GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden
im Grundwasser-Zentrum Dresden

Masterplan

Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau

Förderprojekt im Programm

LIFE LOCAL ADAPT

eingereicht durch die Stadt Zittau

Zittau

Quelle: Zittauer Stadtentwicklungsgesellschaft mbH

Anschrift:
GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden
Meraner Straße 10
01217 Dresden
Fon +49.351.4050660
Fax +49.351.4050669
info@gfi-dresden.de
www.gfi-dresden.de

Bankverbindung:
Deutsche Kreditbank AG
BLZ 120 300 00
Konto 102 001 5143
IBAN DE18 1203 0000 1020 0151 43
SWIFT BIC: BYLADEM1001

Handelsregister:
Amtsgericht Dresden
HR B 10748
USt-IdNr. DE 169148266

Geschäftsführer
Dr.-Ing. R. Giese
Dr.-Ing. habil. F. Bilek
Dr.-Ing. habil. Th. Luckner

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-19633-01-00

Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

Titel	**Masterplan Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau**
Teil	**Abschlussbericht**
Auftraggeber	**LfULG** Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie Söbrigener Str. 3a | 01326 Dresden
Auftragnehmer	GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden Meraner Str. 10, 01217 Dresden in Zusammenarbeit mit ZSG – Zittauer Stadtentwicklungsgesellschaft (NAN) Innere Weberstraße 34, 02763 Zittau
Berichtsautoren	Dr. R. Madi Dr. D. Swaboda
Datum	30.08.2019

Dr.-Ing. D. Swaboda	Dr. F. Bilek	Dr. R. Giese
(Projektleiter)	(Geschäftsführer)	(Geschäftsführer)

Anschrift:
GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden
Meraner Straße 10
01217 Dresden
Fon +49.351.4050660
Fax +49.351.4050669
info@gfi-dresden.de
www.gfi-dresden.de

Bankverbindung:
Deutsche Kreditbank AG
BLZ 120 300 00
Konto 102 001 5143
IBAN DE18 1203 0000 1020 0151 43
SWIFT BIC: BYLADEM1001

Handelsregister:
Amtsgericht Dresden
HR B 10748
USt-IdNr. DE 169148266

Geschäftsführer
Dr.-Ing. R. Giese
Dr.-Ing. habil. F. Bilek
Dr.-Ing. habil. Th. Luckner

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-19633-01-00
Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

Inhaltsverzeichnis

0 Zusammenfassung 5

1 Veranlassung 8

2 Vorstellung des Projekts und Ausgangslage 8

2.1 Gegenstand und Projektziele 8
2.2 Starkregenrisikomanagement - Einordnung des Projekts und der Projektziele 10
2.3 Projektablauf und Beteiligung der Öffentlichkeit 11
2.4 Projektbearbeitung und Vorgehensweise 12
2.5 Lage und Charakterisierung der Untersuchungsgebiete 13
2.6 Klimatische und meteorologische Randbedingungen 18
2.7 Gesetzliche Rahmenbedingungen 19
2.8 Grundsätze der Raumordnung 21

3 Konfliktanalyse und Gefährdungsabschätzung 23

3.1 Gefahren durch „wild abfließendes Wasser“ 23
3.2 Erosionsgefahr 33

4 Maßnahmekonzept für den Hochwasserschutz und Sedimentrückhalt 36

4.1 Management- und Maßnahmeziele des Masterplans 36
4.2 Prioritäre Maßnahmen des Masterplans 40
4.3 Wirkung der Maßnahmen 52
4.4 Umsetzung der Maßnahmen 54
4.5 Fördermöglichkeiten 56

5 Quellen 58

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1.1.1 Übersichtslageplan Standorte der Schadensereignisse 1-6
Anlage 1.1.2 Übersichtslageplan Schadensereignisse Nordpol
Anlage 2 Standortdatenblätter
Anlage 3.1.1 Maßnahmeplan Standort Pethau – Variante Umnutzung Hecken
Anlage 3.1.2 Maßnahmeplan Standort Pethau – Variante Umnutzung Grünland
Anlage 3.1.3 Maßnahmeplan Standort Pethau – Variante Waldmehrung
Anlage 3.2.1 Maßnahmeplan Standort Löbauer Straße – Variante Umnutzung Hecke
Anlage 3.2.2 Maßnahmeplan Standort Löbauer Straße – Variante Umnutzung Grünland
Anlage 3.3 Maßnahmeplan Standort Humboldtstraße/Hochwaldstraße
Anlage 3.4 Maßnahmeplan Standort Kummersberg
Anlage 3.5 Maßnahmeplan Standort Hirschfelde, Karl-Liebknecht-Straße
Anlage 4 Auszug KOSTRA-Atlas für das Rasterfeld 55075, Stadt Zittau
Anlage 5.1 Bodenerosionskarte Standort Pethau
Anlage 5.2 Bodenerosionskarte Standort Löbauer Straße
Anlage 5.3 Bodenerosionskarte Standort Humboldtstraße/Hochwaldstraße
Anlage 5.4 Bodenerosionskarte Standort Kummersberg
Anlage 5.5.1 Bodenerosionskarte Standorte Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf
Anlage 5.5.2 Bodenerosionskarte Standorte Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf mit Maßnahmebedarf
Anlage 5.6.1 Bodenerosionskarte Standort Wittgendorf
Anlage 5.6.2 Bodenerosionskarte Standort Wittgendorf mit Maßnahmebedarf
Anlage 6.1 Bodenschätzungkarte Standort Pethau
Anlage 6.2 Bodenschätzungkarte Standort Löbauer Straße
Anlage 6.3 Bodenschätzungkarte Standort Humboldtstraße/Hochwaldstraße
Anlage 6.4 Bodenschätzungkarte Standort Kummersberg
Anlage 6.5 Bodenschätzungkarte Standort Hirschfelde, Karl-Liebknecht-Straße
Anlage 7 Kostenschätzung

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1.1 Fotodokumentation Schadensereignis Pethau vom 20.06.2013
Anhang 1.2 Fotodokumentation Schadensereignisse Ortsteile Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf
Anhang 2 Dokumentation Bodenprobenahme Pethau
Anhang 3 Modellierung des Oberflächenabflusses im Einzugsgebiet Gewerbegebiet Pethau und Donnergraben
Anhang 4 Berechnung des jährlichen Bodenabtrags mittels ABAG
Anhang 5 Hinweise zur technischen Ausführung von Erosionsschutzmaßnahmen
Anhang 6 Projektskizze: „Masterplan Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau“
Anhang 7 Öffentlichkeitsarbeit und Projektpräsentationen

0 Zusammenfassung

Starkniederschlagsereignisse in den Jahren 2010 bis 2014 haben wiederholt zu erheblichen Schäden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Umgebung der Stadt Zittau, an der Infrastruktur im Stadtgebiet sowie an Gebäuden und Sachgütern geführt. Nicht immer können die Folgen dieser Schäden, wie nach dem Hochwasser und den Starkniederschlägen im Jahr 2013, durch Fördermaßnahmen abgefangen und reguliert werden. ***Wiederholte Schäden führten in der Regel zu wiederholten Kosten und damit zu Risiken, die die Stadt sowie Betroffene tragen müssen.*** Im Rahmen des Projekts: „Masterplan - Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau“ waren Anpassungsmaßnahmen zu prüfen und zu entwickeln, um den mit Starkniederschlägen verbundenen Schäden und Risiken zu begegnen und diese zu mindern.

Das Projekt „Masterplan Zittau“ wurde auf der Grundlage einer Projektskizze der Stadt Zittau durchgeführt (siehe Anlage 6), mit der sich die Stadt im Jahr 2017 erfolgreich um eine Förderung des Projekts im Rahmen des Förderprogramms: LIFE LOCAL ADAPT beworben hatte. In der Projektskizze der Stadt wurden ***5 Standorte*** benannt, die ***schwerpunktmäßig im Rahmen des Projekts bearbeitet*** wurden (siehe Abschnitt 2.5). Während der Projektbearbeitung wurden weitere Schadensfälle, die in den Ortsteilen: Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf gemeldet wurden, benannt (siehe Abschnitt 3.2.2). Eine Übersicht der fotografisch dokumentierten Schadensereignisse ist in den Anhängen 1.1 und 1.2 enthalten.

Das Starkregenrisikomanagement und der Hochwasserschutz sind die Handlungsfelder der Kommunen in denen Vorsorgemaßnahmen vorbereitet und getroffen werden, um derartige Schäden zu vermeiden bzw. deren Folgen im Sinne der Gefahrenabwehr zu mindern. Ein zentrale Aufgabe des Starkregenrisikomanagements ist es, dass ***Regenwasser von Außengebietsflächen soweit wie möglich vor Ort zurückzuhalten und gefahrlos dezentral abzuleiten***. Konform dazu wurden die Managementziele des Masterplans zum Hochwasserschutz und Rückhalt definiert (s. Abb. 1).

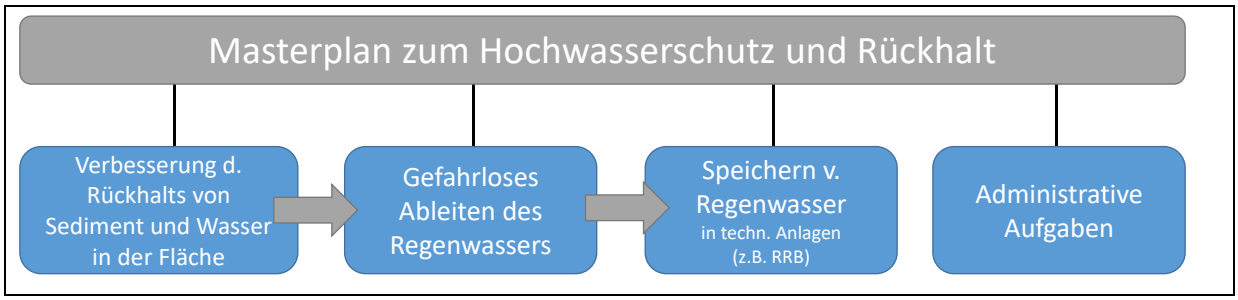

Abb. 1 Managementziele des Masterplans Zittau zum Hochwasserschutz und Rückhalt

Den Kommunen kommt hierbei im Rahmen der Daseinsvorsorge eine zentrale Lenkungs- und Steuerungsfunktion zu. Zu den administrativen Aufgaben gehört es auch die Belange des ***Hochwasser- und Erosionsschutzes frühzeitig in der Bauleitplanung*** zu ***integrieren*** (KommunalAgentur NRW, 2015), da im Bestand umzusetzende Maßnahmen, wie z.B. der Bau von Regenrückhaltebecken, teuer und diese weniger gut integrierbar sind. Technische Maßnahmen zum Hochwasserschutz sollten deshalb immer das letzte Mittel der Wahl sein, um Regenwasser im Einzugsgebiet zurückzuhalten.

Die Analyse von Abflussbahnen des „wild abfließenden Wassers“ ergab, dass sich ***Konflikte und Gefahren an Standorten*** ergaben, ***an denen die natürlichen***, durch die Geländemorphologie

vorgegebenen ***Abflussbahnen***, z.B. durch Straßen oder Gebäude, ***verbaut wurden***. So stellen an den Standorten Pethau, Humboldtstraße und Draußendorf hangparallele Straßen Abflusshindernisse dar. Die Hindernisse führen bei Extremereignissen zur Konzentration des Abflusses und zu Problemen bei der Ableitung der Abflussmenge. Grundsätzlich hat sich die ***gis-gestützte Berechnung von*** oberirdischen ***Regeneinzugsgebieten sowie von Abflussbahnen*** bewährt und ***kann*** auch ***für die Risikobewertung*** in Planung befindlicher Bauvorhaben ***empfohlen werden***.

Ein weiteres zentrales Element des Masterplans zum Hochwasserschutz und Rückhalt ist die ***Begrenzung der Bodenerosion auf einen Betrag von 3 t/(ha*a)***. Dieser Wert orientiert sich am ***Umweltqualitätsziel*** des für die Region gültigen Regionalplans (***Regionalplan Oberlausitz-Niederschlesien, 2010***). Die Analyse der Erosionsgefährdung erfolgte nach DIN 19708 (allg. Bodenabtragsgleichung, ABAG) unter Verwendung der Ergebnisse der Bodenschätzung (Bodenschätzungskarten siehe Anlagen 6.1-6.5, ABAG-Berechnung siehe Anhang 4) und unter Verwendung von KLSR-Karten die als WMS-Dienst durch das LfULG bereitgestellt werden (s. Anlagen 5.1-5.6). Die Analyse der potentiellen Erosionsgefahr ergab für die Standorte ein differenziertes Bild. Eine hohe Erosionsgefahr (Erosionsgefährdungsklasse 6-7) besteht im unteren Teil des EZG Pethau sowie an den Standorten Löbauer Straße/ATU, Wittgendorf, Schlegel, Dittelsdorf Viebig, Dittelsdorf-Vierhäuser, Hirschfelde/Väterweg. ***Als Erosionsschutzmaßnahmen auf Ackerflächen wurden die Umnutzung als Hecken, Umnutzung extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland sowie die Waldmehrung betrachtet***. Eine Erläuterung zu den Erosionsschutzmaßnahmen kann Anhang 5 entnommen werden. Die Anordnung der Erosionsschutzelemente orientiert sich an den örtlichen Gegebenheiten (Abflussgeschehen), der historischen Nutzung und Integrierbarkeit in das Landschaftsbild. ***Der Abstand und die Lage der Elemente wurden*** entsprechend der lokalen Erosionsgefährdung ***mit Hilfe der ABAG-Gleichung optimiert***.

Die ***Wirkung der Erosionsschutzmaßnahme***n wurde am Beispiel des Standorts Pethau ***mit dem Programm Erosion 3D*** unter Verwendung des Parameterkatalogs Sachsen (in fachl. Abstimmung mit der TU BAF, Fr. Routschek) ***modelliert*** und prognostiziert.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Maßnahmen bezüglich der Wirkung, der Kosten und der zu erwartenden Akzeptanz bei den lokalen Akteuren unterschiedlich zu bewerten sind. ***Bezüglich des Erosions- und Hochwasserschutzes wirksamste***, aber auch aus ökologischen Gesichtspunkten nachhaltigste ***Maßnahme ist die Waldmehrung***. Die Waldmehrung ist zum Schutz besonders erosionsgefährdeter Flächen (z.B. erosionsgefährdete Steillagen, Hangneigungen > 10°) umzusetzen. Die Maßnahme kann aber auch an weniger steilen / erosionsgefährdeten Standorten, wie am Standort Pethau, zur ***Durchsetzung des öffentlichen Interesses „Hochwasserschutz“*** geboten sein. 90% der Gesamtmaßnahmekosten der Erstaufforstung incl. Entwicklungspflege können bei Eignung (Beachtung einer geeigneten Gehölzauswahl) über die RL WuF/2014 gefördert werden.

