometer 73+200 bebaute Siedlungsfläche, linksseitig der Pulsnitz. Insgesamt sind in Ohorn 8 Gebäude betroffen und zwei Brücken eingestaut.

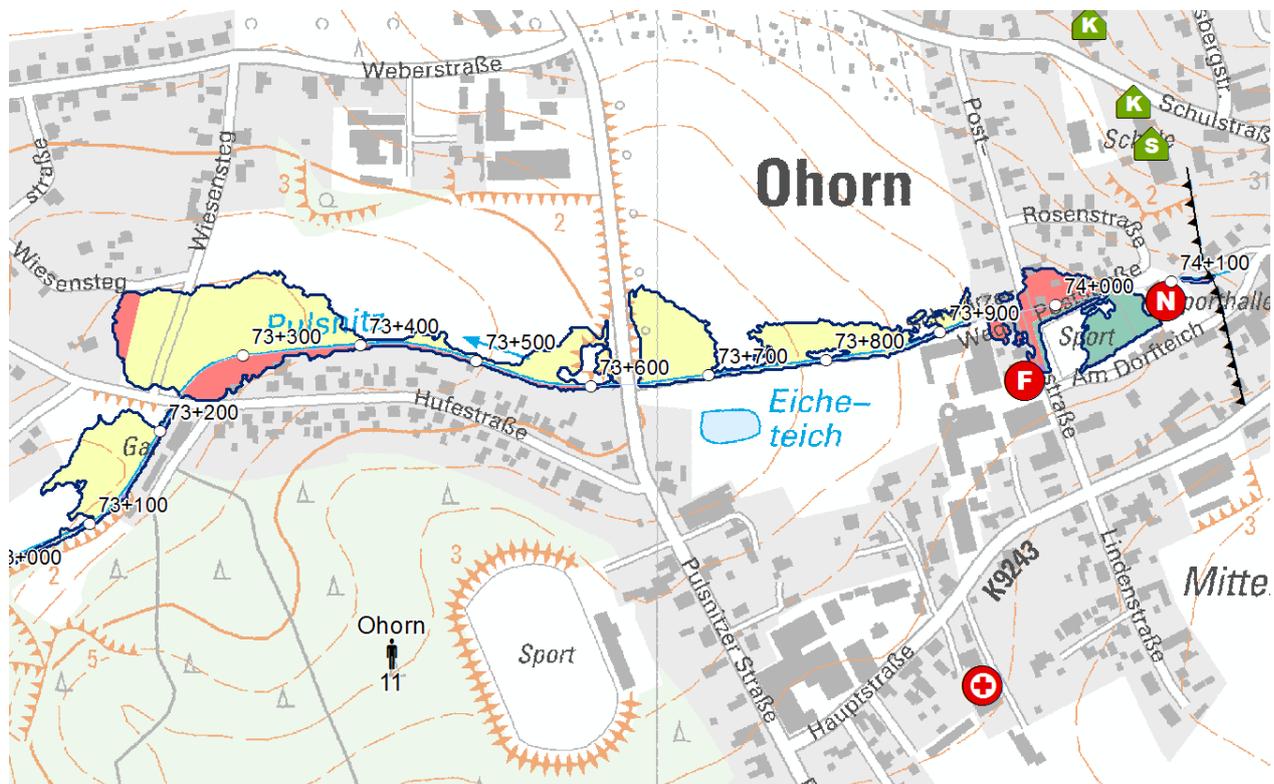


Abbildung 6-1: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ₁₀₀ am Brennpunkt Ohorn

Pulsnitz Kilometer 67+900 bis 69+400: Ortslage Pulsnitz

In der Ortslage Pulsnitz kommt es entlang der Schulstraße, oberhalb des Brückenwegs und entlang der Bachstraße zu großflächigen Überschwemmungen im Siedlungsraum. Insgesamt sind bei HQ₁₀₀ 79 Gebäude betroffen und 7 Brücken eingestaut. Zusätzlich kommt es im Bereich des Siegesbachs entlang der Kamener Straße zu Ausuferungen, wovon 13 Gebäude in einem Gewerbepark betroffen sind.

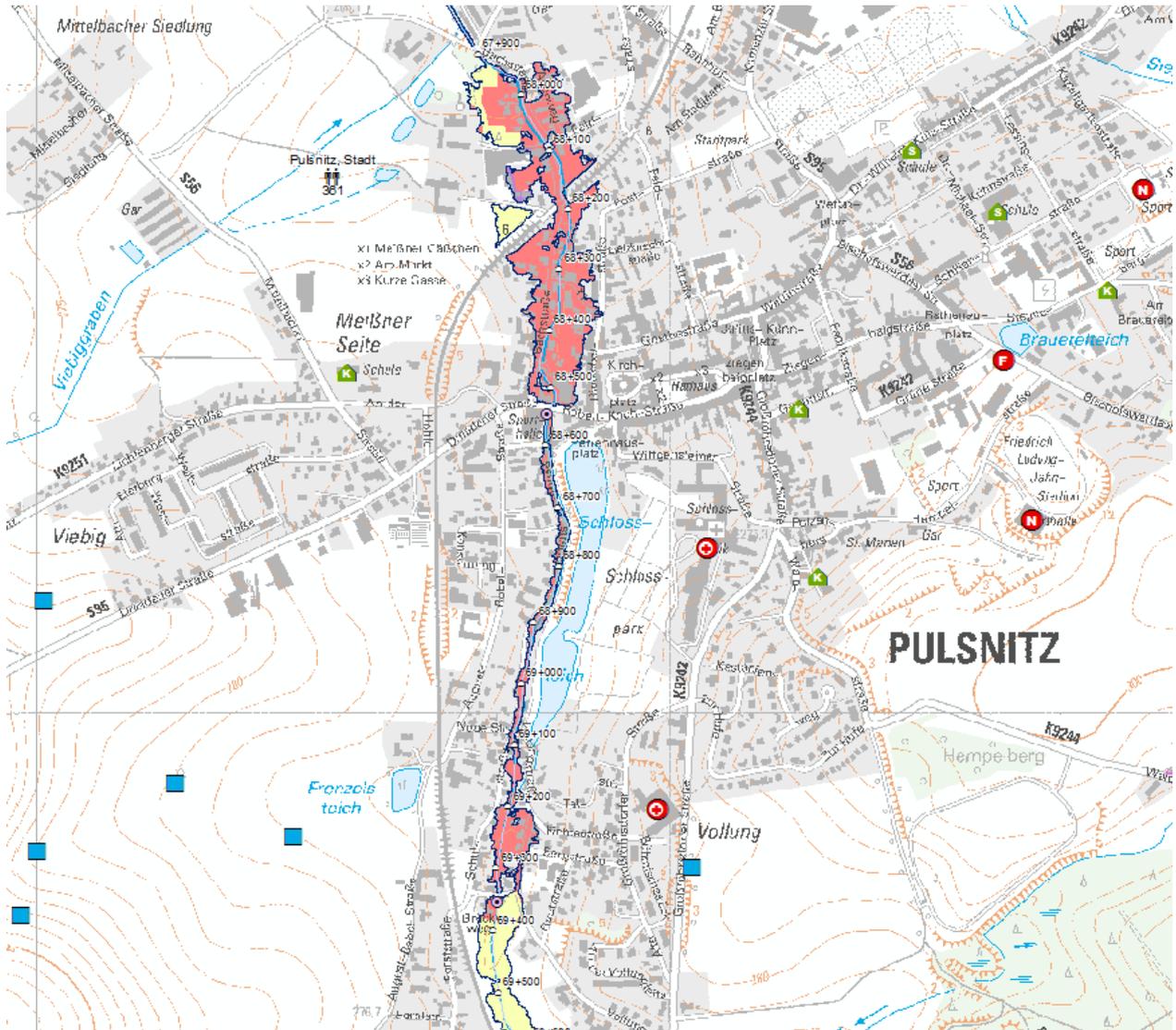


Abbildung 6-2: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ₁₀₀ am Brennpunkt Pulsnitz

Pulsnitz Kilometer 65+000 bis 66+100: Friedersdorf

Das Gerinne in Friedersdorf ist stark unterdimensioniert. Schon ab HQ_5 sind großflächige Ausuferungen zu verzeichnen. Insgesamt sind bei HQ_{100} 18 Gebäude betroffen und eine Brücke ist eingestaut, drei weitere sind verklausungsgefährdet. Eine Feuerwehration befindet sich in unmittelbarer Nähe des Überschwemmungsgebietes.

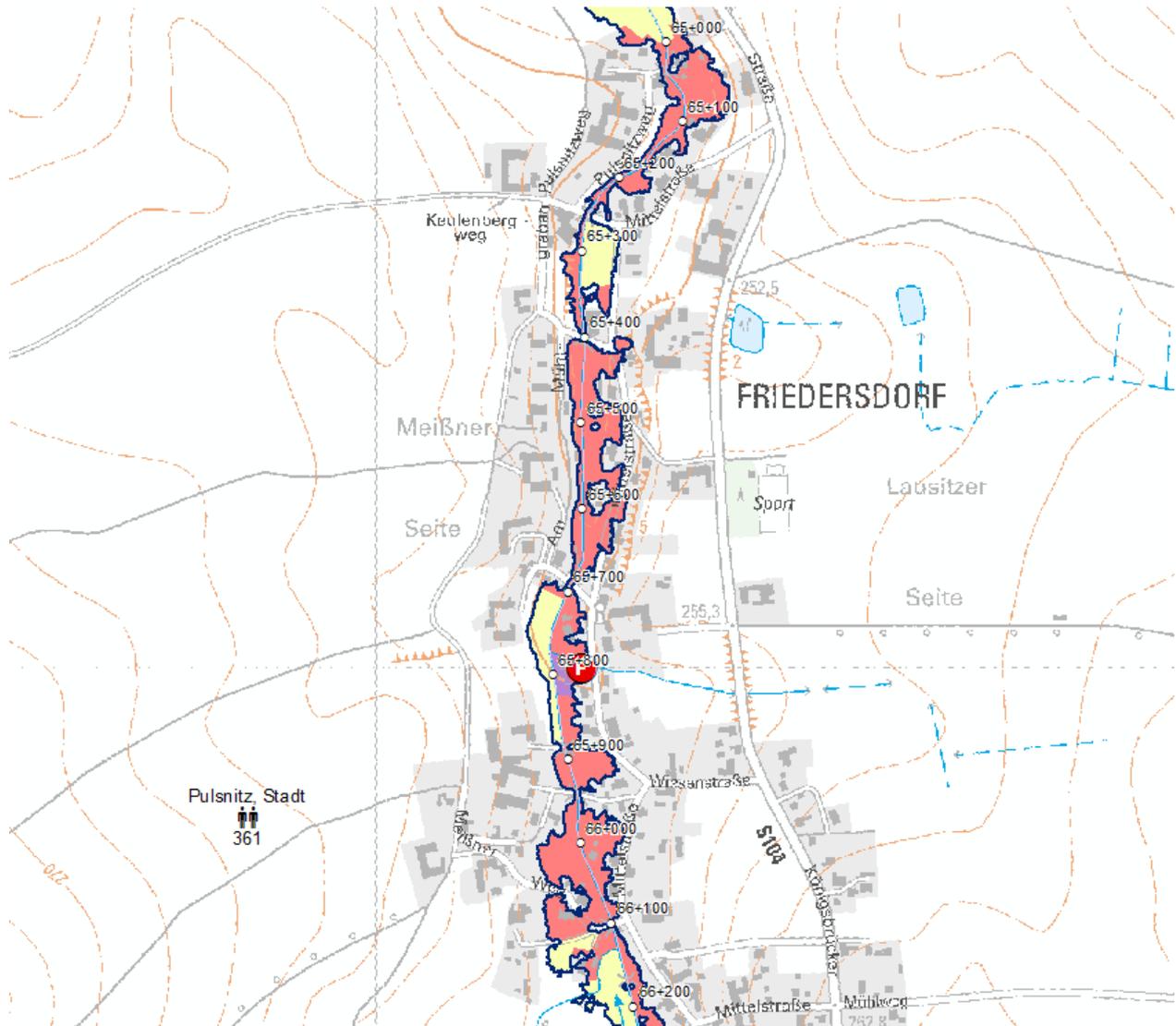


Abbildung 6-3: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Friedersdorf

Pulsnitz Kilometer 63+100 bis 64+200 Ortslage Oberlichtenau

Innerhalb der Ortslage Oberlichtenau kommt es streckenweise zu Ausuferungen. Da die Aue relativ wenig bebaut ist, sind jedoch nur 7 Gebäude bei HQ₁₀₀ betroffen. Nur eine Brücke ist eingestaut.