Das Anlegen von Gehölzstreifen bzw. Hecken als Erosionsschutz auf Ackerflächen kann unter Beibehaltung der ackerbaulichen Nutzung die Vorzugslösung sein. Für die Pflanzung von Landschaftsstrukturelementen können bei entsprechender Eignung der Maßnahme Fördermittel der RL NE/2014 in Anspruch genommen werden. Die Zusammenstellung der ***Maßnahmekosten*** (siehe Anlage 7) ergab jedoch einen Aufwand, der durch die Festpreise der Richtlinie RL NE/2014 ***nur zu ca. 50% gedeckt*** wird. Für die Umsetzung der Maßnahme müssten demnach alternative Finanzierungsmöglichkeiten gefunden werden.

Ein wesentliches Hemmnis, dass der Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen auf Ackerflächen entgegensteht, ist der Umstand, dass sich die Wertermittlung der Grundstücke am landwirtschaftlichem Ertrag orientiert und damit mit dem ***Anlegen von Hecken/Feldgehölzen*** bzw. der Waldmehrung eine ***dauerhafte Wertminderung des Grundstücks*** einhergeht. Daraus ergibt sich die ***Notwendigkeit die Verluste*** der betroffenen Landwirtschaftsbetriebe über einen wertgleichen Flächentausch ***im Rahmen eines Flurneuordnungsverfahrens zu regulieren***.

Die Zusammenstellung der Maßnahmekosten am Beispiel des Standorts Pethau (speziell der Aufwand für das Anlegen von Hecken/Gehölzstreifen), zeigt, welch ***enormer Aufwand für das Erreichen des*** im Regionalplan verankerten ***Umweltqualitätsziels zum Erosionsschutz erforderlich*** wird. Die Wiederherstellung der das Bild unserer Kulturlandschaft prägenden Landschaftsstrukturelemente, zumindest in dem für den Boden- und Erosionsschutz erforderlichem Umfang, ist sowohl aus ökologischen Gesichtspunkten (Minderung der nachteiligen Wirkungen der Großflächenbewirtschaftung mit Monokulturen für die Artenvielfalt), als auch für eine nachhaltige landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Agrarräume zum Erhalt der Bodenfunktion und der Bodenfruchtbarkeit unverzichtbar. Die großräumige Umgestaltung der Agrarräume ist eine gewaltige Herausforderung. Hierfür sind geeignete ***Rahmenbedingungen*** zu ***schaffen*** und bestehende ***Hemmnisse abzubauen***.

Die Analyse der Gefährdungslage (s. Abschnitt 3) ergab, dass ***prioritär Hochwasser-schutzmaßnahmen*** an den Standorten ***Pethau*** (Bau eines Regenrückhaltebeckens) sowie am Standort ***Humboldtstraße*** (Maßnahmen zur Regenwasserentkopplung) ***um***zu***setzen*** sind. Flankierend zu den technischen Maßnahmen werden Erosionsschutzmaßnahmen auf den angrenzenden Ackerflächen erforderlich. Hierfür sind Abstimmungen mit den Flächeneigentümern und den Flächennutzern zu den Maßnahmen zu führen und die Planungen entsprechend anzupassen und zu präzisieren. In der Kostenschätzung nach HOAI 2013 (s. Anlage 7) wurde der Aufwand (Erstellung, Anpassung von Pflanzplänen, Bauüberwachung) entsprechend berücksichtigt. Auf die Fördermöglichkeiten wird in Abschnitt 4.5 des Berichts eingegangen.

Für die ***Ortsteile Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf*** wird empfohlen zur Umsetzung der Ziele des Masterplans unter Berücksichtigung der im Landschaftsplan getroffenen Festlegungen ***Erosions- und Hochwasserschutzmaßnahmen auf Einzugsgebietsebene*** zu ***planen***. Bei der Planung sollte die Aufwertung der ökologischen Funktionen der Landschaftsräume angemessen berücksichtigt werden.

Die standortbezogene Projektplanung hat in Abhängigkeit der Ausgangs- und Randbedingungen eine unterschiedliche Planungstiefe erreicht. Die Ergebnisse sind zusammenfassend in den ***Standortdatenblätter***n in Anlage 2 zusammengefasst. Es wurden überschlägige Gesamtkosten (Bau incl. Planung) angegeben und die nächsten Umsetzungsschritte benannt.

1 Veranlassung

Das Projekt „Masterplan Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau“ wurde im Rahmen des EU-Förderprogramms LIFE LOCAL ADAPT durchgeführt. Die Stadt Zittau hatte sich erfolgreich mit einer Projektskizze an dem Ideenwettbewerb 2017 zur Anpassung an den Klimawandel in sächsischen Kommunen beteiligt. Die Projektskizze wurde durch das LfULG zur Umsetzung empfohlen und ausgeschrieben. Durchgeführt wurde das Projekt durch GFI. Die ZSG - Zittauer Stadtentwicklungsgesellschaft mbH war im Projekt als NAN gebunden und mit der Öffentlichkeitsarbeit sowie mit der Kommunikation mit den Akteuren vor Ort beauftragt.
Im Rahmen der Projektskizze wurde herausgearbeitet, dass als Schwerpunkt der vielfältigen Auswirkungen des Klimawandels, mögliche Anpassungsmaßnahmen an zunehmende Starkregenereignisse betrachtet werden sollen.

2 Vorstellung des Projekts und Ausgangslage

2.1 Gegenstand und Projektziele

Gemäß der Projektskizze der Stadt Zittau waren im Projekt „Masterplan Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau“, wie in Abb. 2 dargestellt, 6 Schwerpunktstandorte zu betrachten. An diesen Standorten kam es in der Vergangenheit wiederholt zu erheblichen Schäden nach Starkniederschlägen durch Überflutung von Straßen mit Wasser und Schlamm von angrenzenden Ackerflächen sowie Schlammeintrag in die Kanalisation.

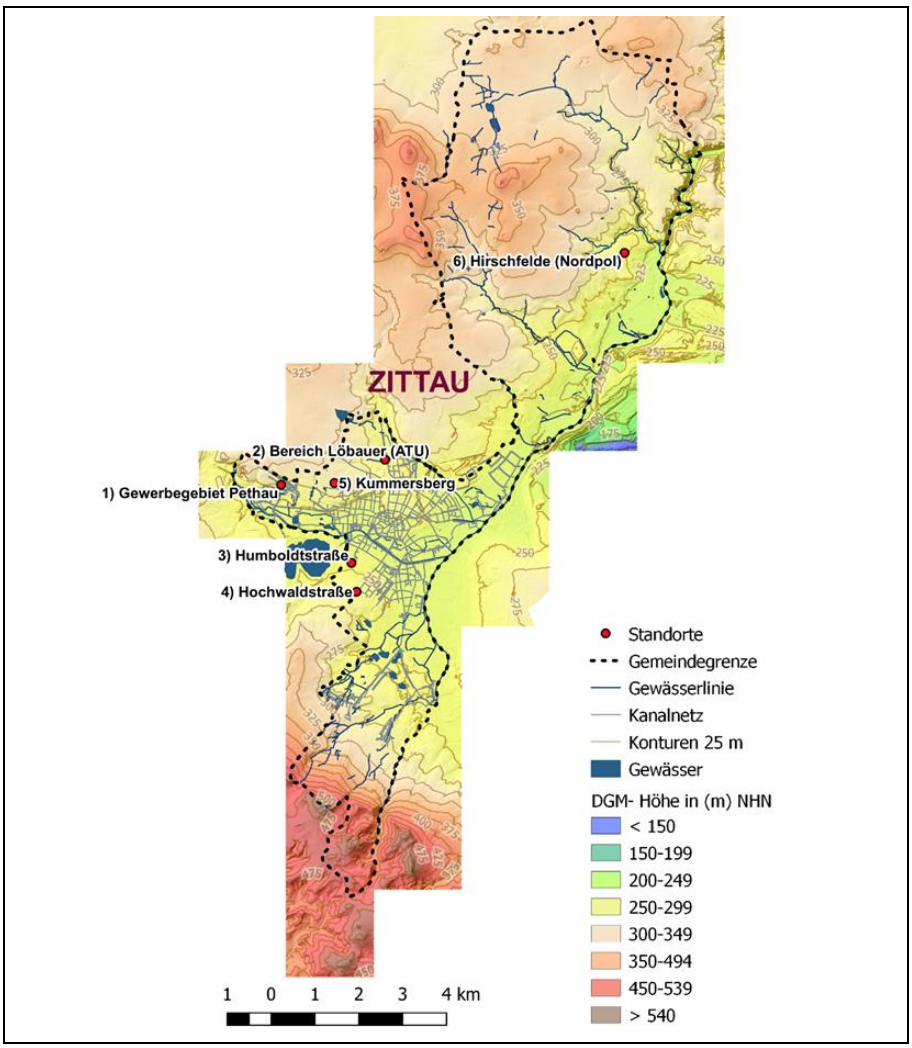

Abb. 2 Darstellung der Lage der Schadensstandorte 1-6 im Stadtgebiet von Zittau mit Lage der Gewässer und des Kanalnetzes

An den Standorten kam es in der Regel wiederholt zu Schadensfällen nach Starkniederschlägen, die typischerweise mit folgenden Auswirkungen verbunden waren:

- Kanalrückstau durch große Regenwassermengen,
- Erosion von Boden auf den landwirtschaftlichen Flächen
- Schlammeinträge (Erosionsmaterial) in das Kanalsystem,
- Schlammüberflutung von Straßen,
- bei Betroffenheit von Mischwasser-Sammlern Beeinträchtigung der Kläranlage

Die Schäden führen zu erheblichen wiederkehrenden Kosten, insbesondere bei der Straßenreinigung und der Wartung der Kanalisation. Es wurde eingeschätzt, dass durch die Ereignisse mit wiederholtem Schlammeintrag in die Kanalisation die Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes teilweise stark verringert und die Kläranlage aufgrund von Fremdwasserspitzen im Mischsystem übermäßig stark belastet wird (ZSG, 2017).

Im Rahmen des Projekts: „Masterplan Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau“ sollen Defizite im Stadtgebiet benannt und quantifiziert werden und die Akteure zu gemeinsamen Handeln, auch durch die Herstellung eines Problembewusstseins bei den Betroffenen und in der Öffentlichkeit, bewegt werden. Es sollen Wege aufgezeigt werden, wie Anpassungsmaßnahmen, z.B. mit Verweis auf Fördermöglichkeiten, umgesetzt werden können.

2.2 Starkregenrisikomanagement - Einordnung des Projekts und der Projektziele

Anlagen der Siedlungsentwässerung werden, wie in Abb. 3 dargestellt, für häufige Regenereignisse mit Jährlichkeiten von 1-5 Jahren (im Einzelfall bis 10 Jahren) bemessen. Die Anlagen sind auf einen überstaufreien Betrieb auszulegen. Seltenere und stärkere Regenereignisse können durch die so bemessenen Entwässerungsanlagen nicht gefasst werden und laufen überwiegend oberirdisch als „wild abfließendes Wasser“ ab. Gegenstand des kommunalen Starkregenrisikomanagements ist es sich mit den Folgen und Auswirkungen solch seltener Starkregen (Jährlichkeit > 30 a) zu beschäftigen und geeignete Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu ergreifen.

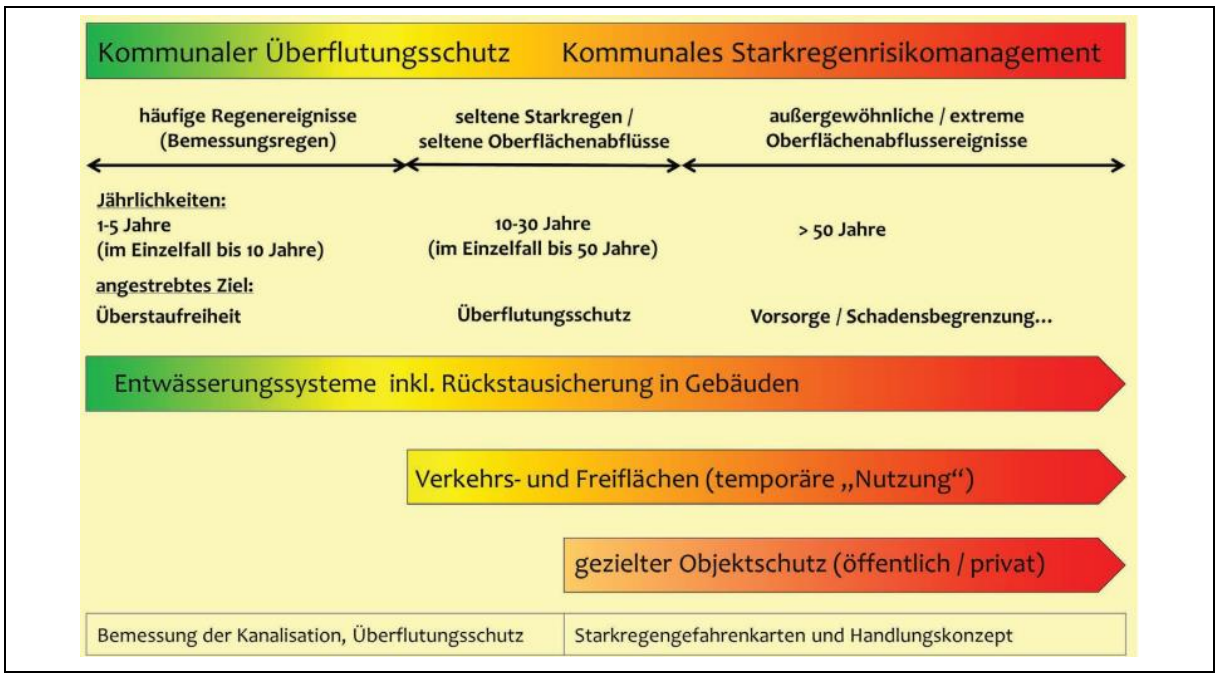

Abb. 3 Aufgaben der Kommune im Rahmen des Starkregenrisikomanagements in Abgrenzung zu den Aufgaben der Siedlungsentwässerung

Das Starkregenrisikomanagement beinhaltet Maßnahmen der Gefahrenabwehr (z.B. Erstellung von Starkregengefahrenkarten, Erstellung von Einsatzplänen für Rettungskräfte, Pläne zum Hochwasser- und Gebäudeschutz) sowie der Vorsorge (z.B. Verbesserung des Wasserrückhalts in Außenflächen und Siedlungsflächen, Berücksichtigung des Hochwasserschutzes in der Bauleitplanung).
Im Rahmen des Starkregenrisikomanagements sollen v. a. die Bereiche definiert werden, in denen kommunale bauliche Vorsorge-, Schutz- und Unterhaltungsmaßnahmen gegen Überflutungen durch Starkregenereignisse notwendig sind. Damit werden v. a. die folgenden Ziele verfolgt (DWA, 2013):

- Außengebietswasser vom Siedlungsgebiet fernhalten,
- Freihaltung von bevorzugten Fließwegen des Oberflächenabflusses in der Siedlungsfläche,
- Oberflächenwasser im Siedlungsgebiet in der Fläche (und im Außenbereich) zurückhalten,
- unvermeidbares Oberflächenwasser gezielt zu schadensfreien oder schadensarmen Freiflächen ableiten,
- Oberflächenwasser geordnet und schadensarm im Straßenraum ableiten oder zwischenspeichern,
- Oberflächenwasser geordnet und schadensarm in Gewässer und Entwässerungsgräben ableiten,

- Risikobereiche mit Gefahr für Menschenleben und Objekte der kritischen Infrastruktur besonders schützen.

Neben dem gefahrlosen (dezentralen) Ableiten von Außengebietswasser stellen der Rückhalt und die Lenkung des Wassers sowie der Sedimentrückhalt am Ort der Entstehung in Außengebieten wesentliche Elemente der Vorsorge im Rahmen des Starkregenrisikomanagements dar. Hierbei sind die Interessen der Allgemeinheit zum Schutz vor Gefahren, die von „wild abfließendem Wasser" ausgehen können und den Interessen der Flächeneigentümer und Flächenbewirtschafter gegeneinander abzuwägen. Hierbei kommt der Kommune eine Lenkungs- und Koordinierungsfunktion zu. Insbesondere ist es Aufgabe der Kommune Maßnahmen zum Hochwasserschutz und zum Starkregenrisikomanagement frühzeitig in die Bauleitplanung zu integrieren (Kommunal Agentur NRW, 2015).

2.3 Projektablauf und Beteiligung der Öffentlichkeit

Folgender Projektablauf wurde realisiert:

1. Grundlagenermittlung

- Datenerfassung (Klimadaten, Relief (DGM), historische und aktuelle Karten, Fotos/Dokumentation von Schäden), vor Ort Begehungen, Bodenprobenahme und Bodenanalyse

2. Konflikt- und Gefahrenanalyse

- Geländeanalyse, Auswertung hist. Karten (Siedlungsverdichtung, Strukturänderungen, Dränung)
- Berechnung Abflussbahnen f. große Einzugsgebiete, Analyse gefährdeter Bereiche, Objekte
- Oberflächenabfluss- und Erosions-Modellierung

3. Auswahl und Bewertung von Maßnahmen

- Auswahl und Bewertung von Anpassungsmaßnahmen
- Prognose (Berechnung) der Maßnahmenwirkung
- Abstimmung und Priorisierung von Maßnahmen eines „Masterplans"

4. Zusammenfassung

- Abschlussbericht mit Kernpunkten des „Masterplans"
- Erstellung von Maßnahmeblättern je Standort

Eine Information der kommunalen Entscheidungsträger und der Öffentlichkeit über die Projektinhalte erfolgte im Rahmen folgender Informationsveranstaltungen:

Termin	Gegenstand der Veranstaltung
18.10.2018	Interne Projektberatung, Vorstellung der Projekts bei der ZSG und der Stadt Zittau
16.11.2018	Vorstellung der Projekts bei der untere Wasserbehörde und Diskussion von Anpassungsmaßnahmen

12.02.2019	Interne Projektberatung mit ZSG und Stadt Zittau, Abstimmung der Inhalte des Öffentlichkeitstermins
03.04.2019	Information der Ortsbürgermeister der Stadt Zittau
25.04.2019	Information zum Projekt in der Stadtratssitzung
29.04.2019	Information zum Projekt in der Ortschaftsratssitzung Mittelherwigsdorf
24.06.2019	Informationsveranstaltung für die Öffentlichkeit und interessierte Bürger
18.12.2019	Abschlussberatung mit der ZSG und der Stadt Zittau

2.4 Projektbearbeitung und Vorgehensweise

Die Projektbearbeitung erfolgte mit dem Ziel geeignete Erosions- und Hochwasserschutzmaßnahmen auszuwählen sowie optimale Standorte der Erosionsschutzelemente zu bestimmen. Dazu war es erforderlich die Regenwassermengen der Teileinzugsgebiete und die Bodenerosion auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen abzuschätzen. Hierfür wurden, wie in Abb. 4 dargestellt, analytische Verfahren (Abfluss-Beiwert-Verfahren) sowie gis-basierte Auswertungen durchgeführt. Zunächst waren Niederschlags- und Klimadaten, Daten zur Regenerosivität, ein digitales Geländemodell sowie Daten der Bodenschätzung als Eingangsgrößen der Berechnung bereitzustellen und zu analysieren (siehe Abschnitt 2.6).

Zur Charakterisierung erosionswirksamer Starkniederschlagsereignisse wurde das Starkniederschlagsereignis vom 20.06.2013, das am Standort Pethau zuletzt erhebliche Schäden verursachte, ausgewählt und charakterisiert (s. Abschnitt 2.6.2). Zur Abschätzung der Bodenvorfeuchte und der Abflussbereitschaft (Abflussbeiwert) zu diesem Zeitpunkt auf den Ackerflächen wurde der Bodenwasserhaushalt mit dem Programmsystem Hydrus 1D modelliert (siehe Anhang 3).

Eine Analyse des bei Starkregen „wild abfließenden Wassers“ wurde auf der Grundlage von gis-gestützten Reliefanalysen und der Berechnung von Abflussbahnen durchgeführt. Eine Abschätzung der Regenmengen und des wild abfließenden Wassers erfolgte für ausgewählte Regeneinzugsgebiete mit hydrologischen Methoden (CN-Verfahren, Einheitsganglinienverfahren nach DVWK-Merkblatt 113) sowie mittels numerischer Modellierung des Oberflächenabflusses mit dem Programm OpenLisem.

Die Bodenerosion wurde als langjähriger Bodenabtrag auf den Ackerflächen mithilfe der ABAG berechnet und für die Optimierung der Standorte der Erosionsschutzelemente (Hecken, Grünland usw.) genutzt. Die Wirkung der Erosionsschutzmaßnahmen wurde mit dem Programm Erosion 3D modelliert und bewertet (siehe Abschnitt 4.3).

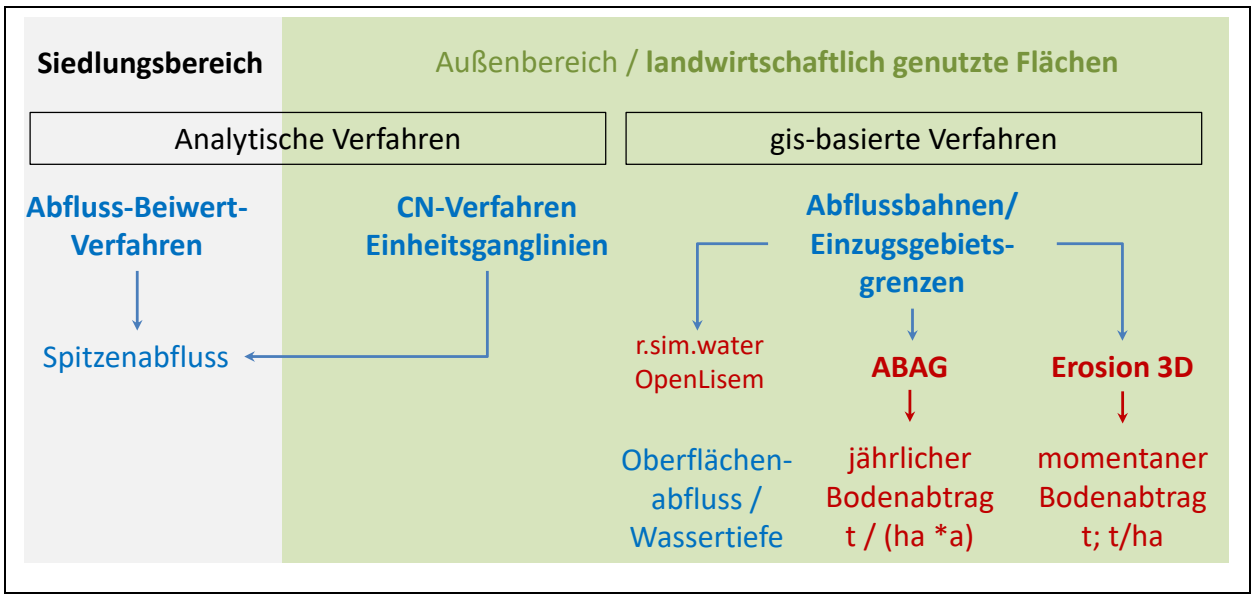

Abb. 4 Vereinfachte Darstellung der Datenbearbeitung und Berechnung der Zielgrößen zur Bestimmung des Oberflächenabflusses und der Bodenerosion

2.5 Lage und Charakterisierung der Untersuchungsgebiete

Naturräumlich ordnet sich Zittau südexponiert im Zittauer Becken ein. Das Zittauer Becken wird im Süden vom Zittauer Gebirge, im Westen und Norden von den Vollformen des Oberlausitzer Berglandes und des Oberlausitzer Gefildes begrenzt. Im Osten tangiert der Fluss Neiße des Stadtgebiet und bildet die natürliche Grenze zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen.

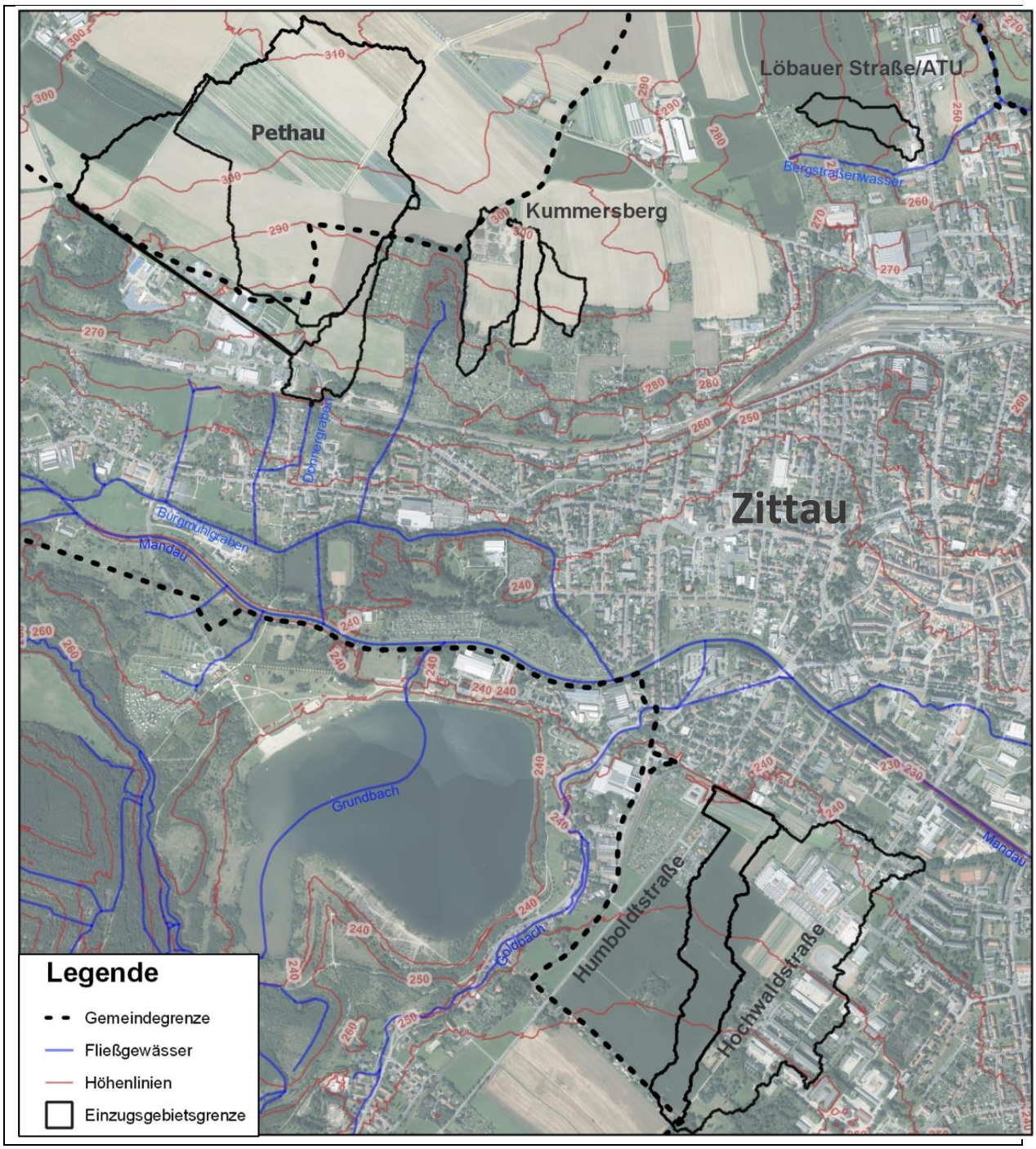

Abb. 5 Darstellung der Lage der Teileinzugsgebiete und für die Entwässerung relevante Vorfluter

Für die Entwässerung der zu betrachtenden Agrarflächen ist der Vorfluter Mandau (Gewässer II. Ordnung) relevant. Die Mandau durchfließt das Stadtgebiet von Zittau und ist im innerstädtischen Bereich hochwassersicher ausgebaut. In die Mandau entwässern kleinere Vorfluter: der Goldbach von Süden kommend und der Donnergaben (Standort: GE Pethau) aus nördlicher Richtung. Das Bergstraßenwasser (Standorte: ATU, Kummersberg) entwässert über den Eckartsbach in die Neiße. Das für die Flächenentwässerung relevante Vorflutersystem ist in Abb. 5 dargestellt.

2.5.1 Standort 1 - Gewerbegebiet Pethau

Das Gewerbegebiet Pethau liegt an der Bundesstraße B96 am Ortseingang von Zittau. Am Standort Pethau kommt es seit den 1980-iger Jahren (mündl. Mitteilung, Hr. Riemer) bei Starkregen zu „off site"-Schäden und zur Überflutung der Straße mit Wasser und Schlamm von angrenzenden Ackerflächen. Das letzte Schadensereignis vom 20.06.2013 führte zu erheblichen Schäden an der Infrastruktur. Aufgrund einer hohen Bodenvorfeuchte im Extremsommer 2013 kam es bei dem Starkregenereignis zu einem erhöhten Oberflächenabfluss. Hinweise zu den klimatischen Randbedingungen und zur Bodenfeuchte werden im Abschnitt 2.6.2 gegeben. Durch „wild abfließendes Wasser" wurde die Bundesstrasse B96, die Kanalisation und anliegende Grundstücke an der Blumenstraße stark beschädigt bzw. in Mitleidenschaft gezogen. Die Schäden sind fotografisch in Anhang 1.1 dokumentiert. Im Abschnitt 3.1.1 wird auf die Abflusssituation und die Bodenerosion Bezug genommen.