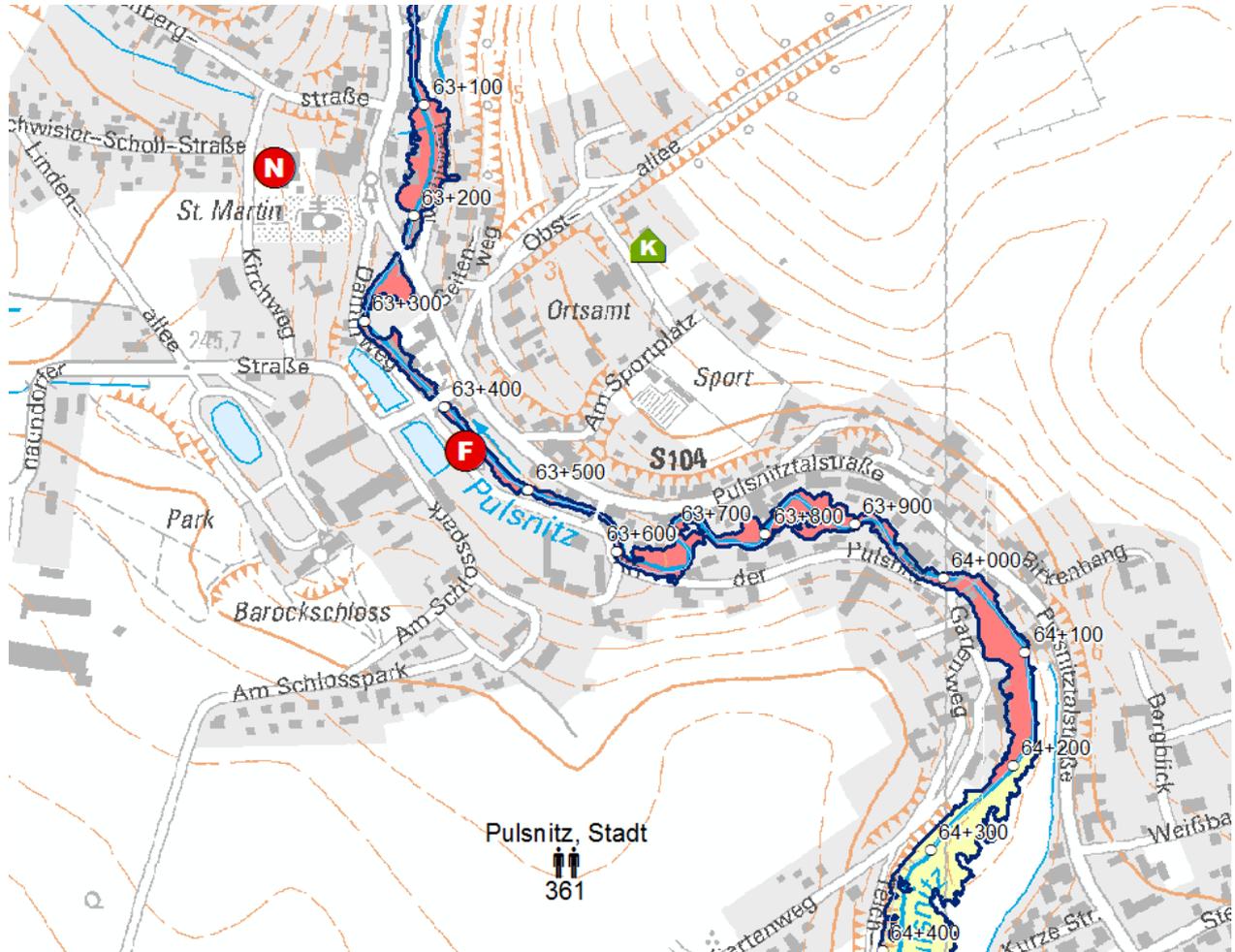


Abbildung 6-4: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ₁₀₀ am Brennpunkt Oberlichtenau

Entlang der Pulsnitz stehen zusammenfassend im Wesentlichen die Brennpunkte Oberlichtenau, Friedersdorf, Pulsnitz und Ohorn hervor. In diesen Bereichen ist es nicht möglich den Hochwasserdurchfluss sicher im Gerinne abzuführen. Jedoch treten auf weiten Abschnitten der Pulsnitz keine Ausuferungen auf, sodass sich im Vergleich zu der Haselbach und der Weißbach ein eher geringerer Handlungsbedarf ergibt.

Haselbach Kilometer 10+500 bis 11+700: Ortslage Möhrsdorf

Im Oberlauf der Haselbach kommt es in Möhrsdorf zu weiträumigen Überschwemmungen im Siedlungsraum. Das Gerinne ist bei Weitem nicht in der Lage, den Hochwasserdurchfluss sicher abführen zu können. Schon ab HQ₅ sind erste Ausuferungen im Siedlungsraum zu verzeichnen, wodurch einzelne Gebäude gefährdet werden. Bereits ab HQ₁₀ werden Teile der Haselbachstraße und große Gebiete der bebauten Siedlungsfläche überschwemmt. Die Überschwemmungsfläche nimmt anschließend bei HQ₂₀ bis HQ₁₀₀ nur noch wenig in ihrer Ausdehnung zu. Insgesamt sind in Möhrsdorf bei HQ₁₀₀ 25 Gebäude betroffen und vier Brücken eingestaut, zwei weitere sind verklausungsgefährdet. Eine Feuerwehration befindet sich in unmittelbarer Nähe des Überschwemmungsgebietes.

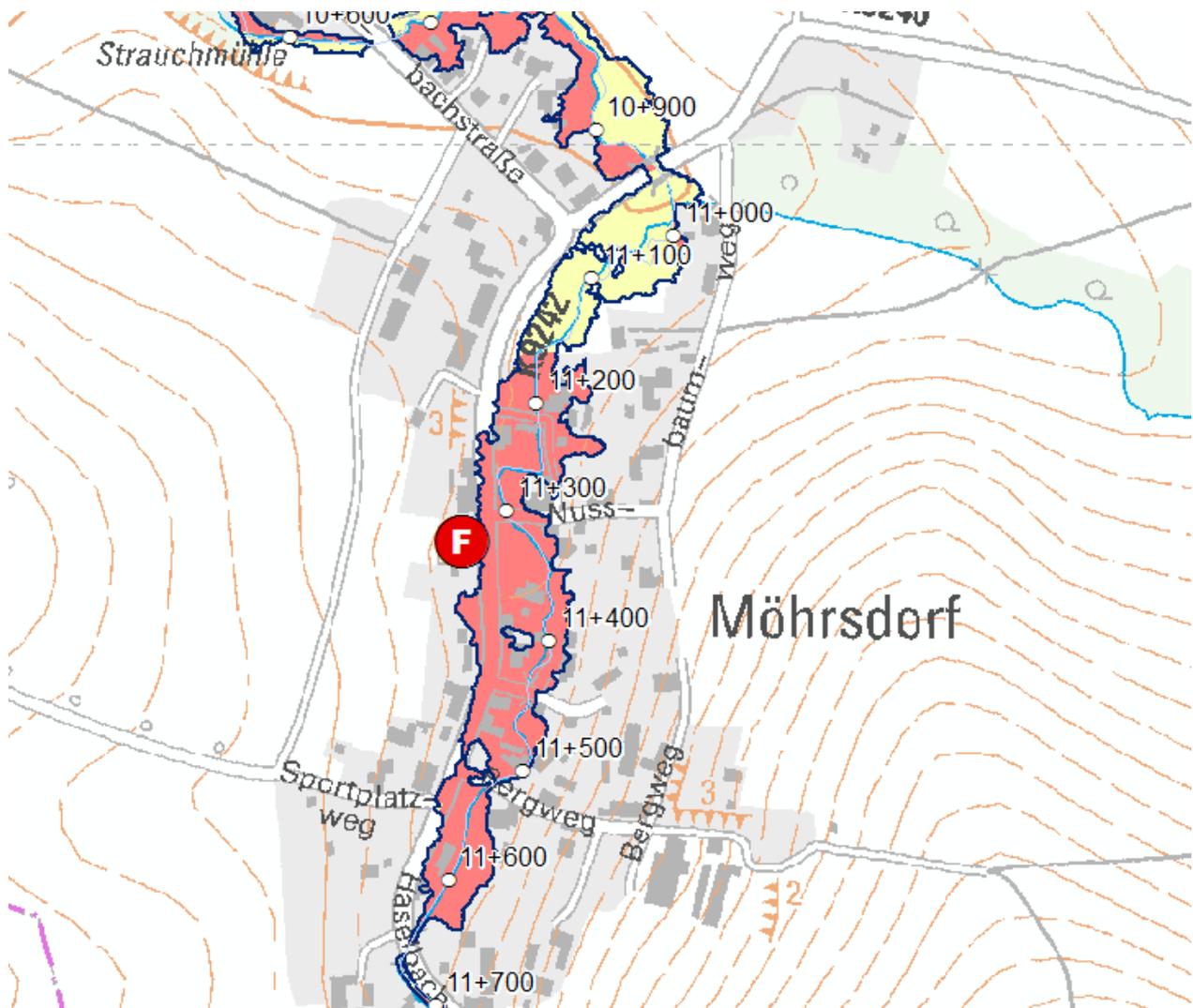


Abbildung 6-5: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ₁₀₀ am Brennpunkt Möhrsdorf

Haselbach Kilometer 8+600 bis 9+600 Ortslage Gersdorf

Im Bereich des Mühlgrabens in Gersdorf kommt es zu großflächigen Ausuferungen im Siedlungsraum. Oberhalb des Wehres, am Abzweig des Mühlgrabens, bildet sich ein großer Rückstaubereich aus. Dieser überschwemmt die Wasserwiesen und besorgt Überschwemmungen im Bereich des Hufenbergweges. Außerdem fließt im Hochwasserfall zu viel Wasser am Wehr vorbei in den Mühlgraben hinein, welcher für derartig hohe Durchflüsse nicht ausgelegt ist. Derzeitig fließen bei HQ_{100} dem Mühlgraben etwa $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ zu, die Kapazität liegt jedoch nur bei $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. So werden linksseitig des Mühlgrabens weitere Häuser im Bereich des Dammweges gefährdet. Weitere Überschwemmungen sind entlang des Mühlweges und der Obergesdorfer Straße zu verzeichnen. Insgesamt sind bei HQ_{100} in diesem Abschnitt 63 Gebäude betroffen und 11 Brücken eingestaut, zwei weitere sind verklausungsgefährdet. Ein Kindergarten befindet sich in unmittelbarer Nähe des Überschwemmungsgebietes.