2.5.2 Standort 2 - Löbauer Straße, Autoteile Unger (ATU)

Am Standort Löbauer Straße kam es bei Starkregenereignisse wiederholt zur Überflutung angrenzender Grundstücke mit Wasser und Schlamm von den angrenzenden Ackerflächen. Betroffen war hier auch die Kanalisation. Die Flächen liegen im Einzugsgebiet des Bergstraßenwassers, dass in den Eckartsbach entwässert. Auf die Erosionsgefahr wird in Abschnitt 3.2.1 eingegangen.

2.5.3 Standort 3 - Humboldtstraße

Der Standort Humboldtstraße liegt im Süden von Zittau und erstreckt sich in süd-östliche Richtung. Das Regeneinzugsgebiet wird durch einen Mischwasserkanal entwässert, an dem neben den Dachflächen der Humboldtsiedlung, weitere versiegelte Flächen und auch der Straßengraben angebunden sind. Nach dem Anschluss des Straßengrabens an die Kanalisation kam es bei Starkregen zur Überlastung der Kanalisation, Überflutung der Straße und angrenzender Grundstücke am Ende der Humboldtstraße. Betroffen waren das Hotel Dresdner Hof und das Geschäft „Möbelhaus Schimon".
Aufgrund der geringen Geländeneigung ist die Gefahr von Bodenerosion von untergeordneter Bedeutung. Auf die Entwässerungssituation wird in Abschnitt 3.1.2 eingegangen.

2.5.4 Standort 4 - Hochwaldstraße

Ähnlich wie die Humboldtstraße, liegt die Hochwaldstraße im Süden von Zittau und erstreckt sich in süd-nördliche Richtung. Auch hier kam es bei Starkregen zur Schlammüberflutung der Straße und zum Schlammeintrag in die Kanalisation infolge des „wild abfließenden Wassers" von den angrenzenden Ackerflächen. Es handelt sich um die gleichen Ackerflächen, die an die Humboldtstraße angrenzen. Die Analyse der Abflussbahnen (vgl. Abschnitt 3.1.2) ergab, dass mit der Umsetzung von Maßnahmen zur Lenkung des „wild abfließenden Wassers" auf den betroffenen Ackerflächen kein Wasser mehr in Richtung Hochwaldstraße abströmt. Die Maßnahmen werden deshalb für beide Standorte gebündelt betrachtet.

2.5.5 Standort 5 - Kummersberg

Der Kummersberg ist mit 393,3 mNN nordöstlich der Altstadt von Zittau gelegen stadtnah die höchste Erhebung. Er grenzt unmittelbar an die Altstadt an und ist im unteren Teil mit Altbauten aus der Gründerzeit bebaut. Auf der Bergkuppe wird bei einer mittleren Geländeneigung von 5-7 % Ackerbau und Gemüseanbau betrieben. Die Steillagen sind hier besonders erosionsgefährdet. Hier kommt es bei Starkregen wiederholt zu Schäden bei den Anliegern (Kleingartenanlage). Die Flächen sind vergleichsweise kleinteilig. Auf die Erosionsgefahr wird in Abschnitt 3.2.1 eingegangen.

2.5.6 Standort 6 - Hirschfelde

Die Siedlung „Nordpol“ im Ortsteil Hirschfelde ist bei Starkregen durch „wild abfließendes Wasser“ und Schlamm von landwirtschaftlich genutzten Flächen aus nördlicher Richtung betroffen. Hier kam es fast schon zu einer regelmäßigen Folge von Schadensereignissen. In diesem Zusammenhang wurden bereits erste Gespräche mit den Landwirten zur Fruchtfolgegestaltung und der Instandsetzung der Entwässerungsgräben geführt. Die Kanalisation ist durch Einträge von Erosionsmaterial betroffen.

2.5.7 Schadensbereiche Ortsteile Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf

Neben den 6 in der Projektskizze benannten Standorten wurden während der Projektbearbeitung weitere Schadensereignisse recherchiert und durch die Stadt Zittau mitgeteilt. Die Schäden traten in den neu eingemeindeten Ortsteilen Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf im Zeitraum 2010 – 2019 auf. Eine Fotodokumentation der Schäden wurde durch die Stadt Zittau erstellt und befindet sich in Anlage 1.1. Tab. 1 enthält eine Zusammenfassung der gemeldeten Schadensereignisse.

Tab. 1 Gemeldete Schadensereignisse in den Ortteilen Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf

Nr.	Ortsteil, Straße	Datum Schadensereignis
7	Wittgendorf, Straße nach Dittelsdorf	27.08.2010, 25.08.2011, 18.06.2016
8	Wittgendorf, Hauptstraße 94a	27.08.2010; 25.08.2011; 18.06.2016
9	Wittgendorf, Hauptstraße 98	27.08.2010; 25.08.2011; 18.06.2016
10	Wittgendorf, Hauptstraße 100	27.08.2010; 25.08.2011; 18.06.2016
11	Wittgendorf, Dorfidyll, Hauptstraße 125	
12	Wittgendorf, Hauptstraße 64	Starkregenereignis in 2011
13	Wittgendorf, Hauptstraße 36/38	27.08.2010, 25.08.2011
14	Draußendorf an der B99, Abzweig Wittgendorf	19.02.2012, 08.06.2013, 07.08.2013
15	Hirschfelde, Väterweg	25.08.2011, 19.02.2012
6	Hirschfelde, Karl-Liebknecht-Straße/Dr.-Külz-Straße	25.08.2011,19.02.2012, 06.06.2017, 10.02.2019
16	Hirschfelde, August-Bebel-Straße	19.02.2012, 24.08.2012
17	Dittelsdorf, Viebig	25.08.2011
18	Dittelsdorf, Vierhäuser 5	25.08.2011, 18.06.2016
19	Schlegel, Grenzviebig 1	1995
20	Schlegel, Bergstraße 14	2016

Der Standort Hirschfelde, Karl-Liebknecht-Straße/Dr.-Külz-Straße ist identisch mit dem Standort 6. Insgesamt wurden in den Ortteilen Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf damit 14 weitere erosionsgefährdete Standorte mit wiederkehrenden Schadensereignissen lokalisiert. Eine Bewertung der Erosionsgefährdung der Standorte erfolgt im Abschnitt 3.2.2.

Im Gegensatz zu den Standorten 1-6, die direkt am Stadtrand von Zittau liegen, sind die Ortsteile Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf ländlich geprägt. Die zugehörigen REZG sind deutlich größer. Die Darstellung der REZG in der Biotoptypenkarte in Abb. 6 macht deutlich, dass die Problemflächen in einer weitgehend ausgeräumten Agrarlandschaft liegen. Biotopverbünde und Strukturelemente (Hecken, Wege) fehlen weitgehend. Hinzu kommt eine hohe Erosionsgefahr der Lössböden sowie Meliorationsmaßnahmen. Auffallend ist, dass Erosionsschäden stets an Standorten mit meliorierten Flächen auftraten. Auf die Erosionsgefahr wird anhand von KLSR-Karten in Abschnitt 3.2.2 eingegangen.

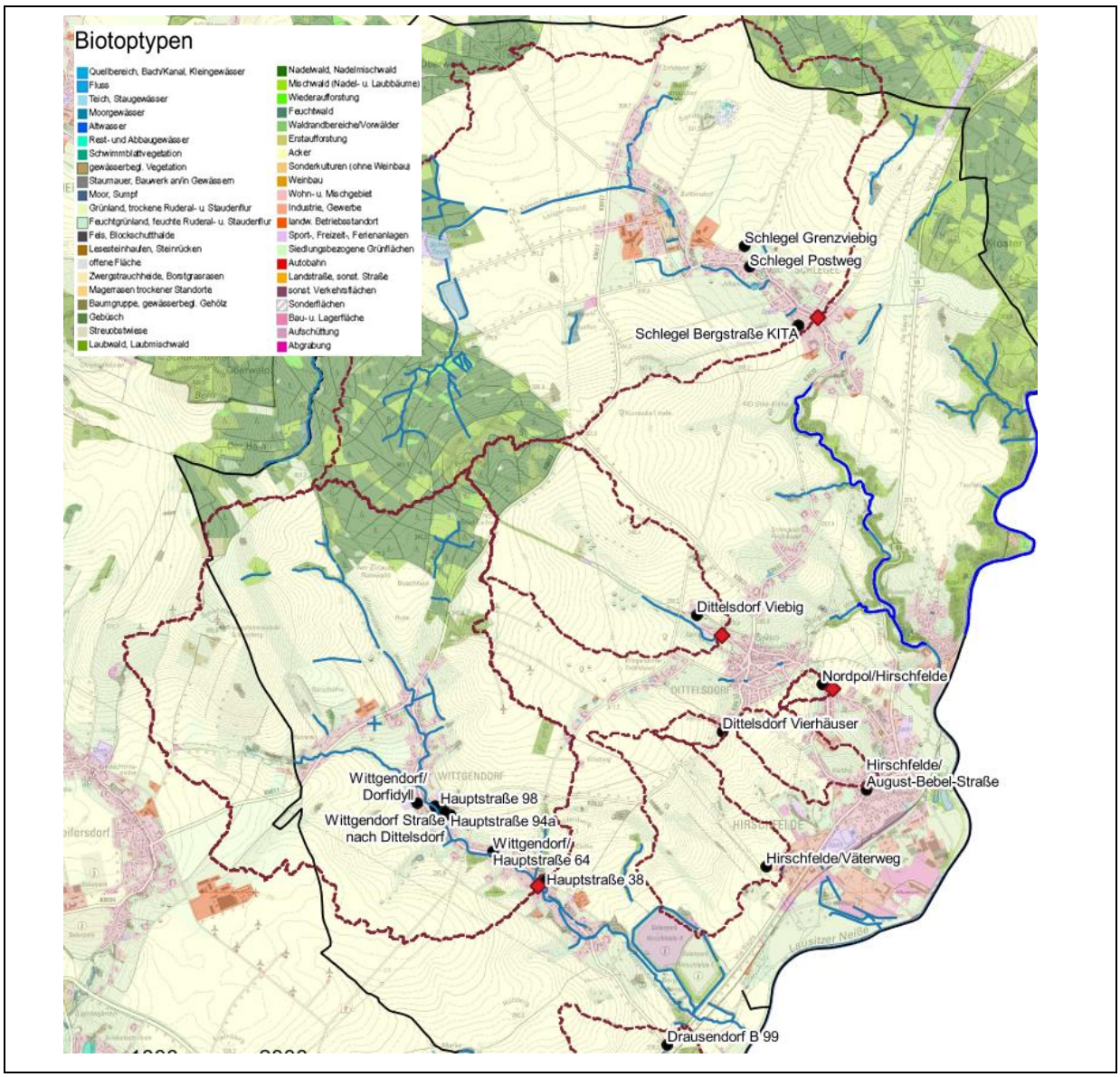

Abb. 6 Darstellung der Lage der Einzugsgebiete der Schadensbereiche 7-20 und der Lage von Landschaftsstrukturelementen anhand der Biotoptypenkarte

2.6 Klimatische und meteorologische Randbedingungen

2.6.1 **Niederschlagsmengen und Regenerosivität**

Im Stadtgebiet Zittau fallen im langjährigen Mittel 413 mm Niederschlag. Im Feuchtjahr 2013 betrug der Jahresniederschlag 464 mm. Im langjährigen Mittel variiert der Niederschlag im Stadtgebiet um -30 mm bis + 60 mm. Im Feuchtjahr 2013 war auch die räumliche Variabilität mit -60 mm und + 80 mm größer, wobei größere Niederschlagsmengen im Bergland südlich von Zittau fallen.

Tab. 2 Niederschlagssummen und Regenerosivität (R-Faktor) für das Stadtgebiet Zittau als langfristige Mittelwerte und für das Extremjahr 2013 mit Angabe der räumlichen Variabilität

	Niederschlags-summen [mm]	R-Faktor [N/h]
Zeitraum	Min / Mittel / Max	Min / Mittel / Max
1993-2012	387 / **413** / 472	89 / **95** / 100
2013	402/ 464 / 545	94 / 110 / 122

Die Regenerosivität wird zur Abschätzung der Bodenerosion nach der ABAG-Gleichung nach DIN 1907 in Sachsen nach der Gleichung

R-Faktor (Ø 1993-2012) = Niederschlagssumme Mai_Sep * 0,285 – 21

berechnet.
Aufgrund der räumlichen Variabilität der Regenerosivität erfolgt die Abschätzung der Bodenerosion mit standortbezogenen R-Faktoren in Anhang 4. Die Niederschlagsdaten und die Regenerosivität des Niederschlags wurden durch das LfULG bereitgestellt.

2.6.2 **Auswertung des Starkniederschlagsereignisses vom 20.06.2013**

Die Auswertung des Starkniederschlagsereignisses vom 20.06.2013, dokumentiert in Anhang 3, ergab folgende Kennwerte:

Niederschlagssumme:	52,6 mm
Dauer:	55 min
max. Regenspende:	2,45 mm/min bzw. 408 L/(s*ha)
Wiederkehrsintervall:	100 Jahre

Der Starkregen war mit einer Niederschlagsmenge von 52,6 mm und einer Dauer von 55 min gem. Kostra-Atlas (Rasterzelle: 55075) als 100-jähriges Extremereignis einzustufen.
Dem Niederschlagsereignis waren mehrere Starkregen vorangegangen, so dass vor dem Starkregen eine hohe Bodenfeuchte vorlag. Die Auswertung der Niederschlagsdaten in Anhang 3 ergab, dass der Niederschlag im Zeitraum 19.05.2013 – 19.06.2013 207 mm und 47 % der Gesamtjahresmenge 2013 betrug.

2.7 Gesetzliche Rahmenbedingungen

2.7.1 **Hochwasserschutz**

Wild abfließendes Wasser ist im Sinne des §72 WHG als Hochwasser anzusehen. Der Hochwasserschutz ist Jedermannspflicht. Im § 5 Abs. 2 WHG heißt es dazu: *„Jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, ist im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur*

Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt oder Sachwerte durch Hochwasser anzupassen."
Besondere Verpflichtungen zur Vorsorge vor Hochwassergefahren ergeben sich daraus für Grundstückseigentümer, Kommunen und Landwirte als Nutzer der Flächen.

Wild abfließendes Wasser

- Der natürliche Ablauf von wild abfließendem Wasser auf ein tiefer liegendes Grundstück darf nicht zum Nachteil eines höher liegenden Grundstücks behindert werden (§ 37 Abs. 1 Satz 1 WHG).
- Der natürliche Ablauf von wild abfließendem Wasser darf nicht zum Nachteil eines tiefer liegenden Grundstücks verstärkt oder auf andere Weise verändert werden (§ 37 Abs. 1 Satz 2 WHG).
- Die Eigentümer oder Nutzungsberechtigten von Bodenflächen und Grundstücken haben gegen die bodenabtragende Wirkung des wild abfließenden Wassers geeignete Maßnahmen zu treffen (§ 29 SächsWG).
- Zur Durchsetzung dieser Verpflichtungen kann die zuständige Wasserbehörde Anordnungen nach § 100 Abs. 1 Satz 2 WHG treffen.