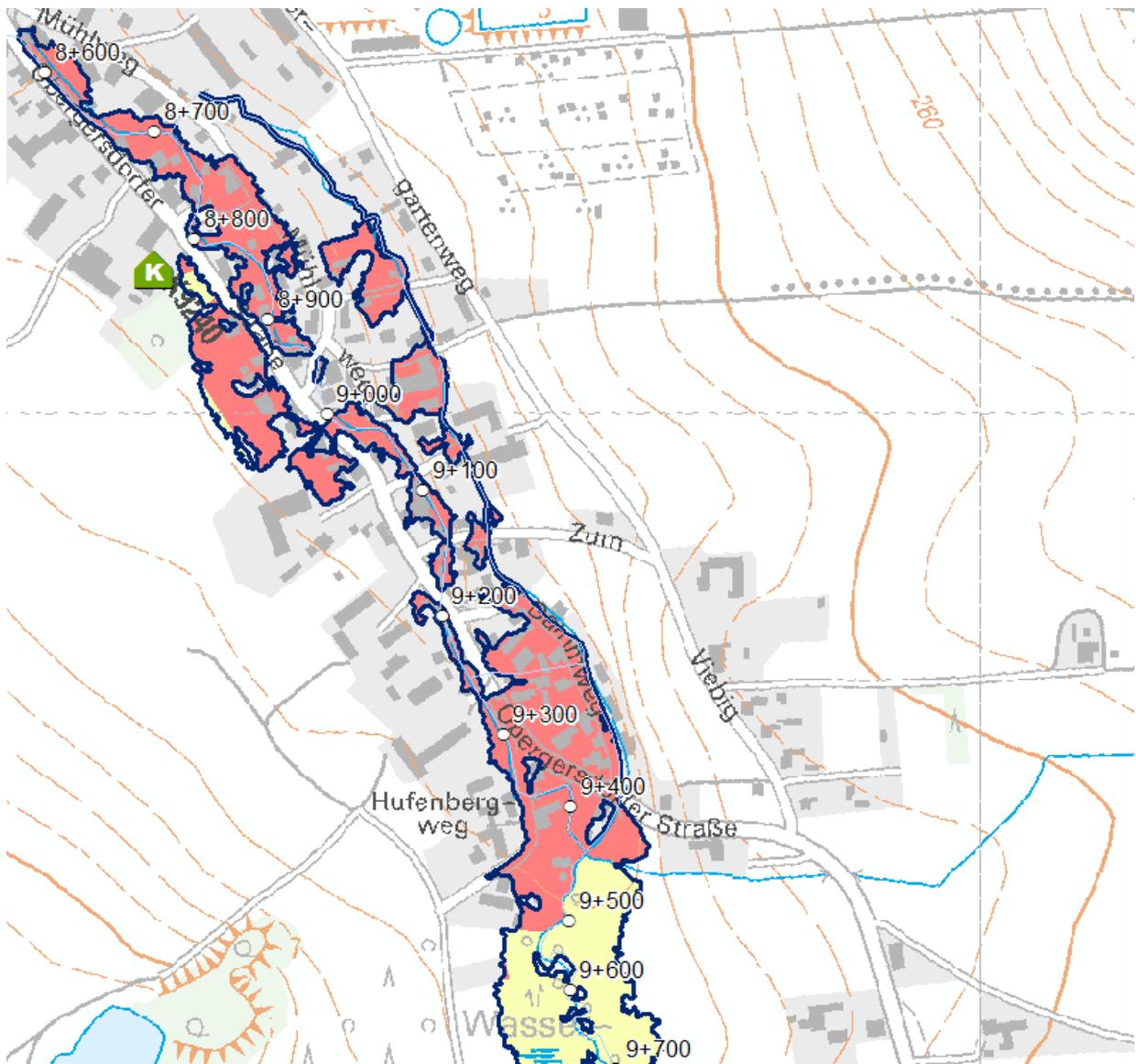


Abbildung 6-6: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Gersdorf-Mühlgraben

Haselbach Kilometer 7+300 bis 8+500: Ortslage Gersdorf

Von unterhalb der Mündung des Reutelgrabens bis zum Bahndamm in Gersdorf kommt es ebenfalls zu großflächigen Ausuferungen im Siedlungsbereich. Neben dem Zufluss aus dem Reutelgraben (Kilometer 8+500) wird die Situation zusätzlich durch Zuflüsse aus der Gersdorfer Klinge (Kilometer 7+900) verschärft. Insgesamt sind bei HQ₁₀₀ 35 Gebäude betroffen und 13 Brücken eingestaut, eine weitere verklausungsgefährdet.

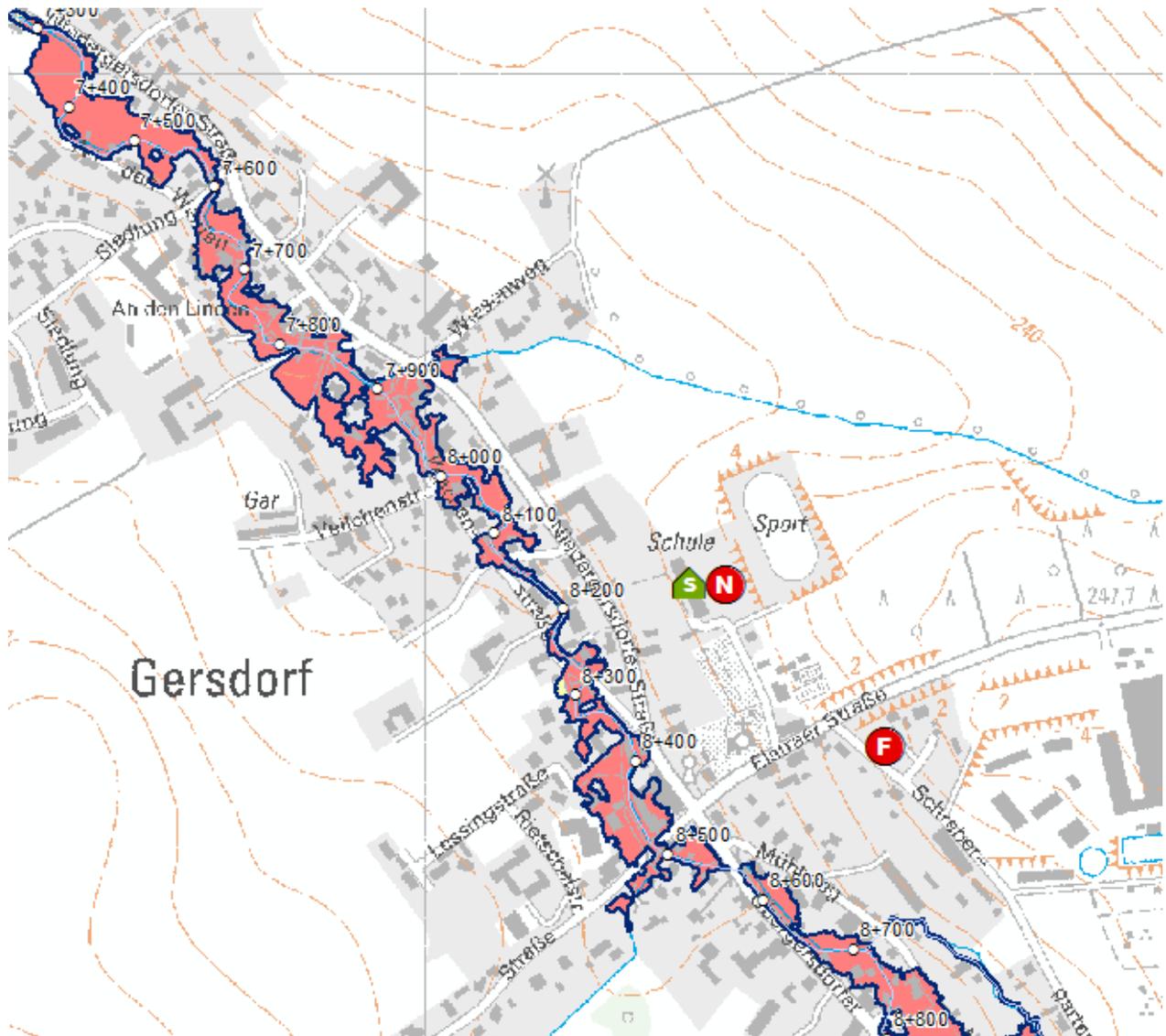


Abbildung 6-7: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ₁₀₀ am Brennpunkt Gersdorf Mündung Reutelgraben bis Eisenbahndamm

Haselbach Kilometer 4+700 bis 5+900: Ortslage Bischheim

Entlang der Hauptstraße und Am Haselbach kommt es zu großflächigen Überschwemmungen. Außerdem wird die Hauptstraße auf Höhe Schworsdorfer Straße von der Haselbach überströmt, wodurch sich eine Überlagerung mit dem Überschwemmungsgebiet der Weißbach im Bereich zwischen Feldstraße und Hauptstraße ergibt. Insgesamt sind bei HQ_{100} 109 Gebäude betroffen und 10 Brücken eingestaut.

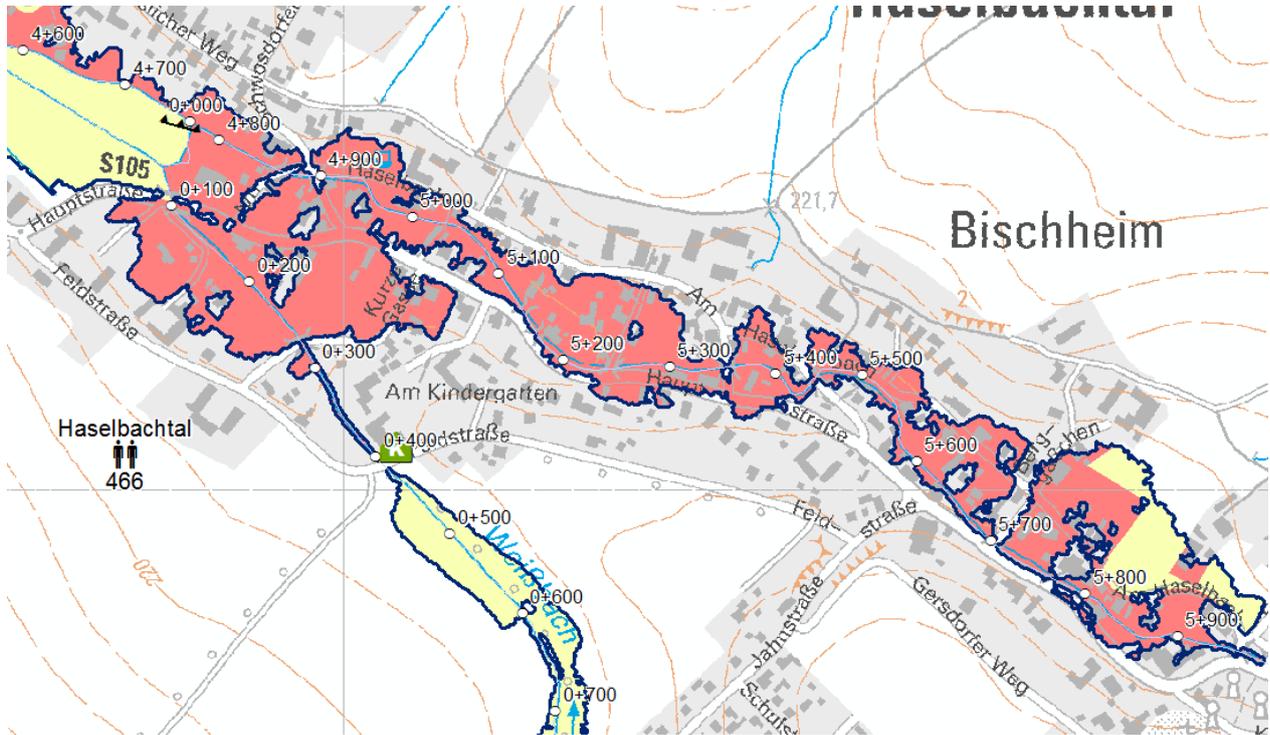


Abbildung 6-9: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Bischheim ab dem Park bis Mündung der Weißbach

Entlang der Haselbach stehen im Wesentlichen die Brennpunkte Bischheim, Gersdorf und Möhrsdorf hervor. Es ist ersichtlich, dass das Gerinne, sowie eine Vielzahl an Brücken stark unterdimensioniert und nicht in der Lage sind ein HQ_{100} sicher abführen zu können. Somit ergibt sich entlang der Haselbach ein großer Handlungsbedarf.

Weißbach Kilometer 5+300 bis 5+800: Ortslage Niedersteina

Die Weißbach ist in Niedersteina über größere Abschnitte verrohrt und wird unter bebauter Siedlungsfläche abgeleitet. Die Verrohrung von Kilometer 5+200 bis 5+450 ist im Zuge der vergangenen Hochwässer stark erodiert. Der Scheitel des DN1000-Rohrs ist stark beschädigt und brüchig. Außerdem ist die Kapazität mit 5,6 m³/s nicht ausreichend, um ein HQ₁₀₀ von 6,3 m³/s sicher ableiten zu können. Auch die Verrohrung im Bereich von Kilometer 5+550 bis 5+700 ist nicht ausreichend dimensioniert, um ein HQ₁₀₀ ableiten zu können. So kommt es entlang der Hauptstraße zu Überschwemmungen. Insgesamt sind in diesem Brennpunkt 12 Gebäude betroffen.



Abbildung 6-10: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ₁₀₀ am Brennpunkt Niedersteina im Bereich der Verrohrung der Weißbach

Weißbach Kilometer 4+000 bis 5+200: Ortslage Niedersteina

Die Ausuferungsbereiche sind auf Grund der engen Geometrie des Tals weniger groß. Jedoch ist das Gerinne auf weiten Strecken stark unterdimensioniert. Überschwemmungen treten entlang der Hauptstraße und vor allem im Bereich des Mühlgrabens auf. Insgesamt sind bei HQ_{100} 41 Gebäude betroffen und 8 Brücken eingestaut.

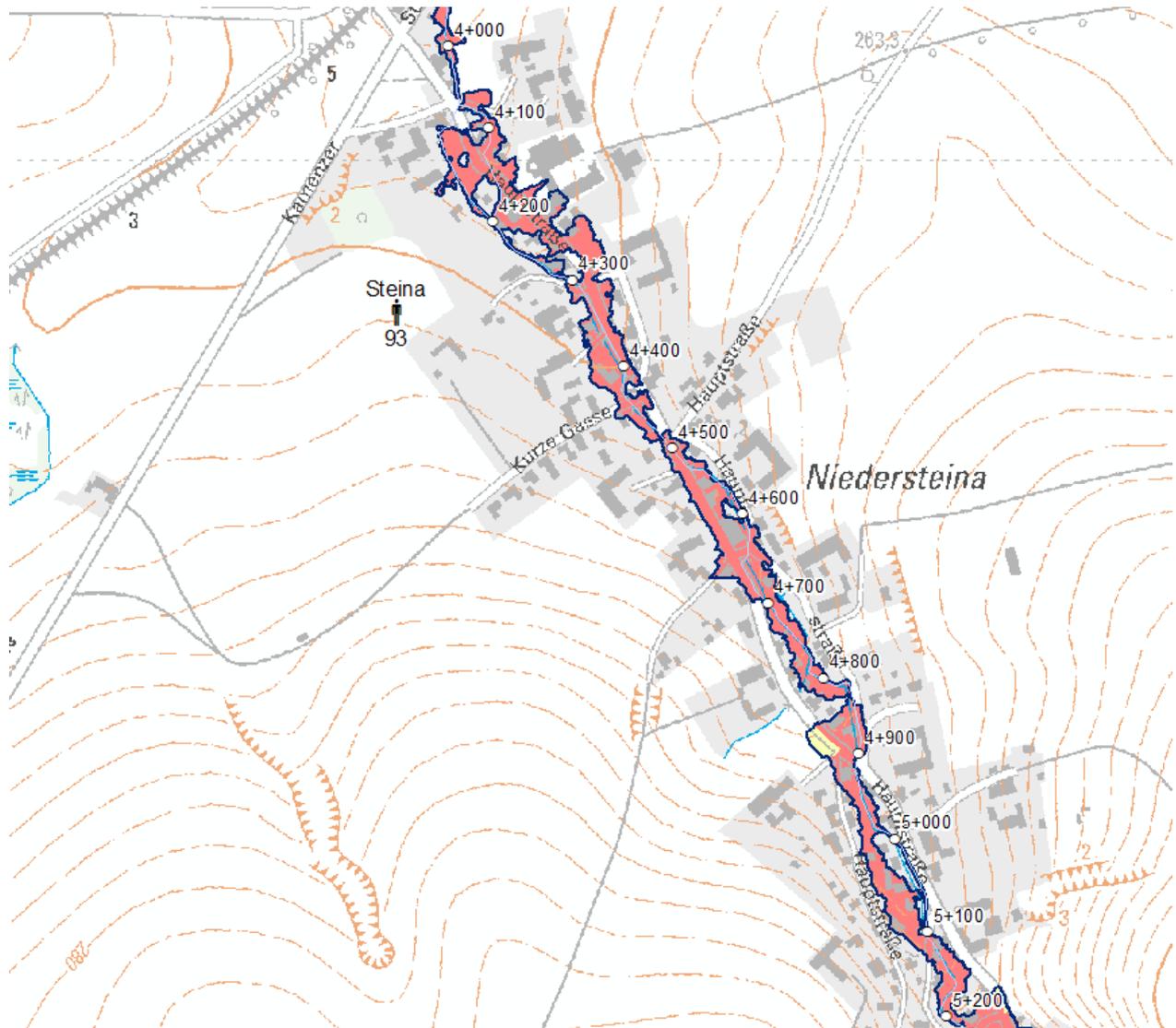


Abbildung 6-11: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Niedersteina oberhalb des Bahndamms

Weißbach Kilometer 3+000 bis 3+900: Ortslage Weißbach

In Weißbach kommt es vor allem im Bereich oberhalb der Brücke am Kilometer 3+250 zu großflächigen Ausuferungen im Siedlungsraum. Unterhalb dieser Brücke tritt das Wasser über das linke Ufer und fließt anschließend wild einem kleinen landwirtschaftlichen Entwässerungsgraben zu. Insgesamt sind bei HQ_{100} 22 Gebäude betroffen und 4 Brücken eingestaut, sowie eine weitere verklausungsgefährdet.

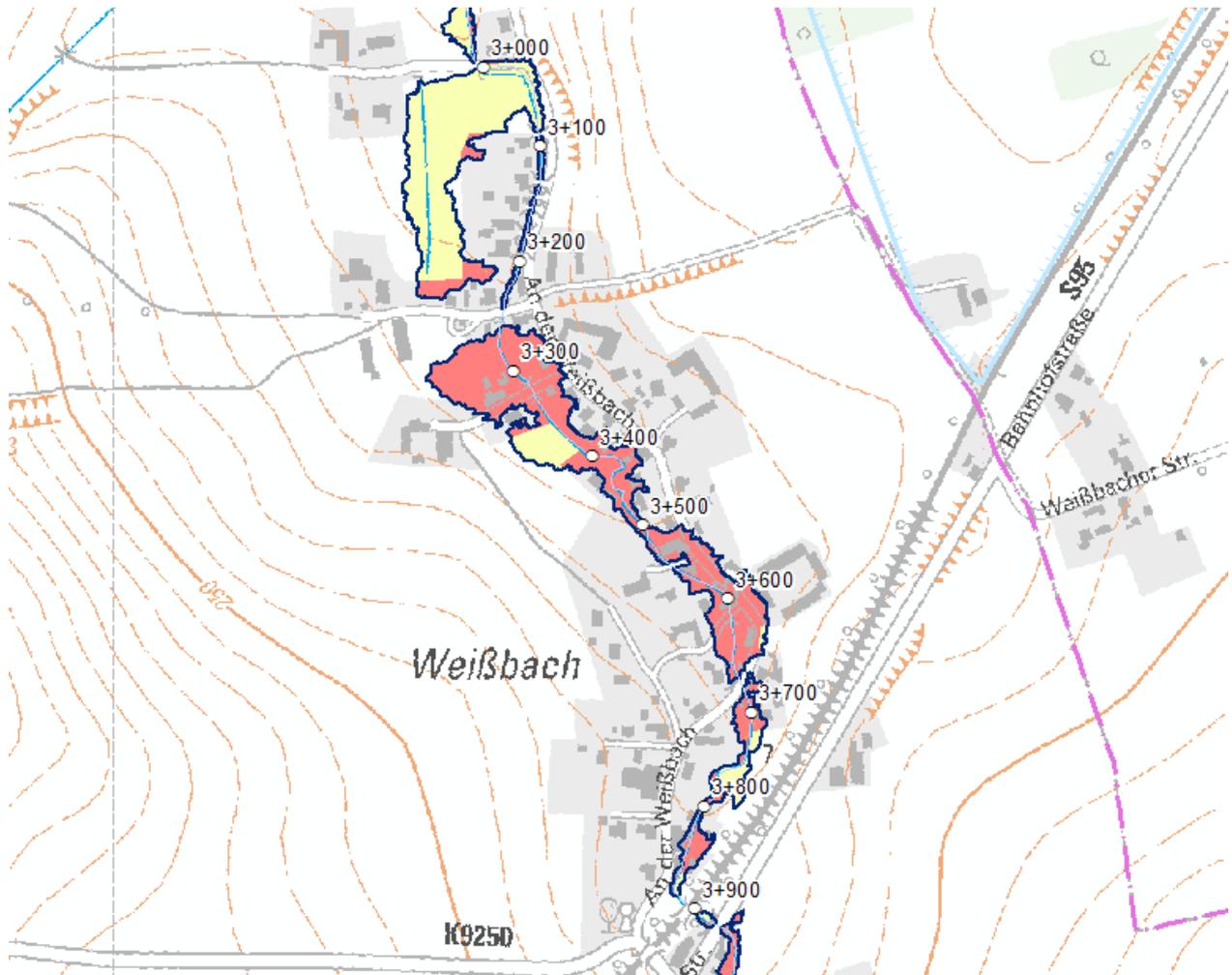


Abbildung 6-12: Ausschnitt der Hochwasserrisikokarte für HQ_{100} am Brennpunkt Weißbach unterhalb des Bahndamms

Entlang der Weißbach stechen im Wesentlichen die Brennpunkte Niedersteina und Weißbach hervor. Es ist ersichtlich, dass das Gerinne, sowie eine Vielzahl an Brücken stark unterdimensioniert und nicht in der Lage sind ein HQ_{100} sicher abführen zu können. Somit ergibt sich entlang der Weißbach ein großer Handlungsbedarf. Die Ausuferungen sind kleinräumiger als an der Haselbach, was auf die enge Talgeometrie, besonders im Bereich von Niedersteina, zurückzuführen ist. Jedoch können auf Grund des hohen Gefälles (teilweise mehr als 5%) hohe Fließgeschwindigkeiten auftreten.

7 HW-Risikomanagement

Ziel des Hochwasserrisikomanagementplans ist eine Zusammenstellung der Maßnahmen, welche vorgesehen werden, um die (abgestimmten/festgelegten) Schutzziele zu erreichen. Dabei dürfen keine Maßnahmen enthalten sein, welche zu einer deutlichen Erhöhung des Hochwasserrisikos innerhalb des Einzugs- bzw. Teileinzugsgebietes führen. Des Weiteren müssen die Maßnahmen die umweltbezogenen Ziele der Wasser-rahmenrichtlinie berücksichtigen. Bei der Erarbeitung der Maßnahmen sollen außerdem die Belange der Bodennutzung, Wasserwirtschaft, Raumordnung, Flächennutzung und des Naturschutzes integrierend berücksichtigt werden.

Alle identifizierten Maßnahmen sind in Anlage 6 detailliert aufgeführt. In diesem Kapitel werden lediglich die Hintergründe der Maßnahmenplanung und einzelne Maßnahmen beschrieben.

7.1 Definition von Schutzzielen

Da Retentionsräume einen direkten Einfluss auf den Hochwasserscheitelabfluss und damit die restliche Maßnahmenplanung im Bearbeitungsgebiet haben, wurde am 28.11.2014 vereinbart, dass vor einer endgültigen Definition der Schutzziele die Wirksamkeit verschiedener potentieller Retentionsräume zu untersuchen ist. Aus diesem Grund wurde ein hydrologischer Längsschnitt erarbeitet, welcher verschiedene Retentionsräume berücksichtigt (siehe Kapitel 7.2) und als Grundlage einer erneuten hydraulischen Untersuchung diente. Durch die Ausweisung der entsprechenden Überschwemmungsgebiete auf Grundlage dieser erneuten hydraulischen Betrachtung, wurden anschließend die Schutzziele für das Bearbeitungsgebiet definiert.

In der Beratung vom 13.03.2015 wurde das Schutzziel für bebaute Siedlungsflächen auf ein HQ_{100} festgesetzt. Außerhalb der Ortslagen sind keine Schutzziele vereinbart worden, d.h. bestehende Überschwemmungen in bisher betroffenen Bereichen mit anderweitigen Nutzungen bedürfen keiner zwingenden Ableitung von Hochwasserschutzmaßnahmen.

7.2 Maßnahmen im Einzugsgebiet

7.2.1 Maßnahmen zum Rückhalt in der Fläche und zu Flächenumnutzungen

Etwa 40 % der Einzugsgebietsfläche wird als Ackerland genutzt. Diese Landnutzung generiert einen relativ hohen Abflussscheitel, wobei unbestellte Ackerflächen als besonders kritisch zu bewerten sind. Durch verschiedene Maßnahmen ist es jedoch möglich, einen gewissen Flächenrückhalt zu erzielen:

- Umwandlung von Ackerflächen in Dauergrünland
- Schaffung von abflussbremsenden Schlägen
- Pfluglose konservierende Bodenbearbeitung
- Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaat

Auch im Siedlungsraum kann durch folgende Maßnahmen das Retentionspotential in der Fläche erhöht werden:

- Regenwasserbewirtschaftung
- Entsiegelung von Plätzen und Begrünung von Dächern
- Errichtung von Regenrückhaltebecken
- Errichtung von Versickerungsanlagen

Derartige Maßnahmen fallen in die Kategorien 304, 310, 312 und 313 gemäß des LAWA- Maßnahmenkatalogs [24]. Eine Quantifizierung der Wirkung bezüglich des Abflusses in den betrachteten Gewässern ist nur bedingt möglich und wurde in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Jedoch sollten zumindest innerhalb der Ortslagen bei zukünftigen Planungen eine möglichst geringe Versiegelung berücksichtigt werden.