Bodenerosion – Gefahrenabwehr nach BBodSchG

Eigentümer und Nutzungsberechtigte sind verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr der von ihrem Grundstück drohenden schädlichen Bodenveränderungen (z. B. durch Bodenerosion) zu treffen (§ 4 Abs. 2 BBodSchG). Zur Erfüllung dieser Pflichten kann die zuständige Behörde Anordnungen treffen. (HENK 2015)

Bodenerosion – Vorsorgepflicht nach BBodSchG

- Bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung wird die Vorsorgepflicht durch die gute fachliche Praxis erfüllt (§ 17 i. V. m. § 7 BBodSchG).
- Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gehört u. a., dass Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung […] möglichst vermieden werden (§ 17 Abs. 2 Nr. 4 BBodSchG).
- Vermittlung der Grundsätze der guten fachlichen Praxis durch Beratung (§ 17 Abs. 1 BBodSchG):.
- Die Bodenschutzbehörde ist aufgrund fehlender konkretisierender Verordnungen nicht befugt, bestimmte Vorsorgemaßnahmen gegen Bodenerosion anzuordnen.

Hinweis: Gefahren für andere Schutzgüter (außer Boden) sind nach den Maßstäben der jeweils betroffenen Rechtsbereiche zu bewerten und ggf. abzuwehren.

Verpflichtungen für Landwirte, die Agrarzahlungen beziehen (Cross Compliance)

Einhaltung von Mindestanforderungen auf Ackerfeldblöcken, die in Wassererosionsgefährdungsklassen (WGK) eingestuft wurden.

Wichtig: Die Vorsorgeanforderungen nach § 17 BBodSchG sind deutlich höher bzw. weitergehend als die Mindestanforderungen gemäß Cross Compliance (HENK 2015). Im Umkehrschluss gilt, dass die Mindestanforderung gemäß Cross Compliance unbedingt einzuhalten sind und darüber hinaus die Anforderungen des § 17 BBodSchG zu beachten sind.

2.7.2 Fachliche Konkretisierung der rechtlichen Anforderungen zum Erosionsschutz

Hinweise zur Umsetzung der rechtlichen Anforderungen zum Erosionsschutz werden z.B. in LfULG (2013) gegeben.

Gefahrenabwehr

Eine schädliche Bodenveränderung liegt vor, wenn der Bodenabtrag bei einem Einzelereignis 25 t/(ha) überschreitet bzw. der langfristige, jährliche Bodenabtrag nach ABAG 13 t/(ha*a) überschreitet. Im Fall einer schädlichen Bodenveränderung kann die untere Bodenschutzbehörde Maßnahmen zum Erosionsschutz anordnen.

Vorsorge

Die Pflichten des Landwirts im Rahmen der Umsetzung einer guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft zur Vorsorge gegen Bodenerosion sind erfüllt, wenn der mittlere jährliche Bodenabtrag auf einen Wert von:

2-3 t/(ha*a)

begrenzt wird (LfULG, 2013)
Die Bodenschutzbehörde ist aufgrund fehlender konkretisierender Verordnungen nicht befugt, bestimmte Vorsorgemaßnahmen gegen Bodenerosion anzuordnen.

2.8 Grundsätze der Raumordnung

Im Regionalplan Oberlausitz-Niederschlesien werden die Grundsätze der Raumordnung nach § 2 des Raumordnungsgesetzes sowie die Ziele und Grundsätze des Landesentwicklungsplans LEP 2003 räumlich und sachlich konkretisiert. Der Regionalplan übernimmt in Sachsen auch die Funktion des Landschaftsrahmenplanes. Die dem Regionalplan als Anlagen beigefügten Karten und deren Inhalte sind in den Planungen und Maßnahmen von öffentlichen Stellen bei Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen, die sich auf Natur und Landschaft auswirken können, z.B. in den Landschaftsplänen und bei der Bauleitplanung zu berücksichtigen.
Die Vorgaben der Raumordnung sind damit auch bei der Ableitung von Zielen des Masterplans zwingend zu berücksichtigen.
In der Karte „Landschaftspflege, -sanierung und -entwicklung“ sind Gebiete mit potenziell großer Wassererosionsgefährdung ausgewiesen. Die Karten sind jedoch aufgrund des Maßstabs zur Ableitung standortkonkreter Ziele nicht geeignet und zu grob. Übernommen werden die Ziele, auf deren Grundlage die Karten erstellt wurden.

Abschnitt: 4.1 Landschaftsentwicklung und –sanierung

Bereiche der Landschaft mit besonderen Nutzungsanforderungen

Bodenerosion

G 4.1.2.1 Der Bodenabtrag durch Wind und Wasser insbesondere in den „Gebieten mit potenziell großer Erosionsgefährdung“ ist durch geeignete Bewirtschaftungs- und/oder Gestaltungsmaßnahmen so zu reduzieren, dass der schlagbezogene jährliche Bodenabtrag im langjährigen Mittel mittelfristig unter **3 t/ha** liegt. Stoffeinträge durch Bodenerosion und Oberflächenabfluss aus diesen Gebieten in oberirdische Gewässer und geschützte Biotope sind durch die Anlage von Pufferzonen zu vermeiden.

Anlegen von Wegen und Gehölzstreifen

Sanierungsbedürftiger Bereich der Landschaft

Ackerflächen, welche ohne gliedernde Hecken oder Feldgehölze eine Längenausdehnung von mindestens 500 m oder eine Größe von mehr als 20 ha aufweisen, gelten grundsätzlich als strukturierungsbedürftig im Sinne des Regionalplans (Mindestkriterium).

Ackerbaulich genutzte Hanglagen

Kriterien für die regionalplanerische Ausweisung als sanierungsbedürftiger Bereich der Landschaft bei ackerbaulich genutzten Böden unabhängig von Bodenart und Wasserspeichervermögen sind:

- Hangneigung > 10 % und
- erosionswirksame Hanglänge von mindestens 300 m und
- Mindestackerflächengröße ca. 10 ha

Landwirtschaft

„Für die landeskulturelle und ökologische Entwicklung großflächiger Agrarräume sind in Anlehnung an die historische Kulturlandschaft die Wegenetze mit den begleitenden Flurgehölzen bedarfsgerecht und in Abstimmung mit den Bodeneigentümern und -nutzern zu verdichten. Hierbei sind Möglichkeiten für den Schutz des Bodens vor Wind- und Wassererosion neben erosionsmindernden Bodenbearbeitungs- und Anbaumaßnahmen besonders zu berücksichtigen. Dabei sollen auch Wege zum Erreichen der Wälder wieder angelegt werden, die beispielsweise im Rahmen der Großflurlandwirtschaft in der ehemaligen DDR beseitigt wurden.“

3 Konfliktanalyse und Gefährdungsabschätzung

3.1 Gefahren durch „wild abfließendes Wasser“

3.1.1 Standort Gewerbegebiet Pethau

„Wild abfließendes Wasser“ auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

Das Regenwasser auf den landwirtschaftlichen Flächen nördlich der Oderwitzer Straße fließt, wie in Abb. 7 anhand der Abflussbahnen ersichtlich wird, weitgehend ungehindert, dem Gefälle folgend als „wild abfließendes Wasser“ ab, sammelt sich am Tiefpunkt und trifft im Bereich der „Oderwitzer Straße“ auf die Bundesstraße B96. Ein Straßengraben, geeignete Einlaufelemente oder ein Sedimentbecken zum Auffangen des Regenwassers und des Sediments sind nicht vorhanden bzw. verschlämmt und nicht funktionstüchtig. Strukturelemente (Wege), die das „wild abfließende Wasser“ auf den Agrarflächen lenken könnten, wurden bis auf einen Weg im oberen Teil des Regeneinzugsgebietes nach 1945 vollständig entfernt. Ehemalige Feuchtflächen in den Tieflinien, die große Mengen Wasser speichern können, wurden durch Drainagen in den 1970-iger Jahren trocken gelegt. Die Drainagen binden im Bereich der „Oderwitzer Straße“ in den Regenwasserkanal der Stadt Zittau ein. Durch die Drainagemaßnahmen hat sich die Erosionsgefahr auf den landwirtschaftlichen Flächen nochmals erhöht.

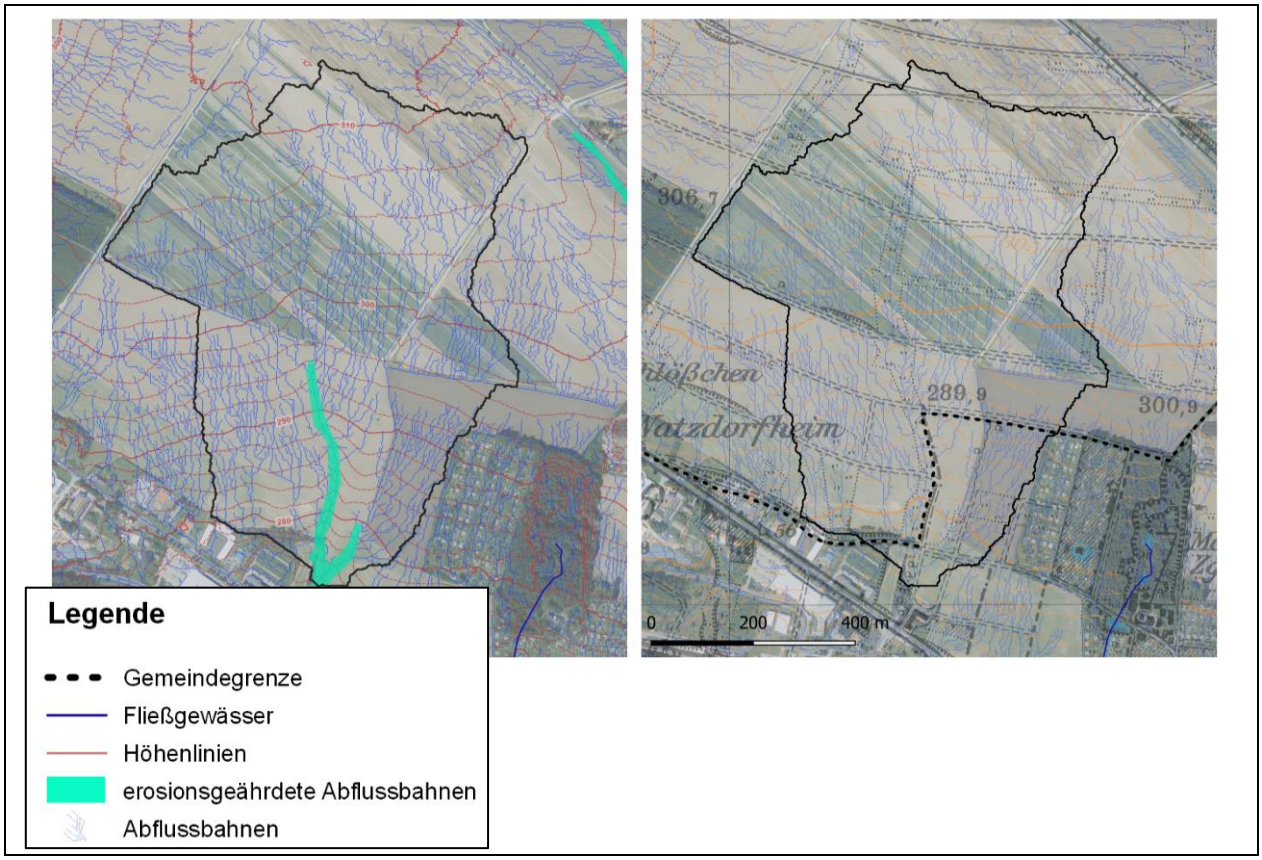

Abb. 7 Darstellung der Abflussbahnen des „wild abfließenden Wassers“ und des Regeneinzugsgebiets „Oderwitzer Straße“ auf den landwirtschaftlichen Flächen nördlich des GE Pethau, links: mit aktuellem Luftbild, rechts: mit Luftbild und historischer topografischer Karte (Messtischblatt vor 1945)

„Wild abfließendes Wasser“ im Gewerbegebiet Pethau

Wie aus der Darstellung der Abflussbahnen des „wild abfließenden Wassers“ im Bereich des GE Pethau in Abb. 7 ersichtlich wird, stellt die parallel zum Hang verlaufende Bundesstraße B96 ein Abflusshindernis dar. Entwässerungselemente (Entwässerungsgräben, Straßendurchlässe), die das „wild abfließende Wasser“ durch das GE in der natürlichen Fließrichtung den Vorflutern dezentral zuleiten könnten, sind nicht vorhanden. Bahndurchlässe und Gewässer sind verrohrt und teilweise verbaut.