7.2.2 Maßnahmen im/am Gewässer

Querschnittserweiterung des Gerinnes

Die betrachteten Gewässer (vor allem Weißbach und Haselbach) sind teilweise erheblich unterdimensioniert und oft nicht in der Lage, den Hochwasserabfluss ausuferungsfrei abzuführen. Bereits ab einem fünfjährigen Ereignis kommt es oftmals zu Überlastungen. Da im Untersuchungsgebiet zudem viele Querbauwerke wie Brücken und Grundstückszufahrten den Einsatz von linearen Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise Hochwasserschutzmauern, nicht zulassen, wurden Gewässerabschnitte identifiziert, für die eine Aufweitung des Fließquerschnitts nötig ist. Derartige Maßnahmen fallen in die Kategorie 319 des LAWA-Maßnahmenkatalogs [24]. Die Tabelle 7-1 liefert eine Übersicht der Gewässerabschnitte, in denen eine Aufweitung angezeigt ist. Die gesamte Gewässerlänge von Haselbach und Weißbach beträgt etwa 20,9 km, davon sollen insgesamt 1,6 km (8 %) im Querschnitt aufgeweitet werden. Eine Aufweitung entlang der Pulsnitz ist nicht erforderlich.

Tabelle 7-1: Übersicht Querschnittsaufweitungen am Gerinne

Maßnahmen-ID gem. Anlage 7	Gewässer	Art	Abschnitt [km]		Länge [m]
H012	Haselbach	Gerinne	06+790	06+940	149
H014	Haselbach	Gerinne	07+610	07+690	76
H026	Haselbach	Gerinne	11+160	11+630	459
W002	Weißbach	Gerinne	00+870	00+890	15
W007	Weißbach	Gerinne	03+250	03+400	106
W011	Weißbach	Gerinne	04+060	04+200	141
W012	Weißbach	Gerinne	04+200	04+310	254
W015	Weißbach	Gerinne	04+640	04+830	185
W016	Weißbach	Gerinne	04+830	04+900	71

Maßnahmen-ID gem. Anlage 7	Gewässer	Art	Abschnitt [km]		Länge [m]
W024	Weißbach	Gerinne	04+920	04+970	59
W018	Weißbach	Gerinne	05+000	05+100	100

Querschnittserweiterung an Querbauwerken und Verrohrungen

Viele der Querbauwerke stellen Strömungshindernisse dar, da sie unterdimensioniert und nicht in der Lage sind, ein HQ₁₀₀ sicher abzuführen. Dabei ist vor allem eine große Anzahl von kleinen Grundstückszufahrten und Stegen betroffen, welche sich in privatem Besitz befinden. Diese Bauwerke sind auf das viel zu klein dimensionierte Gerinne ausgelegt und müssen daher im Zuge der Gerinneaufweitung ebenfalls angepasst werden. Derartige Maßnahmen fallen in die Kategorie 319 des LAWA-Maßnahmenkatalogs [24]. Die Tabelle 7-2 liefert einen Überblick der anzupassenden Querbauwerke. Insgesamt ist es notwendig, 26 Brücken und 3 Verrohrungen zu erweitern. Zudem wurde durch das Bauamt der Gemeinde Haselbachtal angeregt, die marode Brücke am Kilometer 12+070 über die Haselbach durch eine Furt zu ersetzen.

Tabelle 7-2: Übersicht Querschnittsaufweitungen an Querbauwerken und Verrohrungen

Maßnahmen-ID gem. Anlage 7	Gewässer	Art	Abschnitt [km]		Anzahl
P010	Pulsnitz	Brücke	68+460		1
P014	Pulsnitz	Verrohrung	73+930	74+110	1
H003-2	Haselbach	Brücke	05+040		1
H004-2	Haselbach	Brücke	05+250		1
H004-3	Haselbach	Brücke	05+350		1
H008-1	Haselbach	Brücke	05+860		1
H028	Haselbach	Furt	12+070		1
W006	Weißbach	Brücke	03+320		1
W011-1	Weißbach	Brücke	04+060	04+200	4
W012-1	Weißbach	Brücke	04+200	04+310	6
W013-1	Weißbach	Brücke	04+560		1
W014	Weißbach	Brücke	04+640		1
W015-1	Weißbach	Brücke	04+670	04+770	2
W017	Weißbach	Brücke	04+900		1
W018-1	Weißbach	Brücke	04+980	05+110	5
W020	Weißbach	Verrohrung	05+210	05+470	1
W022	Weißbach	Verrohrung	05+570	05+680	1

Errichtung von Gräben

In Bereichen mit ausreichendem Flächenangebot ist zudem die Errichtung von zusätzlichen Gräben vorgesehen. Diese dienen zur Entlastung des Hauptgerinnes und werden parallel angelegt. Dabei sind vor allem auch Aspekte der WRRL zu beachten. So ist ein möglichst natürliches Profil mit Mittelwasser- und Hoch-

wasserquerschnitt vorzusehen und auf eine angemessene Beschattung durch Bäume zu achten. Des Weiteren ist eine ökologische Böschungssicherung und eine natürliche Sohle aus beispielsweise Kies vorzusehen. Derartige Maßnahmen können ebenfalls der Kategorie 319 des LAWA-Maßnahmenkatalogs [24] zugeordnet werden. Tabelle 7-3 gibt einen Überblick der anzulegenden naturnahen Gräben. Insgesamt handelt es sich um eine Länge von 519 m.

Tabelle 7-3: Übersicht Grabenneubau

Maßnahmen-ID gem. Anlage 7	Gewässer	Art	Abschnitt [km]		Länge [m]
W004	Weißbach	Grabenneubau	01+970	02+140	183
W005	Weißbach	Grabenneubau	03+000	03+300	336

Sonstige Maßnahmen im und am Gewässer

Ferner werden noch weitere Maßnahmen vorgeschlagen, welche der Maßnahmentabelle zu entnehmen sind (Anlage 7). Darunter zählt die Umgestaltung des Abzweigs des Mühlgrabens in Gersdorf. Die bestehende Wehranlage wird in diesem Bereich aufwendig umgebaut. Dabei soll durch das Anlegen einer Flutrinne das Wasser im Hochwasserfall besser auf das Wehr geleitet und so verhindert werden, dass zu viel Wasser in den Mühlgraben einströmt und für Schäden sorgt. Das Wehr wird zudem komplett erneuert, abgesenkt und um eine Fischaufstiegsmöglichkeit erweitert. Auf diese Weise kann der Hochwasserschutz im Bereich des Mühlgrabens und am Wehr und auch die Durchgängigkeit entsprechend den Anforderungen der WRRL verbessert werden. Die Berechnungen haben belegt, dass bei Umsetzung der aktuell laufenden Planungen ein HQ₁₀₀ zukünftig sicher abgeführt werden kann (Stellungnahme durch Fugro vom 27.11.2014).

7.2.3 Technische Hochwasserschutzmaßnahmen

Hochwasserrückhaltebecken

Die Hochwasserrückhaltebecken (HRB) sind als Erdbecken mit einem Erddamm als Absperrung vorgesehen. Da alle identifizierten Rückhalteräume nach DIN 19700-12 in die Größenkategorie kleiner Becken fallen, sollten die Drosselbauwerke gesteuert ausgeführt werden. So ist es möglich das begrenzte Stauvolumen optimal auszulasten. Gegenüber ungesteuerten Becken fallen die Drosselabgaben gesteuerter Becken geringer aus, wodurch eine höhere Schutzwirkung erzielt wird. Aus diesem Grund wird beispielsweise für das bestehende HRB am Siegesbach (Nordstraße in Pulsnitz) ein Umbau geplant, welcher eine neue gesteuerte Drossel sowie eine Stauraumerweiterung vorsieht. Als Freibord wurde in Anlehnung an die DIN 19700-12 ein Mindestfreibord von 0,5 m angenommen.

Derartige Maßnahmen fallen in die Kategorie 315 des LAWA-Maßnahmenkatalogs [24].

HRB Thiemendorf.

Das HRB Thiemendorf besitzt ein nutzbares Stauvolumen von etwa 66.000 m³, was einen 3,4 m hohen und 180 m langen Damm im Hauptschluss der Pulsnitz erfordert. Mit diesem Becken wird der Hochwasserschutz des überfluteten Bereichs in Friedersdorf und zu Teilen weiter stromabwärts verbessert. Die Drossel kann dann eine Leistungsfähigkeit von 5 m³/s aufweisen.

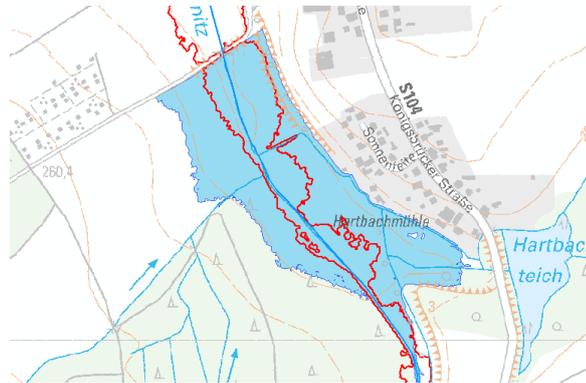


Abbildung 7-1: Lage HRB Thiemendorf

HRB Siegesbach

Von der Gemeinde Pulsnitz wurde eine Planung zur Erweiterung des bestehenden HRB Siegesbach ange-regt, welche von dem Ingenieurbüro Hauswald GmbH erarbeitet wird. Die Planung sieht eine Erweiterung des Stauraums auf insgesamt 2.000 m³ und eine Drosselung auf 0,5 m³/s vor. Das HRB Siegesbach dient in erster Linie zum Schutz des unmittelbaren Gewerbegebiets an der Nordstraße, welches in den letzten Jah-ren häufig von Überflutungen betroffen war. Die Niederschlag-Abfluss-Modellierung zeigte, dass das HRB Siegesbach keinen signifikanten Einfluss auf den Hochwasserabfluss in der Pulsnitz hat und schon bei ei-nem HQ₅ die Hochwasserentlastung aktiviert wird. Somit ist dieses Becken nur für sehr häufige Ereignisse ausgelegt.



Abbildung 7-2: Lage HRB Siegesbach

HRB Pulsnitz

Das HRB Pulsnitz besitzt ein nutzbares Stauvolumen von etwa 14.500 m³, was einen 2,6 m hohen und 130 m langen Damm im Hauptschluss der Pulsnitz erfordert. Mit diesem Becken wird der Hochwasserschutz innerhalb der Ortslage Pulsnitz entlang der Schulstraße und der Bachstraße verbessert. Die Drosselabgabe beträgt 4,5 m³/s.

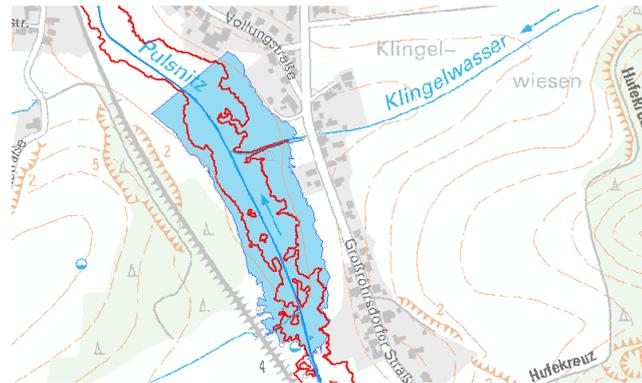


Abbildung 7-3: Lage HRB Pulsnitz

HRB Bischheim 2

Das HRB Bischheim 2 besitzt ein nutzbares Stauvolumen von etwa 29.800 m³ (ohne Freibord 50.700 m³/s), was einen 2.76 m hohen und 168 m langen Damm im Hauptschluss der Weißbach erfordert. Um den Hochwasserschutz des überfluteten Bereichs unterhalb des Beckens bis zur Mündung der Weißbach verbessern zu können, wird der Hochwasserabflusses auf 1 m³/s gedrosselt. Des Weiteren sollen mit dieser Maßnahme Sedimente zurückgehalten werden, welche im Istzustand im Bereich der Brücke S105 Anlandungen verursachen.

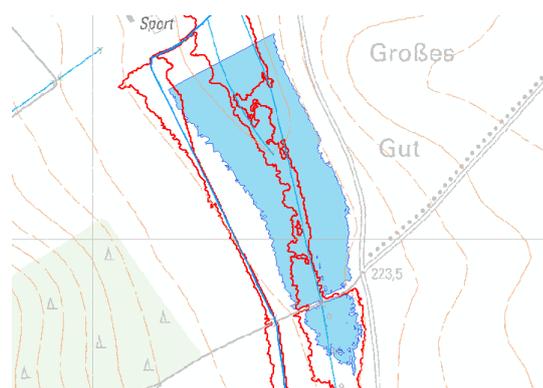


Abbildung 7-4: Lage HRB Bischheim 2

HRB Klinge

Das vorgeschlagene HRB Klinge besitzt ein nutzbares Stauvolumen von etwa 7.700 m³ (ohne Freibord 12.700 m³), was einen 2.88 m hohen und 107 m langen Damm im Hauptschluss der Wiesen Klinge (Neben-

gewässer der Haselbach) erfordert. Mit diesem Becken wird der Hochwasserschutz innerhalb der Ortslagen Gersdorf und Bischheim verbessert. Hierfür wird die Drossel auf $0,155 \text{ m}^3/\text{s}$ dimensioniert.

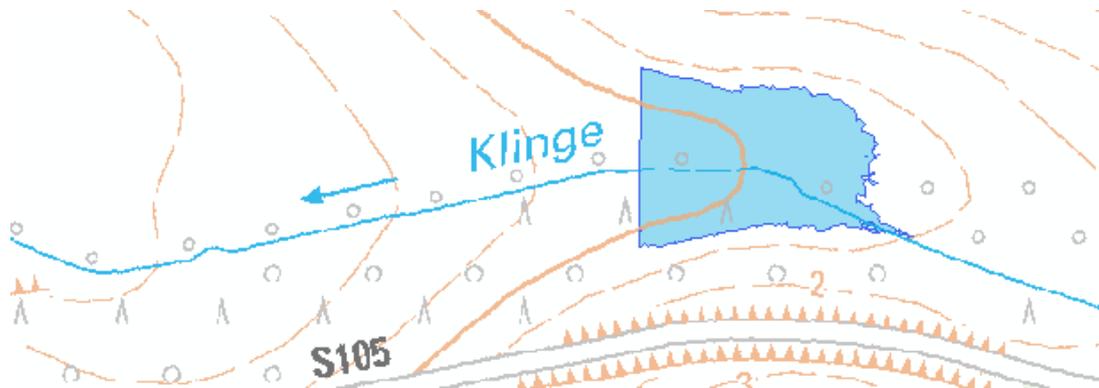


Abbildung 7-5: Lage HRB Klinge

HRB Gersdorf

Das vorgeschlagene HRB Gersdorf besitzt ein nutzbares Stauvolumen von etwa 7.800 m^3 (ohne Freibord 13.100 m^3), was einen $3,24 \text{ m}$ hohen und 107 m langen Damm im Hauptschluss des Reutelgraben (Nebengewässer der Haselbach) erfordert. Mit diesem Becken wird der Hochwasserschutz innerhalb den Ortslagen Gersdorf und Bischheim verbessert. Hierfür wird die Drossel auf $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgelegt.

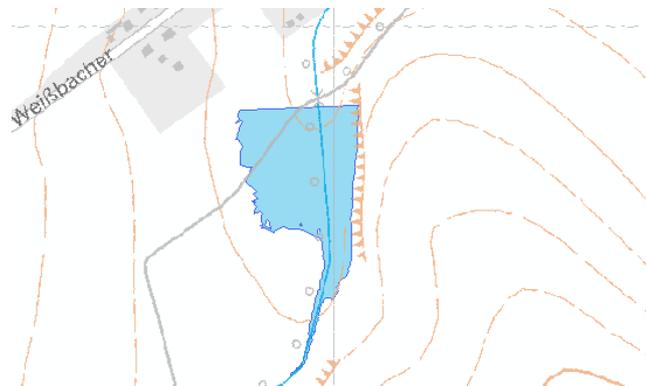


Abbildung 7-6: Lage HRB Gersdorf

Linearer Hochwasserschutz

Es wird vorgeschlagen auf einer Länge von insgesamt etwa $1,4 \text{ km}$ entlang der Gewässer linearen Hochwasserschutz zu errichten. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die Erhöhung von bestehenden Ufermauern (Tabelle 7-4). Derartige Maßnahmen fallen in die Kategorie 317 des LAWA-Maßnahmenkatalogs [24].

Tabelle 7-4: Übersicht linearer Hochwasserschutz

Maßnahmen-ID gem. Anlage 7	Gewässer	Uferseite	Abschnitt [km]		Länge [m]
P005	Pulsnitz	rechts + links	63+100	63+200	99
P013	Pulsnitz	links	73+230	73+340	83
H002	Haselbach	links	04+870	04+890	25
H003	Haselbach	rechts + links	04+900	05+040	142
H003-1	Haselbach	links	05+040	05+080	40
H004	Haselbach	rechts	05+100	05+410	282
H004-1	Haselbach	links	05+290	05+410	113
H006	Haselbach	rechts	05+640	05+680	30
H008	Haselbach	rechts	05+710	05+940	225
H018-1	Haselbach	rechts	08+720	08+780	51
H019	Haselbach	rechts + links	08+820	08+950	129
H020	Haselbach	links	09+000	09+020	22
H022	Haselbach	rechts	09+270	09+330	58
W013	Weißbach	links	04+520	04+590	67

7.3 Abschätzung und Beurteilung des verbleibenden Schutzzieldefizits

Durch die im Kapitel 7.2 aufgeführten Maßnahmen wird der Hochwasserschutz in den betroffenen Städten und Gemeinden signifikant verbessert. Da dieser Hochwasserrisikomanagementplan jedoch das Ziel verfolgt die konkrete Bebauung zu schützen, bleiben formell viele Siedlungsflächen im Untersuchungsgebiet überschwemmt. Dabei handelt es sich um verschiedene Grundstücke, wo die Bebauung selber jedoch noch nicht betroffen ist und daher mit nur geringen Schäden zu rechnen ist (im Gegensatz zu entstehenden Schäden bei Betroffenheit von Gebäuden). Zudem bleiben Bereiche, in denen linearer Hochwasserschutz oder der Ausbau der Leistungsfähigkeit des Gerinnes nicht möglich oder unwirtschaftlich ist, ebenfalls überflutet. Um in diesen Bereichen hohe Schäden zu vermeiden, wird vorgeschlagen durch Objektschutzmaßnahmen an betroffenen Gebäuden einen Hochwasserschutz (bis HQ_{100}) herzustellen. Tabelle 7-5 listet alle Bereiche auf, in denen Objektschutz vorgeschlagen wird. Dabei handelt es sich um 42 Maßnahmen. Derartige Maßnahmen fallen in die Kategorie 307 des LAWA-Maßnahmenkatalogs [24].

Tabelle 7-5: Übersicht Objektschutz

Maßnahmen-ID gem. Anlage 7	Gewässer	Art	Abschnitt [km]		Anzahl
P004	Pulsnitz	Objektschutz	60+330		1
P006	Pulsnitz	Objektschutz	64+040		1
P007	Pulsnitz	Objektschutz	65+470	65+570	2
P011	Pulsnitz	Objektschutz	69+200	69+400	1
H001	Haselbach	Objektschutz	04+810		1
H005	Haselbach	Objektschutz	05+550		1

Maßnahmen-ID gem. Anlage 7	Gewässer	Art	Abschnitt [km]		Anzahl
H008-2	Haselbach	Objektschutz	05+820		1
H011	Haselbach	Objektschutz	06+400	6+600	2
H013	Haselbach	Objektschutz	07+450		1
H015	Haselbach	Objektschutz	07+900	08+120	5
H016	Haselbach	Objektschutz	08+260		1
H017	Haselbach	Objektschutz	08+450	08+520	2
H021	Haselbach	Objektschutz	09+050	9+110	2
H025	Haselbach	Objektschutz	10+550	10+880	4
H027	Haselbach	Objektschutz	11+750	11+900	2
H029	Haselbach	Objektschutz	12+970		1
W008	Weißbach	Objektschutz	3+400	3+470	4
W009	Weißbach	Objektschutz	03+530	03+700	4
W010	Weißbach	Objektschutz	03+820	03+860	2
W019	Weißbach	Objektschutz	05+150		1
W021	Weißbach	Objektschutz	05+520		1
W023	Weißbach	Objektschutz	06+140	06+220	2

7.4 Maßnahmen zur Risikovorsorge

Um Risikovorsorge zu betreiben ist es nötig, die Einwohner zunächst über die bestehenden und möglichen Risiken aufzuklären. Hierfür sind die festgesetzten Überschwemmungsgebiete bzw. die Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten öffentlich zugänglich zu machen. Weiterhin sollten öffentliche Informationsveranstaltungen angeboten werden und durch öffentliche Aktionen und Hinweistafeln für die Risiken sensibilisiert werden. Neben konkreten Schutzmaßnahmen sind jedoch auch Maßnahmen der finanziellen Vorsorge zu treffen. Dabei können eigenständig durch die jeweils Betroffenen Rücklagen gebildet werden und/oder entsprechende Versicherungen abgeschlossen werden. Derartige Maßnahmen fallen in die Kategorie 325 und 326 des LAWA-Maßnahmenkatalogs [24].

7.5 Hochwasserfrühwarnung und –benachrichtigung nach der HWNAV

Für das Untersuchungsgebiet existiert derzeit kein Hochwassermeldepegel. Bei dem nächstgelegenen Hochwassermeldepegel handelt es sich um den Pegel Reichenau 1 etwa 2,8 km unterhalb der Mündung der Haselbach in die Pulsnitz. Da das betrachtete Einzugsgebiet ein Quellgebiet darstellt und das Gelände zudem sehr steil ist, ist die Konzentrationszeit des Oberflächenabflusses sehr gering. Historische Ereignisse haben gezeigt, dass die Anstiegszeit, bis der Hochwasserscheitel erreicht wird, mitunter nur wenige Stunden beträgt. Eine Vorwarnzeit auf Grundlage von Pegelmessungen wäre somit extrem kurz und nicht praktikabel.

Um eine Hochwasserfrühwarnung im Untersuchungsgebiet zu installieren, wäre daher eine Methodik auf Grundlage von Niederschlagsmessungen und Niederschlagsvorhersagen nötig. Auf Grundlage von Grenzwerten für die Niederschlagsintensität über einen kritischen Zeitraum und die Einbindung von Nieder-

schlagsvorhersagen (z.B. Radarmessungen des DWD), könnte auf diese Weise eine Hochwasserwarnung erarbeitet werden. Dies erfordert einen relativ hohen Aufwand an Mess- und Rechentechnik. Auf diese Weise kann die Vorwarnzeit prinzipiell erhöht werden, jedoch sind auf Grundlage der aktuellen Untersuchungen keine konkreten Aussagen möglich. Für die Oberläufe der betrachteten Gewässer (Gemeinde Steina und Gemeinde Haselbachtal – Ortslage Möhrsdorf) ist jedoch auch mit dieser Methodik wahrscheinlich keine ausreichend lange Vorwarnzeit umsetzbar.

7.6 Operative Gefahrenabwehr auf Grundlage von Hochwasseralarm- und Einsatzplänen

Für die Gemeinden Haselbachtal, Pulsnitz und Steina existieren Hochwasseralarmpläne. Diese wurden auf Grundlage von Erfahrungen mit abgelaufenen Hochwasserereignissen erstellt und optimiert. In der Gemeinde Pulsnitz wurden beispielsweise für diesen Zweck 3 kommunale Gewässerpegel angelegt, welche in der Einsatzplanung berücksichtigt werden.

Diese bestehenden Pläne zur operativen Gefahrenabwehr sollten um die Erkenntnisse dieses Hochwasserisikomanagementplanes erweitert werden. Dabei sind vor allem die verklausungsgefährdeten und überströmten Brücken in die Einsatzpläne aufzunehmen. Im Falle von verklausungsgefährdeten Brücken ist beispielsweise eine akute Verklausung durch die Einsatzkräfte zu verhindern. Da eine Verklausung zu schadhafte Ausuferungen führen kann, welche in den erarbeiteten Überschwemmungskarten nicht ausgewiesen sind (eine potentielle Verklausung von gefährdeten Brücken im hydraulischen Modell wurde nicht berücksichtigt).