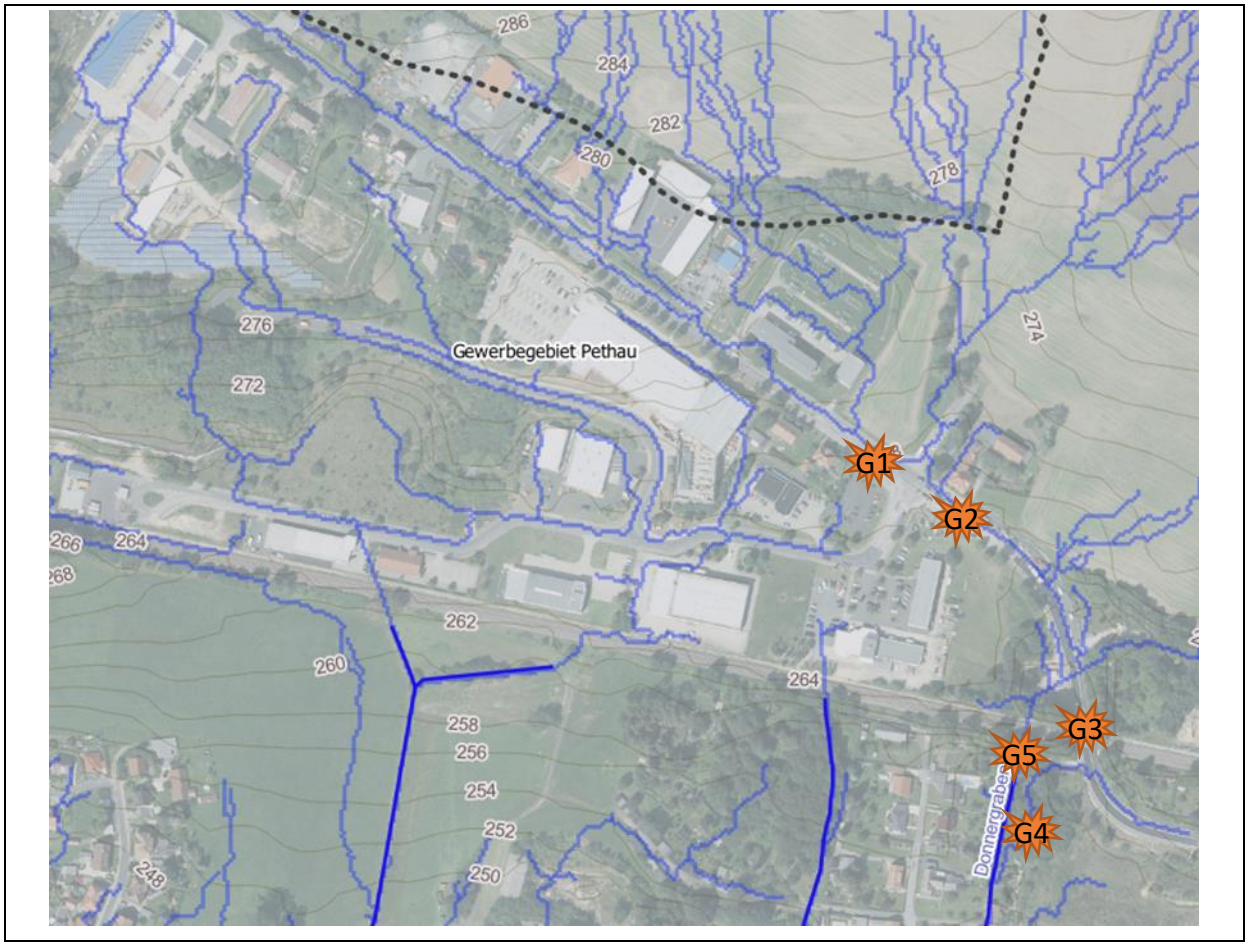

Abb. 8 Darstellung der Abflussbahnen des „wild abfließenden Wassers“ sowie der Fließgewässer im Bereich des GE Pethau mit Gefahrenpunkten bei „Starkniederschlag“

Um das Regenwasser aus dem GE Pethau abzuleiten, sind entlang der B96 zwei Regenkanäle mit DN300 und DN400 auf einer Länge von ca. 1 km installiert. Das zugehörige Regeneinzugsgebiet umfasst die Einzugsgebiete EZG I und EZG II. Ein durchgehender Straßengraben an der B96 zur Aufnahme des Regenwassers aus dem Regeneinzugsgebiet ist jedoch nur stadtauswärts auf einer Länge von ca. 300m vorhanden. Dieser entwässert das Gebiet EZG IIIb. Der Graben endet im Bereich des GE und bindet in den Regenkanal DN400 ein. Die Regenkanäle entlang der B96 binden im Bereich der „Oderwitzer Straße“ in einen Sammelkanal mit DN500 ein. An dieser Stelle kommt es bei Starkregen zur Überlastung des Kanals. Regenwasser, das nicht abgeleitet werden kann, strömt dem Gefälle folgend bis zum Tiefpunkt der B96 unter die Bahnunterführung. Von dort wird es, ebenso wie „wild abfließendes Wasser“ aus dem RE „Donnergraben“ durch den Regenkanal aufgenommen und nach einer kurzen Gefällestrecke hinter dem Bahndamm in den Donnergraben ausgeschüttet. Der Auslauf des Regenkanals ist mit einem Erdbecken unzureichend gesichert. Der Donnergraben verläuft

im Weiteren teilweise als offener Graben, teilweise verrohrt. Er ist unzureichend ausgebaut und unzureichend gesichert, um die Wassermengen, die bei Starkregen auftreten können, sicher ableiten zu können.

In Folge unzureichender Sicherung des Auslaufbereichs des Regenwasserkanals unterhalb des Bahndamms, kam es während des Starkniederschlagereignisses vom 20.06.2013 zur Auskolkung des Erdreichs und zur Unterspülung des Erdbeckens (Heim, 2013). Das Wasser ist unter Gelände abgeflossen. Weitere Hinweise zu den Schäden, Details der Schadensaufnahme und den Sofortmaßnahmen können (Heim, 2013) entnommen werden.

Als Ursachen, die zu einer Verschärfung der Abflusssituation und der Erosionsproblematik geführt haben, sind zu nennen:

Landwirtschaftlich genutzte Flächen:

- Beseitigung von Strukturelementen (Wege), die den Oberflächenabfluss lenken und verlangsamen,
- Melioration von Feuchtflächen, die Wasser speichern

Ortslage / Siedlung:

- Fehlen von Straßengräben und geeigneter Entwässerungssysteme zum dezentralen Ableiten von Regenwasser aus Außengebieten,
- Fehlen von Anlagen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und zur Dämpfung von Abflussspitzen im Bereich des GE (z.B. Gründächer, Versickerungsmulden, Überlaufschwellen zum Flächeneinstau z.B. auf Parkplätzen)
- Verrohrung von Gewässerabschnitten des Donnergrabens, Fehlen von Gewässerausuferungsflächen,
- Fehlen geeigneter Regenrückhaltebecken zur Zwischenspeicherung von Regenwasser aus Außengebieten.

Zusammenfassung der Gefahrenlage bei Starkregen:

Am Standort GE Pethau können bei Starkregenereignissen folgende Gefahrensituationen auftreten:

G 1 Überlastung der Regenkanäle entlang der B96, Wasseraustritt in Höhe „Oderwitzer Straße“,
G 2 Überflutung der B96 mit Schlamm von angrenzenden Ackerflächen
G 3 „Wild abfließenden Wasser“ und Schlamm auf der B96, dass sich unter Bahnunterführung sammelt, dort akkumuliert und die Straßenabläufe verstopft,
G 4 Überlastung des Donnergrabens inkl. Überflutung angrenzender Grundstücke
G 5 Auskolkung des ungesicherten Erdbeckens im Bereich der Ausschüttung des Regenkanals unterhalb des Bahndamms

Ermittlung der Regenmengen und Regenentsorgungsmöglichkeiten

Regeneinzugsgebiete und Bemessungsregenspenden

Am Standort GE Pethau können neben dem Regeneinzugsgebiet des Donnergrabens 3 Regeneinzugsgebiete differenziert werden.

Das EZG 1 entwässert die landwirtschaftlichen Flächen nördlich der Oderwitzer Straße. Das EZG 2 entwässert in die Regenkanalisation entlang der B96. Das EZG 3 umfasst die Flächen des Gewerbegebiets südlich der B96. EZG 3b wird durch den Straßengraben an der B96 entwässert.

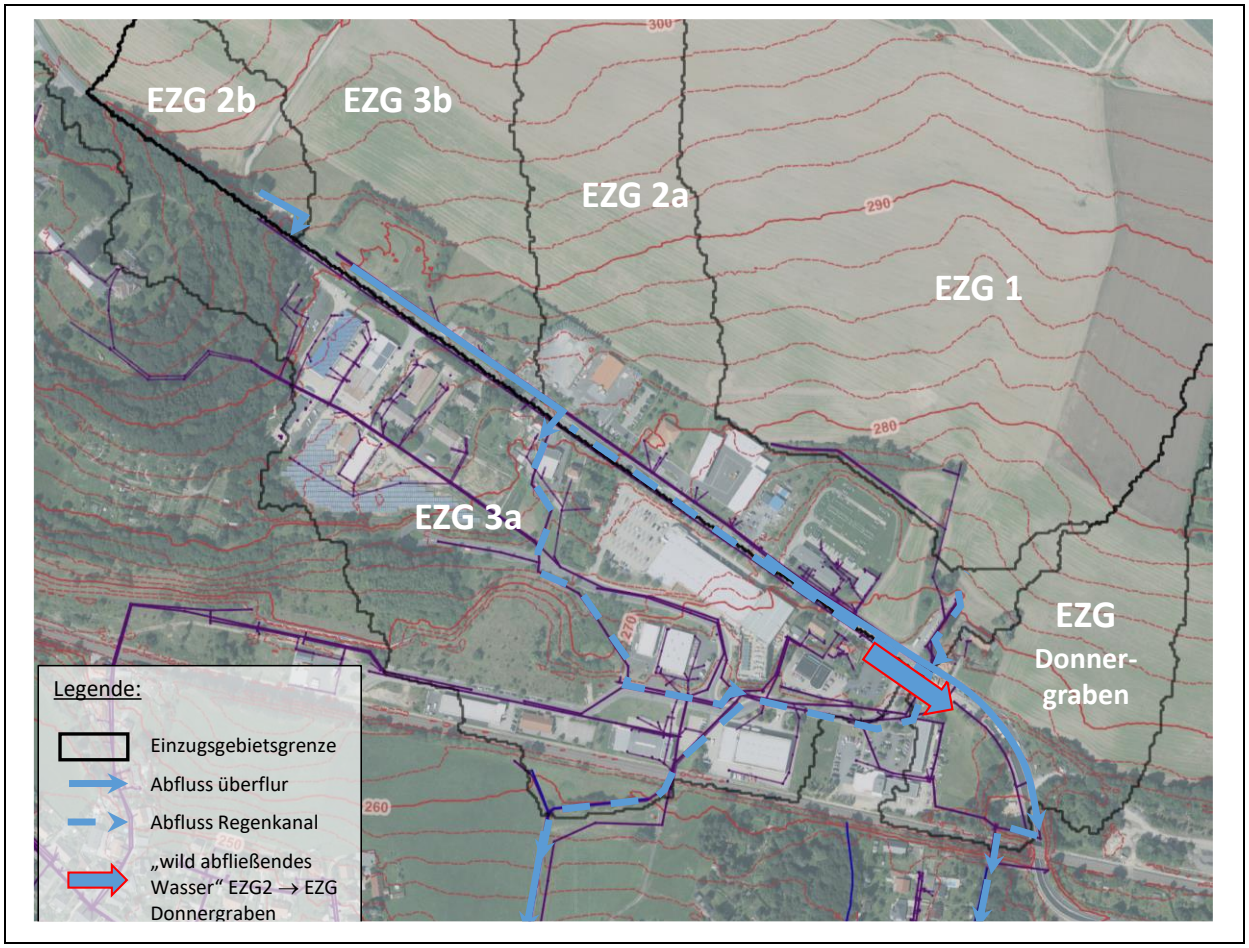

Abb. 9 Darstellung der Regeneinzugsgebiete GE Pethau

Eine überschlägige Bemessung der Regenmengen der EZG erfolgte in (Heim, 2014). Der hydraulische Nachweis der Regenmengen in (Heim, 2014) konnte bestätigt werden. Eine Präzisierung wurde bezüglich der Entwässerung des Straßengrabens nördlich der B96 vorgenommen. Dieser entwässert nach eigenen Recherchen nach einem Straßendurchlass in den Regenkanal des EZG 3. Das EZG des Straßengrabens B96 (EZG 3b) wird deshalb dem EZG 3 zugeordnet.
Die Bemessung der Regenmengen wurde wie folgt präzisiert.

Regenspende $r_{D,n} = r_{15(1)}$	110	L/(s*ha)
Regenspende $r_{D,n} = r_{10(0,2)}$	242	L/(s*ha)

Tab. 3 Regeneinzugsgebiete GE Pethau und präzisierte Bemessungsregenmengen der EZG für ein 5-jähriges Wiederkehrsintervall der Dauerstufe 10 Minuten

Einzugsgebiet nach (Heim, 2014)		EG 1	EG 2		EG 3	
Einzugsgebiet präzisiert		***EZG 1***	***EZG 3b***	***EZG 2***	***EZG 3a***	
		RRB Oderwitzer Str.	Straßengraben B96	Regenkanäle B96	GE südlich B96	EZG Donnergraben
Fläche AE	[ha]	51	11	13	17,5	6
versiegelte Fläche	[ha]	0	0,09	2,92	10	0
Versiegelungsgrad	[%]	0%	1%	22%	50%	0%
Geländeneigung	[%]	4-10	4-10	4-10	4-10	4-10
Spitzenabflussbeiwert gem. Tab. 6 in DWA-A 118		0,18*	0,18*	0,33	0,56	0,18*
Spitzenabfluss Q_S	L/s	(2222)*	(479)*	1038	2372	(261)*
Spitzenabfluss Sammler		6.111				1044

*) Abflussbeiwerte / Abflussmengen bedürfen einer Überprüfung, s. Abschnitt: „Spitzenabfluss unversiegelter Flächen“

Einschränkend muss angemerkt werden, dass die in Tab. 3 in Klammern gesetzten Werte und der gewählte Spitzenabflussbeiwert einer Überprüfung bedürfen, da der Abflussbeiwert unversiegelter Flächen (natürlicher Böden) keine Konstante ist und stark von der Vorfeuchte des Bodens abhängt.

Spitzenabfluss unversiegelter Flächen

Realistischere (konstante) Abflussbeiwerte zur Berechnung des Direktabflusses auf natürlichen Böden können mittels des CN-Verfahrens abgeschätzt werden. Das CN-Verfahren liefert mittlere Abflussbeiwerte Ψ_m. Zur Abschätzung des Spitzenabflusses wurden Einheitsganglinien nach DVWK M 113, Abschnitt 3.3.1 2c für die Teileinzugsgebiete berechnet und daraus der Spitzenabfluss abgeschätzt. Dieses Verfahren ist für Einzugsgebiete mit einem Anteil bebauter Flächen von bis zu 5% geeignet. Die Berechnung ist in Anhang 3 enthalten. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Tab. 4 Abflussbeiwert und Spitzenabfluss unversiegelter Teileinzugsgebiete für ein Starkregenereignis mit 100-jährigem Wiederkehrsintervall, Regendauer: 60 min berechnet mittels CN-Verfahren und Einheitsganglinienverfahren n. DVWK M 113 für mittlere / hohe Bodenvorfeuchte

	EZG 1	EZG 3b	EZG Donnergraben
Ψ_m [-]	0,2 / 0,52	0,25 / 0,58	0,19 / 0,48
Q_S [m³/s]	0,8 / 1,9	0,2 / 0,5	0,09 / 0,22

Die Ergebnisse in Tab. 4 zeigen deutlich die abflussmindernde Wirkung des Wasserrückhalts im Einzugsgebiet bei längerer Regendauer und die Wirkung der Abflusskonzentration. Trotz höherer Abflussbeiwerte (als im Bemessungsfall, Tab. 3) von bis 0,5 übersteigt der Spitzenabfluss nicht die Werte, die für den Bemessungsfall mit dem Zeit-Beiwert-Verfahren (vgl. Werte in Tab. 3) abgeschätzt wurden. Dies zeigt, dass der Spitzenabflussbeiwert nach Tab. 6 DWA-A 118 ausreichend Sicherheit beinhaltet.

Einschränkend muss angemerkt werden, dass die Spitzenabflüsse in Tab. 4 für einen Blockregen mit konstanter Regenintensität gelten. Kurzfristige Intensitätsspitzen innerhalb eines Starkregenereignisses können höhere Abflüsse generieren. Eine zeitvariable Regenintensität können ebenso wie kürzere Starkniederschlagsereignisse mittels Einheitsganglinienverfahren nach DVWK M 113 nicht bewertet werden.