7.7 Zusammenfassende Maßnahmenbewertung

7.7.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt auf Grundlage des Nutzen-Kosten-Verhältnisses. Um die Maßnahmen als wirtschaftlich einstufen zu können, soll gemäß den Hinweisen von LDS und Unterer Wasserbehörde das Nutzen-Kosten-Verhältnis dabei mindestens bzw. annähernd 1 betragen. Dies bedeutet, dass der Nutzenbarwert den Kostenbarwert der Maßnahmen übersteigt. Die aufzuwendenden Kosten sind dementsprechend geringer als der zu erwartende Schaden. In den folgenden Kapiteln wird die Methodik zur Ermittlung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses vorgestellt.

7.7.1.1 Abschätzung des Projektnutzenbarwertes

Der Nutzenbarwert wurde kumulativ für alle Maßnahmen ermittelt. Der Nutzenbarwert ist definiert als das Produkt aus dem Nutzen und dem entsprechenden DFAKR-Faktor gemäß [25]. Hierfür wurde entsprechend der Nutzungsdauer der Retentionsräume ein Bezugszeitraum von 100 Jahren bei einem Zinssatz von 3 % angesetzt (Vergleich Kapitel 7.7.1.2). Der DFAKR-Faktor ergibt sich für dieses Szenario gemäß [25] zu 31,5989. Der Nutzen errechnet sich aus der Differenz des Schadenserwartungswertes zwischen Ist- und

Planzustand. In die Berechnung des Schadens Erwartungswertes gehen dabei nur die Wiederkehrintervalle von 5, 10, 20, 50 und 100 Jahren ein, da zur Ermittlung des Nutzens nur der Zeitraum bis zum Schutzziel einfließt.

Hierfür wurden zunächst die Schadenspotentiale für die Jährlichkeiten von 5, 10, 20, 50 und 100 Jahren im Planzustand, auf Grundlage des in Kapitel 6.2.1 beschriebenen Vorgehens ermittelt. Dabei wurden sämtliche in Kapitel 7.2 aufgeführten Maßnahmen in das hydraulische Modell eingearbeitet und der hydrologische Längsschnitt des Planzustands (Berücksichtigung der HRB, siehe Kapitel 3.2.5) verwendet. Da Objektschutzmaßnahmen die hydraulischen Verhältnisse nicht beeinflussen, wurden diese in der hydraulischen Modellierung nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund sind sämtliche Flächen, auf denen Objektschutz vorgeschlagen wird, in den Überschwemmungskarten des Planzustandes weiterhin als überflutet dargestellt. Um den Nutzen der Objektschutzmaßnahmen jedoch quantifizieren zu können, wurde vereinfachend angenommen, dass die gesamte Grundstücksfläche (bzw. Siedlungsfläche gemäß ATKIS-Datengrundlage) zu 100 % geschützt wird und für diese Flächen somit kein Schadenspotential ausgewiesen wird.

Tabelle 7-6: Aufschlüsselung des Schadenspotentials verschiedener Wiederkehrintervalle für das gesamte Untersuchungsgebiet im Planzustand

Nutzungstyp	Schadenspotential [€]				
	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀
Siedlung	1.232.597	1.639.843	1.910.430	2.401.949	2.844.129
Industrie	24.767	28.593	31.879	39.603	44.389
Verkehr	0	0	0	0	0
Acker	684	1.083	1.378	1.966	2.559
Grünland	5.606	7.343	8.923	12.294	14.164
Forst	187	283	430	680	844
Grün-, Sport- und Freizeitflächen	117	144	161	252	293
Gesamt (PLAN)	1.263.958	1.677.290	1.953.200	2.456.743	2.906.377
Gesamt (IST) entspr. Tabelle 6-4	2.251.880	3.566.651	4.521.318	6.644.497	8.272.120
1- IST / PLAN	0.44	0.53	0.57	0.63	0.65

Die ermittelten Schadenspotentiale reichen von etwa 1.3 Mio. € für ein häufiges Ereignis (HQ₅) bis zu 2.9 Mio. € für ein 100-jähriges Hochwasserereignis. Das Schadenspotential konnte dabei zwischen 44 und 65 % gegenüber dem Istzustand gesenkt werden.

Das Schadenspotential wird durch die vorgeschlagenen Maßnahmen somit signifikant gegenüber dem Istzustand verringert. Hochwasserereignisse wie sie in den Jahren 2010 und 2013 in dem Untersuchungsgebiet aufgetreten sind, würden nach Umsetzung aller Maßnahmen deutlich besser abgeleitet werden und zu deutlich geringeren Schäden an Privateigentum führen.

Bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren resultiert dies in einem Schadenserwartungswert von 330.789 €/a (Tabelle 7-7). Dies stellt eine Verringerung um 55 % gegenüber dem Istzustand dar, was einem Nutzen von 404.407 € entspricht.

Der Nutzenbarwert aller Maßnahmen beträgt somit 12.778.807 € (= 404.407 € · 31,5989).

Tabelle 7-7: Kumuliertes Schadenspotential bis zu einem 100-jährigen Ereignis für das Bearbeitungsgebiet im Planzustand

Stützstelle	T _n [a]	Ereignisbezogene Eintrittswahrscheinlichkeit	Mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit zwischen den Stützstellen	Ereignisbezogener Schaden (S _i) [€]	Mittlerer ereignisbezogener Schaden zwischen den Stützstellen	Mittlerer ereignisbezogener Schaden (ΔSEW) [€/a]
		(P _i) [1/a]	(ΔP _i) [1/a]		1/2 (S _{i-1} + S _i) [€]	
1	5	0,2		1.263.958		
			0,1		1.470.624	147.062
2	10	0,1		1.677.290		
			0,05		1.815.245	90.762
3	20	0,05		1.953.200		
			0,03		2.204.972	66.149
4	50	0,02		2.456.743		
			0,01		2.681.560	26.816
5	100	0,01		2.906.377		
Kumuliertes Schadenspotential (PLAN)						330.789
Kumuliertes Schadenspotential (IST)						735.196
1 - IST / PLAN						0.55
Nutzen (IST – PLAN)						404.407

7.7.1.2 Abschätzung des Projektkostenbarwertes

Die Kosten im Rahmen der Errichtung und des späteren Betriebs von Anlagen zum Hochwasserschutz fallen zu unterschiedlichen Zeitpunkten (Planung, Bau, Unterhaltung) an. Die Invest- und laufenden Kosten werden für die weiteren Berechnungen daher mit Hilfe finanzmathematischer Methoden in Form von Barwerten vergleichbar gemacht. Grundlage dieser Berechnungen bilden die Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) [25].

Für die Kostenermittlung wurden folgende theoretische Annahmen getroffen:

- Es wurde vereinfachend angenommen, dass die Planung/Realisierung der Hochwasserschutzmaßnahmen innerhalb eines Jahres erfolgt, so dass keine Akkumulation einzelner Kostenbestandteile auf einen abweichenden Bezugszeitpunkt erforderlich war.
- Betrachtungszeitraum wurde gemäß des Schutzzieles aus Kapitel 7.1 mit 100 a angesetzt.
- Bauwerke mit kürzerer Nutzungsdauer wurden durch entsprechende Re-Investitionen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer berücksichtigt.
- Für die Nutzungsdauer der einzelnen Bauwerke wurden die Tabellen aus [25] zu Grunde gelegt.
- Auf eine Unterteilung der Bauwerke in einzelne Bestandteile und die Berücksichtigung deren abweichender Nutzungsdauer wurde aufgrund des derzeitigen Planungsstandes verzichtet.
- Für die Laufenden Kosten wurden Abschätzungen auf der Basis von Erfahrungswerten bzw. aus vergleichbaren Projekten zu Grunde gelegt (nach Abstimmung mit dem AG).
- Es wurde ein mittlerer Zinssatz von 3% angenommen.

Für die Ermittlung der Projektkostenbarwerte bzw. der Jahreskosten wurden die folgenden finanzmathematischen Umrechnungsfaktoren herangezogen:

Tabelle 7-8 Verwendete finanzmathematische Umrechnungsfaktoren [25]

	Faktor	Bezeichnung	Beschreibung
Re-Investitionskosten	$\text{DFAKE}(i,n) = \frac{1}{(1+i)^n}$	DiskontierungsFAKtor für Einmalige Kosten	Abzinsung von einmaligen Zahlungen unter Berücksichtigung von Zins und Zinseszins auf einen nach n Jahren fälligen Betrag X
Jahreskosten	$\text{KFAKR}(i,n) = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	Kapitalwiedergewinnungs-FAKtor	Umrechnung eines im Betrachtungszeitraum ermittelten Barwertes unter Berücksichtigung von Zins und Zinseszins in Jahreskosten
Kostenreihen	$\text{DFAKR}(i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$	DiskontierungsFAKtor für gleichförmige KostenReihen	Umrechnung gleichförmiger Kostenreihen in einen Kostenbarwert

i... Zinssatz

n Zinszeitraum in Jahren, hier Betrachtungszeitraum

Die ermittelten Kostenbarwerte sind in Anlage 7 zusammengefasst. Die Investitions- und laufenden Kosten setzen sich dabei aus der folgenden Einheitskostentabelle zusammen:

Tabelle 7-9: Einheitskostentabelle (Netto)

	Grund- einheit	Investitionskosten [€] ***	Laufende Kos- ten [€/a] ***	Nutzungsdauer [a]
Abriss Wehr (sehr klein)	St.	5.000	0	dauerhaft
Erhöhung Ufermauer	m	495	20	90
Errichtung Furt	St.	10.000	**	50
Ersatzneubau Brücke	m ²	3.488	*	100
Ersatzneubau Steg	m ²	2.325	*	100
Gerinneneubau	m	125	20	100
Grabenverfüllung	m ³	53	0	dauerhaft
Objektschutz	St.	12.000	1.000	25
Querschnittserweiterung	m ³	53	*	90
Retentionsraum (gesteuert)	m ³	$1915,4 * x^{(-0,4631)}$	2 % Invest.-Kost.	100
Verrohrung (DN1500)	m	1.600	*	100
Verwaltung	m	480	5	100

* Laufende Kosten fallen bereits im Istzustand an

** Laufende Kosten sind durch normale Gewässerunterhaltung abgedeckt und fallen bereits im Istzustand an

*** Nettokosten

Sämtliche in Tabelle 7-9 angegebenen Kosten sind als Nettokosten zu verstehen.

Die Investitionskosten für den Ersatzneubau von Brücken wurden [26] entnommen. Für die Kostenermittlung für die Errichtung von gesteuerten Retentionsräumen wurden aus [27] Kosten für ähnlich dimensionierte Anlagen recherchiert und in Abhängigkeit des Stauvolumens eine Regressionsgleichung aufgestellt.

Da bei dem Ersatzneubau von Brücken und dem Ausbau bestehender Gerinne keine nennenswerten laufenden Mehrkosten gegenüber dem Istzustand entstehen, wurden bei derartigen Maßnahmen keine laufenden Kosten in der Projektkostenbarwertermittlung berücksichtigt.

Die Investitionskosten belaufen sich insgesamt auf knapp 8 Mio. €, zudem fallen für einen 100-jährigen Bezugszeitraum Reinvestitionskosten in Höhe von etwa 590.000 € und laufende Kosten von etwa 4,1 Mio. € an. In Summe ergibt dies einen abgeschätzten Projektkostenbarwert von 12.699.184 €. Es wird darauf hingewiesen, dass die laufenden Kosten einen entscheidenden Einfluss auf den Projektkostenbarwert haben (etwa 33 %). Da mit einem relativ langen Bezugszeitraum von 100 Jahren gerechnet wurde, können schon geringfügige Änderungen der laufenden Einheitskosten eine entscheidende Auswirkung haben. Die hier angegebenen Kosten sind detailliert recherchiert und auf den Beratungen vom 16.06.2015 und 27.10.2015 mit dem AG abgestimmt worden.

7.7.1.3 Ausweisung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses

Für die geplanten Maßnahmen soll mittels einer Nutzen-Kosten-Analyse der Wirtschaftlichkeitsfaktor berechnet werden. Dieser ergibt sich aus dem Verhältnis von Nutzenbarwert und Kostenbarwert. Die entsprechenden Eingangsdaten wurden in den vorangegangenen Kapiteln ermittelt:

Nutzenbarwert = 12.778.807 €

Kostenbarwert = 12.699.184 €

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis beträgt somit 1,01.