Regenwasserentsorgung im GE Pethau

Zur Entwässerung des EZG2 sind im Bereich des GE Pethau entlang der B96 2 Regenkanäle (nördlich der B96 DN400, südlich der B96 DN300) installiert. Die Abflussleistung beider Kanäle kann zu 665 L/s abgeschätzt werden (siehe dazu (Heim, 2014)). Die Regenkanäle sind zu gering dimensioniert um den Spitzenabfluss aus dem EZG 2 von 1.038 L/s ableiten zu können. Die Aussagen zur Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes können nach (Heim, 2014) wie folgt zusammengefasst werden.

1. Das Regenwasser aus dem EZG 1 muss, z.B. durch ein RRB, zurückgehalten werden. Die Ableitung der gesamten Regenwassermenge in das EZG3 würde die Kanalisation dort überlasten.
2. Die Regenkanäle entlang der Bundesstraße B96 sind zu gering dimensioniert, das „wild abfließende Wasser“ (ca. 0.4 m^3/s) muss sicher in das EZG „Donnergraben“ übergeleitet werden.
3. Der Donnergraben ist so auszubauen, dass ein Spitzenabfluss von ≤ 0,6 m^3/s sicher abgeleitet werden kann.

Die in (Heim, 2014) avisierten Maßnahmen (Erosionsschutzmaßnahmen, Bau eines RRB Oderwitzer Str.) betreffen nur Punkt 1. Für die Punkte 2 und 3 werden weitere Maßnahmen erforderlich. Auf diese Maßnahmen wird in Abschnitt 4.2.1 eingegangen.

3.1.2 Standort Humboldtstraße

Die Humboldtstraße verläuft von SW nach NO in Richtung der Stadt Zittau. Der Straßengraben entlang der Humboldtstraße entwässert die oberliegenden Regeneinzugsgebiete I; II; V. In der Höhe der Bahnüberführung endet der Straßengraben und bindet in die Kanalisation (Mischsystem) ein (siehe Gefahrenpunkt G1 in Abb. 10). Zu diesem Tiefpunkt entwässern auch die Regeneinzugsgebiete III und IV, jedoch mit deutlich geringerem Gefälle. Mit der Anbindung weiterer Siedlungs- (Humboldtsiedlung) und Gewerbeflächen (siehe Teilfläche IIIb in Abb. 11) an die Kanalisation hat sich die zu entwässernde Regenwassermenge schrittweise erhöht. Durch die Anbindung des vormals abflusslosen Straßengrabens an die Kanalisation entwässern auch die landwirtschaftlichen Flächen (Regeneinzugsgebiete I u. V), zumeist zeitverzögert, in die Kanalisation. Der Abfluss des Regenwassers auf den landwirtschaftlichen Flächen erfolgt unkontrolliert, dem natürlichen Gefälle folgend. Strukturelemente, z.B. Wege, Hecken, die den Abfluss lenken und verlangsamen könnten, fehlen bzw. wurden weitgehend entfernt.

Bei Starkregenereignissen kam es in der Vergangenheit zur hydraulischen Überlastung des Mischwasserkanals sowie zum Wasseraustritt aus der Kanalisation im Stadtgebiet am Ende der

Humboldtstrasse in Höhe des Kreisverkehrs. Dies führte bereits zu erheblichen Schäden an Gebäuden und Sachgütern der dort ansässigen Bewohner und des Gewerbes (Hotel, Geschäfte).
Aufgrund des geringen Geländegefälles von 2,6 % ist die Gefahr von Bodenerosion auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen (EZG I u. V) von untergeordneter Bedeutung.

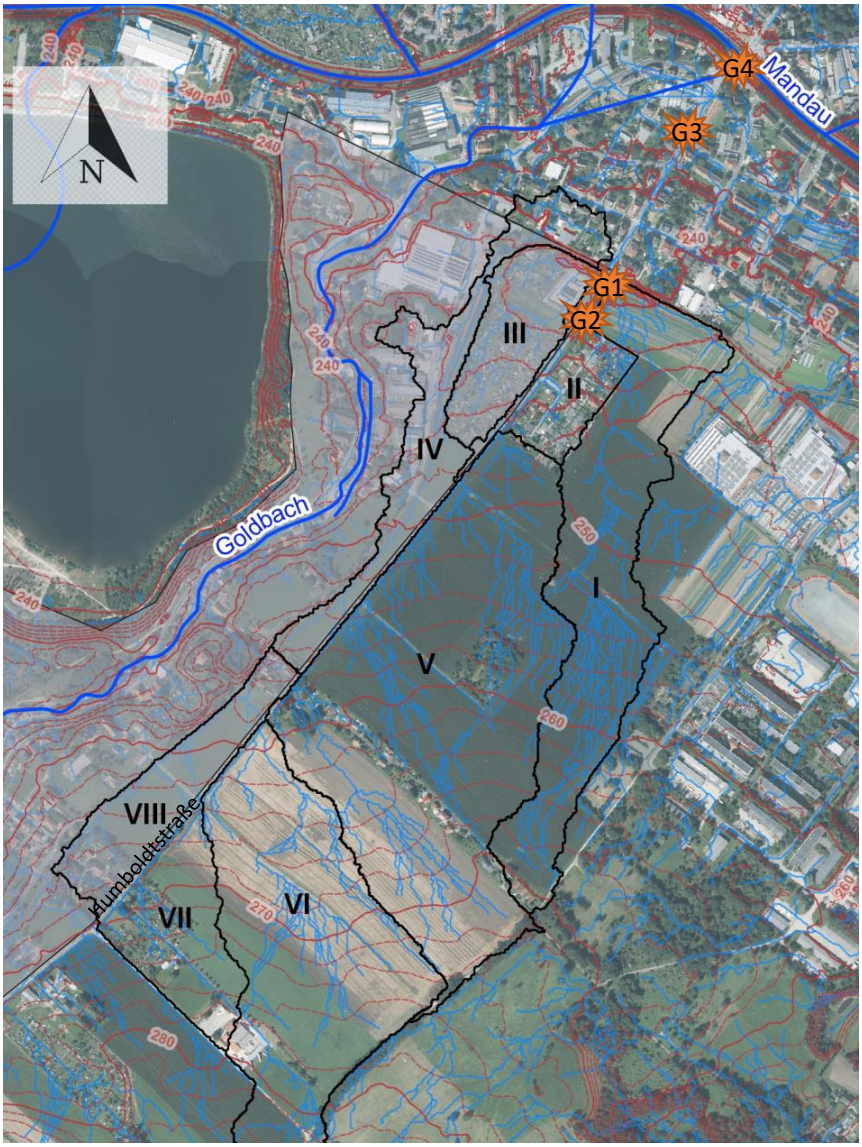

Abb. 10 Darstellung der natürlichen Regeneinzugsgebiete an der Humboldtstraße, der Abflussbahnen und der Gefahrenpunkte (G) bei Starkregen

Als Ursachen, die zu einer Verschärfung der Abflusssituation geführt haben, sind zu nennen:

Ortslage / Siedlung:

- Anschluss weiterer versiegelter Flächen (Gewerbe)
- Anschluss des Straßengrabens und der Außengebietsflächen
- Fehlen von Anlagen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und zur Dämpfung von Abflussspitzen (z.B. Gründächer, Versickerungsmulden, Überlaufschwellen zum Flächeneinstau z.B. auf Parkplätzen)

Landwirtschaftlich genutzte Flächen:

- Beseitigung von Strukturelementen (Wege), die den Oberflächenabfluss lenken und verlangsamen

Zusammenfassung der Gefahrenlage bei Starkregen:

- Überflutung der Humboldtstraße mit Wasser und Schlamm von angrenzenden Ackerflächen (G1)
- Hydraulische Überlastung des oberen Straßengrabens an der Humboldtstraße, Überflutung der Straße (G2)
- Überlastung des Mischwasserkanals in der Humboldtstraße (G3)
- Wasseraustritt aus dem Kanal und Überflutung in Höhe des Kreisverkehrs / Ende Humboldtstraße (G4)

Um der Gefahr einer hydraulischen Überlastung des Straßengrabens zu begegnen, war das Entkopplungspotential von Teilflächen der Regeneinzugsgebiete zu prüfen und Maßnahmenvorschläge zu erarbeiten.

Entkopplungspotential für Regenwasser

Um das Entkopplungspotential der Regeneinzugsgebiete I; II und V zu prüfen wurden Teilflächen differenziert und deren Spitzenabfluss für eine Bemessungsregenspende von $r_{D,n} = r_{10(0,2)}$ = 242 L/(s*ha) berechnet. Die Unterteilung der Regeneinzugsgebiete orientiert sich am möglichen Entkopplungspotential und deren Anbindung an den Straßengraben. Eine Teilung der landwirtschaftlichen Flächen wird zur Kontrolle des Regenabflusses erforderlich und sollte, wie in Abb. 11 dargestellt, durch Verwallungen erfolgen.

Für die Teilflächen wurde folgender Spitzenabfluss und Entkopplungspotential ermittelt.

Tab. 5 Spitzenabfluss von Teilflächen der Regeneinzugsgebiete Humboldtstraße und Bewertung des Entkopplungspotentials

Einzugsgebiete		***Ia***	***Ib***	***Ic***	***IIa***	Va+b	***IIIB***
		Acker	Acker	Acker	Humboldt-siedlung	Acker	Gewerbe
Fläche AE	[ha]	2.2	3.3	8.5	17.5	20.5	0.41
versiegelte Fläche	[ha]	0	0	0	2.8	0	0
Versiegelungsgrad	[%]	0%	0%	0%	50	0%	100%
Geländeneigung	[%]	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4	<1
Abflussbeiwert laut Tab. 6 in DWA-A 118		0.13	0.13	0.13	0.53	0.13	0.92
Abfluss	L/s	***69***	***104***	267	2245	***645***	***91***
Entkopplungspotential		ja	ja	nein	nein	ja	prüfen

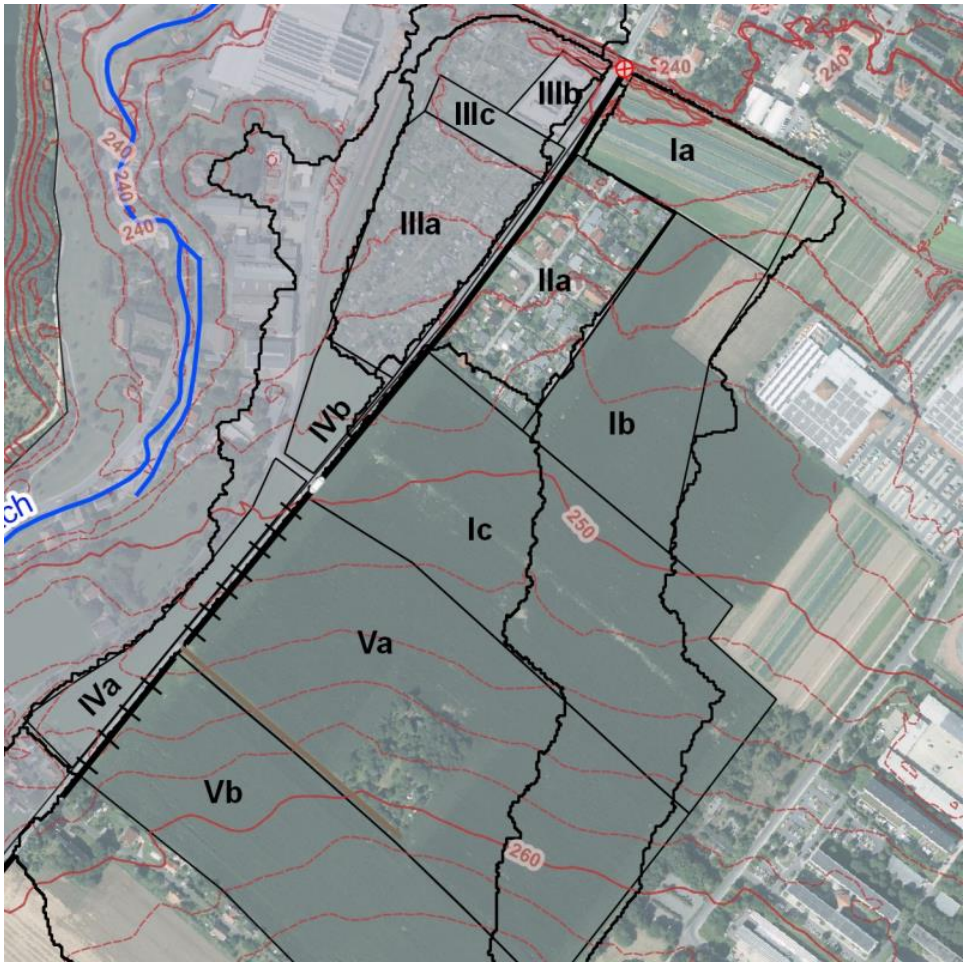

Abb. 11 Darstellung der betrachteten Teilflächen der natürlichen Regeneinzugsgebiete mit Anschluss an den Straßengraben an der Humboldtstraße

Aus Tab. 5 ergibt sich im Ist-Zustand eine Spitzenabfluss der Teilflächen Ia; Ib; Ic; Va; Vb von ca. 1,1 m³/s und damit einen Wert, der zur hydraulischen Überlastung des oberen Straßengrabens an der Humboldtstraße, zur Straßenüberflutung und „wild abfließendem Wasser“ auf der Humboldtstraße führt. Es besteht damit die Notwendigkeit die Außengebietsflächen (Ackerflächen), soweit möglich, vom Kanal zu entkoppeln.

Die Werte in Tab. 5 weisen für die Humboldtsiedlung mit einem Spitzenabfluss von 2,2 m³/s das höchste Entkopplungspotential für Regenwasser auf. Möglichkeiten einer Dämpfung von Abflussspitzen, z.B. durch den Einsatz von Rasengittersteinen für PKW-Stellplätz, Dachbegrünung usw., sollten genutzt werden. Eine vollständige Versickerung des Regenwassers ist jedoch aufgrund der geringen Versickerungsleistung des Untergrunds technisch aufwendig (s. IBOS, 2005) und wird deshalb als nicht machbar eingeschätzt und hier nicht betrachtet.

Tab. 6 Entkopplungspotential der Regeneinzugsgebiete Humboldtstraße

Flächen-nummer	Aktuelle Flächennutzung	Bewertung Entkopplungspotential / Maßnahme
IIa	Humboldtsiedlung	Entkopplungspotential gering (s. IBOS, 2005), Maßnahmen zur Dämpfung von Abflussspitzen (Teilentsiegelung durch Dachbegrünung, Belagwahl) umsetzen
Ia; Ib	Acker	Verwallungen anlegen, Flächen abflusslos gestalten, Flächenentwässerung über Drainagen
Ic	Acker	Verwallungen anlegen, Entwässerung in Straßengraben mit Q_{max} = 267 L/s
Va	Acker	Verwallungen anlegen, Flächen und Straßengraben abflusslos gestalten, Rohrdurchlässe zur Entwässerung in Richtung EZG IVa
IIIb	Gewerbe	Entkopplung der Dach- und Flächenentwässerung vom Mischwasserkanal, Flächen abflusslos gestalten, prüfen ob IIIc als Regenrückhalt nutzbar ist
IIIa, IVb,	Kleingartenanlage, Sonstiges	geringes Entkopplungspotential, keine Maßnahmen erforderlich
	Oberer Straßengraben Humboldtstraße	Drosselung des Grabenablaufs auf einen Spitzenabfluss von 300 L/s

Auf die Umsetzung der Maßnahmen wird in Abschnitt 4.4 eingegangen.