Eine Maßnahme wird als wirtschaftlich eingestuft, wenn der Nutzen die Kosten übersteigt und der Wirtschaftlichkeitsfaktor > 1 beträgt. Da das Nutzen-Kosten-Verhältnis etwa 1 beträgt, kann die Gesamtheit der Maßnahmen als wirtschaftlich eingestuft werden.

Da hier in Summe eine Vielzahl von Maßnahmen berücksichtigt wurde, können bereits geringfügig andere Kostenansätze zu deutlicheren Abweichungen führen.

7.7.1.4 Erweiterte Nutzen-Kosten-Analyse (intangibler Nutzen)

Das Kapitel 7.7.1.1 beschäftigt sich ausschließlich mit der monetären Quantifizierung des verhinderten Schadens. Neben diesem direkten Nutzen werden durch die Maßnahmen des HWRMP jedoch noch weitere indirekte Nutzen erschlossen und intangible Schäden vermieden. Aus diesem Grund widmet sich dieses Kapitel einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse, welche den intangiblen Nutzen berücksichtigt.

Vermeidung Wertschöpfungsverluste: Für betroffene Gewerbe- und Industrieflächen sind neben den direkten Schäden an Gebäude und Einrichtung zudem wirtschaftliche Schäden auf Grund von Produktionsunterbrechung, Nutzungseinschränkungen oder langfristigen Störungen des Wirtschaftssystems relevant. Im Ist-Zustand sind im Untersuchungsgebiet nur sehr wenige derartige Flächen direkt betroffen, jedoch können durch Straßensperrungen (wegen Überflutung, Schäden oder Beräumungsarbeiten) auch Objekte außerhalb der Überschwemmungsflächen in ihrer wirtschaftlichen Tätigkeit eingeschränkt werden.

Verringerung der Kosten für Einsätze der Wasserwehr und des Katastrophenschutzes: Durch die deutliche Verringerung der Zahl betroffener Gebäude und Straßen ist mit einer Senkung der entstehenden Einsatzkosten von Wasserwehr und Katastrophenschutz, während und nach Hochwasserereignissen, zu rechnen. So müssen beispielsweise nach Hochwasserereignissen deutlich weniger Keller ausgepumpt sowie weniger Straßen von Schlamm und Treibgut geräumt werden.

Vermiedene Personenschäden: Durch die deutliche Verringerung der Überschwemmungsflächen im Siedlungsraum werden Personenschäden verringert. Dazu zählen nicht nur physische Schäden (Vergleiche Kapitel 5.2) sondern auch psychische Schäden, welche z.B. durch Verlust von individuellen Werten, Stress und Ängsten ausgelöst werden können.

Vermiedener Schaden an Kulturgütern und denkmalgeschützten Gebäuden: Im Untersuchungsgebiet existiert eine Vielzahl an denkmalgeschützten Gebäuden und kleineren Denkmälern (z.B. Säulen/Statuen). Schäden an diesen Objekten übersteigen eine bloße monetäre Betrachtung und sind auch von ideeller Bedeutung.

Vermeidung von Umweltschäden: Durch die deutliche Verringerung der Überflutungsflächen im Siedlungsraum ist damit zu rechnen, dass Einträge von wassergefährdenden Stoffen (z.B. aus Heizungsanlagen, Garagen und Lagern) gesenkt werden können. Dadurch werden Umweltschäden vermieden oder zumindest verringert. Dies kommt vor Allem den Naturschutzgebieten (z.B. Haselbach zwischen Reichenbach und Häslich) sowie den landwirtschaftlich genutzten Flächen zugute, da hier Sanierungsarbeiten zur Beseitigung von kontaminiertem Schlamm vermieden werden können.

Entlastung von Unterliegern: Durch die vorgeschlagenen Retentionsmaßnahmen (Vergleich Kapitel 7.2.3) ist eine Reduzierung der Scheiteldurchflüsse möglich. Diese Scheitelreduktion ist jedoch nicht nur im Untersuchungsgebiet oberhalb der Mündung der Haselbach in die Pulsnitz wirksam, sondern kommt auch den Unterliegern (z.B. nördlicher Teil der Ortslage Reichenbach) zu Gute. So konnte für ein HQ_{100} unterhalb der Mündung der Haselbach in die Pulsnitz eine Scheitelabsenkung von ca. 37 % nachgewiesen werden (Reduzierung von 24,6 m^3/s auf 15,5 m^3/s ; Vergleich Kapitel 3.2.5). So wird der gesamte Nutzen dieser Maßnahmen in Kapitel 7.7.1.1 nicht berücksichtigt.

Eine Quantifizierung all dieser vermiedenen intangiblen Schäden ist nicht möglich. Es wird jedoch deutlich, dass der daraus erzielte Nutzen das in Kapitel 7.7.1.3 ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnis positiv beeinflusst. Dies unterstreicht, neben dem bereits positiven Nutzen-Kosten-Verhältnisses, die Wirtschaftlichkeit der abgeleiteten Maßnahmen.

7.7.2 Variantenvergleich

Die Maßnahmentabelle (Anlage 7) fasst alle Maßnahmen zusammen, welche nötig sind, um das abgestimmte Schutzziel unter Berücksichtigung des beschriebenen Restdefizits (Kapitel 0) zu erreichen. Durch verschiedene Beratungen (16.06.2015) wurde diese Maßnahmenplanung mit den Städten und Gemeinden sowie der Landesdirektion Sachsen und dem Landratsamt Bautzen zusammengestellt und abgestimmt. Wie in Kapitel 3.2.5 beschrieben, wurde bei der Untersuchung potentieller Standorte für Hochwasserrückhaltebecken eine detaillierte Variantenuntersuchung erarbeitet, wodurch die HRB Thiemendorf, Pulsnitz, Klinge, Gehrsdorf und Bischheim 2 als wirkungsvollste Standorte identifiziert werden konnten.

7.7.3 Maßnahmenplan (Vorzugsvariante) mit Priorisierung und Aussagen zur Zuständigkeit

Die Maßnahmentabelle kann als Vorzugsvariante angesehen werden. Es wird dabei darauf hingewiesen, dass die beabsichtigte Schutzwirkung erst nach Umsetzung aller Maßnahmen erreicht werden kann. Sollte es bei verschiedenen Maßnahmen zu keiner Umsetzung kommen, ist nicht auszuschließen, dass andere

Maßnahmen in ihrer Schutzwirkung eingeschränkt werden. Dies gilt im Besonderen für die Hochwasserrückhaltebecken.

Die Priorisierung sowie die Zuständigkeit für alle identifizierten Maßnahmen sind in den Maßnahmenblättern aufgeführt.

In den meisten Fällen liegt die Zuständigkeit für die Umsetzung der Maßnahme bei der jeweiligen Stadt/Gemeinde, welche für Planung, Umsetzung und Unterhaltung der Maßnahmen an den Gewässern ab zweiter Ordnung verantwortlich sind. Ergänzt wird die Zuständigkeit durch das Mitwirken der privaten Eigentümer. So sind für Objektschutzmaßnahmen die jeweiligen Grundstückseigentümer zuständig.

Ein Vorschlag für eine Priorisierung entsprechend Leistungsbeschreibung wurde durch eine Klasseneinteilung in 4 Prioritätsgruppen erarbeitet (Tabelle 7-10). Diese Einteilung reicht von „gering“ bis „sehr hoch“. Die Umsetzung der vorgeschlagenen Hochwasserrückhaltebecken wurde mit der höchsten Priorität versehen, da diese Grundlage für die restliche Maßnahmenplanung bildet (durch deren Umsetzung ermittelte Scheitelabflüsse im Planzustand stellen die Grundlage für die Bemessung der weiteren lokalen Maßnahmen dar). Objektschutz wurde mit der Prioritätsstufe „mittel“ bewertet, da dies in die Verantwortung der privaten Eigentümer fällt. Alle weiteren Maßnahmen wurden anhand des zu erwartenden Schutzpotentials priorisiert.

Tabelle 7-10: Einteilung der Prioritätsklassen

Gering	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sonstige Maßnahmen mit voraussichtlich geringem Schutzpotential ▪ Ausgleichsmaßnahmen oder EU-WRRL
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objektschutz
Hoch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maßnahmen mit voraussichtlich hohem Schutzpotential
Sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Retentionsmaßnahmen ▪ Gefahr für Leib und Leben

8 Literaturverzeichnis

- [1] Freistaat Sachsen, Sächsisches Wassergesetz, Dresden, 2013.
- [2] Bundesrepublik Deutschland, Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes, Berlin, 2014.
- [3] LAWA, Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, Dresden, 2010.
- [4] Büro für Angewandte Hydrologie, „NA-Modellgestützte Ermittlung von Bemessungshochwasserwerten im Einzugsgebiet der oberen Pulsnitz,“ Berlin, 2014.
- [5] Landesdirektion Sachsen, „Aufgabenstellung Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten und eines Hochwasserrisikomanagementplanes,“ Dresden, 2012.
- [6] HGN Hydrogeologie GmbH, „Flurstücksgenaue Ausweisung der Überschwemmungsgebiete an der Pulsnitz im Abschnitt des Gewässers 2. Ordnung,“ Dresden, 2007.
- [7] Thiele + Büttner Ingenieurgesellschaft GbR, „Staatliches Umweltfachgutachten, Ermittlung der Überschwemmungsgebiete für das Einzugsgebiet des Haselbachs,“ Erfurt, 2003.
- [8] PROKON GmbH, „Hochwasserrisikomanagementplan Pulsnitz für den sich stromunterhalb anschließenden Abschnitt 1. Ordnung,“ Kolkwitz, 2004.
- [9] Landesvermessung Sachsen, [Online]. Available: <http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/produkte/produkte.html>.
- [10] Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 10.09.2014. [Online]. Available: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/33327.htm>.
- [11] Statistisches Landesamt Freistaat Sachsen, „Bevölkerungsentwicklung im Freistaat Sachsen nach Gemeinden,“ Kamenz, 2013.
- [12] Bautzen, Landratsamt, „Bautzen Geoweb,“ 10.09.2014. [Online]. Available: [http://cardomap.idu.de/lrabz/\(S\(hxnwvt0dc4h3sm0k12w0wban\)\)/lrabz.aspx](http://cardomap.idu.de/lrabz/(S(hxnwvt0dc4h3sm0k12w0wban))/lrabz.aspx).
- [13] K. Hartmann, Gersdorf-Möhrsdorf - Ortsbeschreibung mit historischen Ansichten, Gersdorf-Möhrsdorf, 1997.
- [14] K. Böhme, *Bilder Hochwasser 2012 Ortslage Möhrsdorf*, 2012.
- [15] Kamenzer Zeitung - Westlausitz, „Pulsnitz säuft dreimal ab,“ Nr. 30. Mai, 2007.
- [16] Sächsische Zeitung, „Regen Spült Termin weg,“ Nr. 03. Juli, 2007.

- [17] Wikipedia, 2016. [Online]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a8/Zufluss_und_Abflusslinie_bei_HRB.svg/220px-Zufluss_und_Abflusslinie_bei_HRB.svg.png.
- [18] D. Knauf, *Anwenderbeschreibung HYDRA-WSP-PC. Wasserspiegellagenberechnung für gegliederte Flussprofile mit Vorländern und durchströmtem Bewuchs*, Darmstadt: FH Darmstadt, 2006.
- [19] DVWK, DVWK-Schriften 92: *Hydraulische Methoden zur Erfassung von Rauheiten*, Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1990.
- [20] Geodatendownload des Freistaates Sachsen, [Online]. Available: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/10002.htm?data=wsg>.
- [21] Rat der Europäischen Union, Richtlinie 96/61/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, 1996.
- [22] Europäisches Parlament, Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, 2000.
- [23] Landesamt für Umwelt und Geologie, *Hochwasser in Sachsen - Gefahrenhinweiskarte*, Dresden, 2005.
- [24] LAWA, *Fortschreibung LAWA-Maßnahmenkatalog*, 2014.
- [25] DWA, *Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinie)*, Hennef, 2012.
- [26] Deutsches Institut für Urbanistik GmbH, *Kommunale Straßenbrücken - Zustand und Erneuerungsbedarf*, Berlin, 2013.
- [27] Landratsamt Unterallgäu, *Abgeschlossene Hochwasserschutzmaßnahmen im Unterallgäu*, Mindelheim: Landratsamt Unterallgäu, 2014.