Hydraulische Berechnungen

Regenwasserüberleitung EZG Va → EZG IVa

Zur Prüfung der Machbarkeit eines Rückhalts des Regenwassers aus EZG Va im EZG IVa erfolgt eine überschlägige Bemessung für ein 100-Jähriges Starkregenereignis der Dauerstufe 60 Minuten, da vor allem längere Regenereignisse einen Abfluss auf Ackerflächen generieren. Es handelt sich um eine erste Abschätzung der Machbarkeit. Für einen hydraulischen Nachweis sind weitere Untersuchungen zur Ermittlung der maßgebenden Regendauer erforderlich.

Das erforderliche Speichervolumen ergibt sich bei einer Niederschlagsmenge hN = 51 mm und einem mittleren Abflussbeiwert Ψ_m = 0,2 zu:

$V_{erf.} = A_{E,Va} * \Psi_m * hN$ = 20,5 ha * 0,2 * 51 mm * 10.000/1.000= 2091 m³.

Dies würde in der Teilfläche IVa ($A_{E, IVa}$ = 1,1 ha) eine Einstauhöhe von 19 cm verursachen. Zzgl. des Niederschlags in EZG IVa ergibt sich bei Ansatz eines Abflussbeiwerts von Ψ_m = 0,5 für die Versickerung eine Stauhöhe von 22 cm. Eine Speicherung des Regenwassers aus EZG Va im EZG IVa ist als grundsätzlich machbar einzuschätzen.

Regeneinlauf Straßengraben Humboldtstraße

Aus Tab. 5 ergibt sich, dass nach der Umsetzung der Maßnahmen in Tab. 6 der obere Straßengraben an der Humboldtstraße einen Spitzenabfluss der Teilfläche Ic von 267 L/s ableiten muss.
Zur realisierten Anbindung der Straßengräben an die Kanalisation lagen keine Unterlagen vor. Wird angenommen, dass eine Rohrleitung DN 400 im Gefälle der Straße von 1,6 % verlegt wurde, ergibt sich mit k_b = 0,75 mm (betriebliche Rauhigkeit) ein Abflussvolumen bei Vollfüllung von 0,3 m³/s. Unter dieser Annahme, kann der Spitzenabfluss von Teilfläche Ic durch den Straßengraben sicher aufgenommen und abgeleitet werden.
Zum Schutz der Kanalisation vor hydraulischer Überlastung wird empfohlen den Abfluss aus dem Straßengraben falls erforderlich durch technische Maßnahmen (Drosseleinlauf, Einschnürung des Abflussquerschnitts) auf 0,3 m³/s zu begrenzen.

3.2 Erosionsgefahr

3.2.1 KLSR-Werte für die Standorte 1 bis 6

Die Bewertung der Erosionsgefahr erfolgte für die Standorte 1-6 auf der Grundlage der Allg. Bodenabtragsgleichung (ABAG) n. DIN 19708 unter Verwendung standortspezifischer R-Faktoren. Die K-Faktoren wurden standortspezifisch aus den Daten der Bodenschätzung als flächengemittelter Wert im EZG abgeleitet. Die erosionswirksame Hanglänge wurde aus der Länge maßgebender (langer) Abflussbahnen ermittelt. Bei variabler Geländeneigung, wie z.B. am Standort Pethau, wurde der KLSR-Wert für mehrere Abflussbahnen ermittelt. Man erhält damit eine Wertespanne für gegliederte Hänge. Die Berechnung der KLSR-Faktoren ist in Anhang 4 dokumentiert. Die Ergebnisse sind in Tab. 7 zusammengefasst.

Tab. 7 Mittlerer jährlicher Bodenabtrag bei unbedeckter Bodenoberfläche (KLSR-Wert) in t/(ha*a) ermittelt mit ABAG, rot: Überschreitung des Umweltqualitätsziels von 55 t/(ha*a), Erläuterung siehe Abschnitt 4.1.2

Pethau		Humboldstr. / Hochwaldstr.	ATU	Kummersberg			Hirschfelde
oben	unten			West	Mitte	Ost	
40	**60 - 80**	47	**63**	**59**	46	27	36 - 41

Ein relevante Erosionsgefahr und damit dringender Maßnahmebedarf zur Vorsorge gegen Bodenerosion wurde an den Standorten Pethau (unterer Teil des REZG), Kummersberg West und ATU festgestellt. An diesen Standorten kann auch bei der Anwendung einer konservierenden Bodenbearbeitung mit Mulchbedeckung und einer angepassten Bodenbewirtschaftung eine Überschreitung des Umweltqualitätsziels von 3 t/(ha*a) nicht ausgeschlossen werden.
Vergleichsweise geringe Erosionsgefahr besteht an den Standorten Humboldtstr. / Hochwaldstr. und Hirschfelde. An diesen Standorten werden ergänzende Maßnahmen zur Lenkung und Begrenzung des „wild abfließenden Wasser“ erforderlich (s. Abschnitt 3.1.2).

3.2.2 **Erosionsgefahr an den Standorten 7-20**

Erosionsschäden treten in den Ortsteilen Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf oft an erosionsgefährdeten Abflussbahnen, erosionsgefährdeten Steillagen sowie in Zusammenhang mit Drainagemaßnahmen, die großflächig umgesetzt wurden, auf.

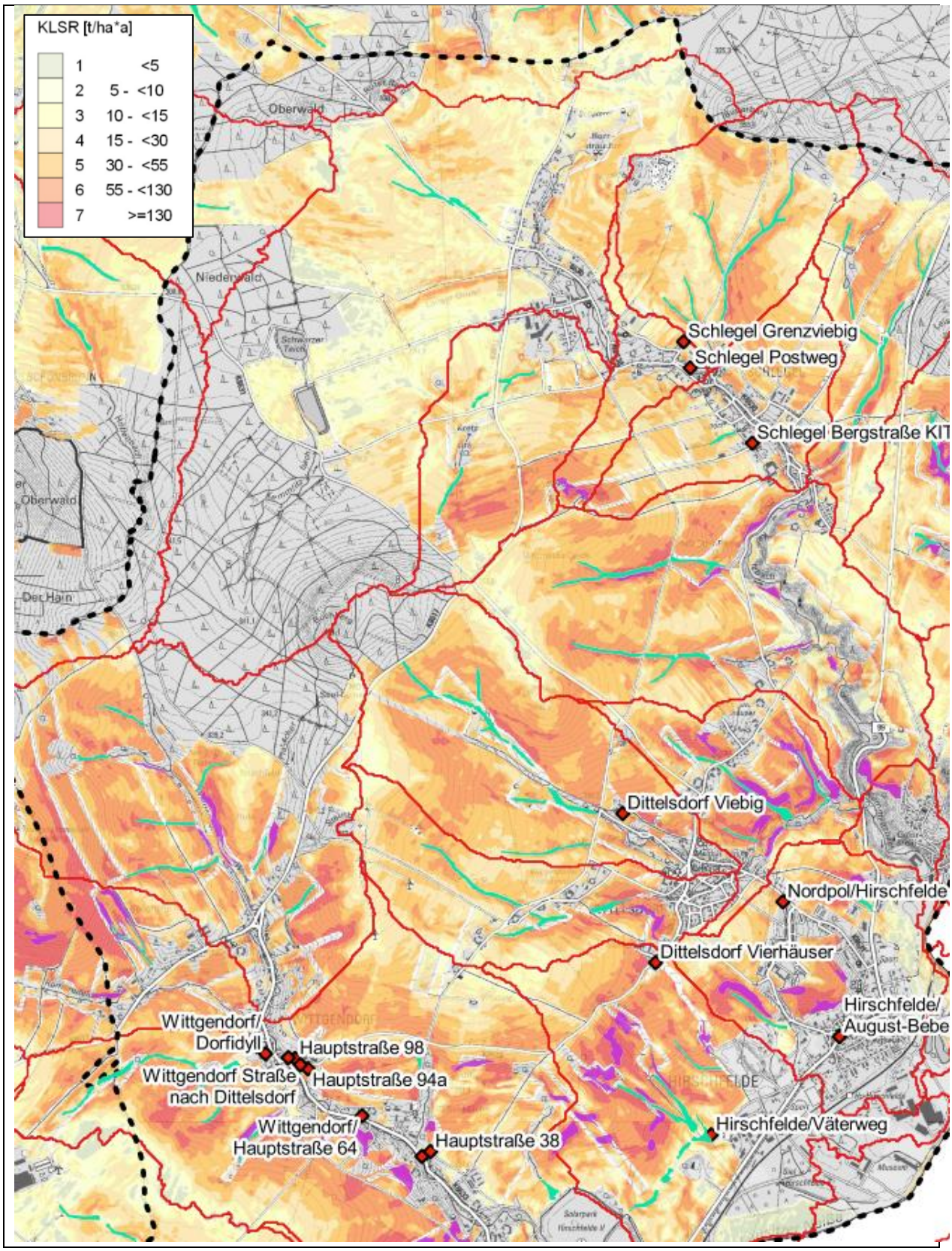

Abb. 12 Darstellung von Bodenerosion betroffener Standorte in den Ortteilen Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf und der Erosionsgefährdung (KLSR-Karte) mit erosionsgefährdeten Abflussbahnen (grün) und erosionsgefährdeten Steillagen (Schraffur)

4 Maßnahmekonzept für den Hochwasserschutz und Sedimentrückhalt

4.1 Management- und Maßnahmeziele des Masterplans

4.1.1 Elemente des Managementplans

Konzepte zum dezentralen Hochwasserschutz und Rückhalt zielen darauf ab, durch eine Vielzahl kleiner dezentraler Maßnahmen die Schadenswirkung von Starkniederschlagsereignissen, insbesondere bei hoher Bodenvorfeuchte und Abflussbereitschaft der Böden zu mindern. Dies setzt ein gestuftes Vorgehen voraus, dass sich schwerpunktmäßig auf die Kernelemente

1. Rückhalten/Speichern am Ort der Entstehung, dezentrales und sicheres
2. Ableiten und
3. Speichern

von Niederschlagswasser und Sedimenten in technischen Anlagen stützt.
Priorität muss dabei das Rückhalten und ***Speichern von Wasser und Sedimenten*** am Ort der Entstehung, d.h. auf Ackerflächen, aber auch in Wald- und Siedlungsflächen haben. An zweiter Stelle steht, dass ***sichere Ableiten*** von „wild abfließenden Wasser“, dass in der Fläche nicht zurückgehalten werden kann. Aufgabe ist es, „wild abfließendes Wasser“ von Außengebietsflächen dezentral, idealerweise der Geländemorphologie angepasst, durch offene Gräben (mit Ausuferungsflächen) den Vorflutern zuzuleiten. Konflikte entstehen dabei, wenn natürliche Abflusswege, z.B. durch Siedlungen, hangparallele Straßen verbaut sind und die Ableitung des Wassers über die örtliche Kanalisation erfolgen muss. In diesem Fall ist eine Speicherung des Wassers vor der Einleitung in den Kanal bei relevanter Einzugsgebietsgröße durch ein technisches Bauwerk (z.B. Regenrückhaltebecken) unvermeidlich. Der Bau technischer Anlagen zum Regenrückhalt sollte aber immer das letzte Mittel zur Verbesserung des Hochwasserschutzes sein und ist mit Maßnahmen zur Verbesserung der Flächenretention zu untersetzen.
Zu den ***administrativen Aufgaben*** gehören die Unterhaltung von techn. Anlagen (Abflussgräben, Regenrückhaltebecken) zum Ableiten und ggf. Speichern des „wild abfließenden Wassers“. Zu den kommunalen Pflichten gehören im Rahmen des Starkregenrisikomanagements, z.B. die Erstellung von Überflutungskarten und Plänen und die Festlegung von Einsatzplänen für Hilfs- und Rettungskräfte (LUBW, 2016). Weiterhin gehört es zu den Aufgaben der Kommune, die Belange des Hochwasserschutzes sowie die Ziele der Regional- und Landschaftsplanung in der Bauleitplanung frühzeitig einzubinden (Kommunal Agentur NRW, 2015).

4.1.2 Managementziele Erosionsschutz und Sedimentrückhalt

Mit Bezug auf das im Regionalplan Oberlausitz-Niederschlesien (RP OLNS, 2010) formulierte Umweltqualitätsziel, den jährlichen Bodenabtrags auf einen Wert von 3 t/(ha*a) zu begrenzen, wird unter Annahme eines Bewirtschaftungsfaktor C = 0,055 (dieser steht z.B. für die Anwendung des Mulchsaatverfahrens (LfULG, 2013)), für eine standortangepasste landwirtschaftliche Nutzung als Managementziel die Begrenzung des jährlichen Bodenabtrags für die unbedeckte Bodenoberfläche (KLSR-Wert) unter Anwendung der ABAG von

55 t/(ha*a)

festgelegt.

Ackerflächen bzw. Schläge mit einem höheren KLSR-Wert sind wirksam und dauerhaft, z.B. durch Hecken, Feldgehölze, Dauergrünland, zu unterteilen und zu untergliedern. Dies betrifft alle Flächen > 1,0 ha mit der Erosionsgefährdungsstufe 6 und 7 (LfULG, 2013b).

4.1.3 Managementziele zur Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens

Mit der Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen wird i.Allg. auch eine Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens in der Fläche erreicht. Zur Umsetzung konkreter Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens fehlen allerdings konkrete Vorgaben und Mindestanforderungen. Der erforderliche Wasserrückhalt in der Fläche kann somit nur einzugsgebietsbezogen unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der Vorflutersysteme abgeleitet und begründet werden. Die Schadensereignisse in den ländlich geprägten Ortsteilen nördlich von Zittau zeigen, dass zum Schutz der Ortslagen und der Infrastruktur hier dringend Anpassungsbedarf besteht. So sollte der Waldanteil in den Teileinzugsgebieten deutlich erhöht werden. Ansatzpunkte ergeben sich hierfür wiederum aus dem Erosionsschutzschutz (Anpflanzung von Gehölzen, Waldmehrung) im Bereich von erosionsgefährdeten Steillagen und Abflussbahnen (s. Abb. 21).

4.1.4 Maßnahmen zur Verbesserung des Wasser- und Sedimentrückhalts in der Fläche

Aufgrund des großen Flächenanteils kann eine angepasste Nutzung landwirtschaftlicher Flächen einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung des Sediment- und Wasserrückhalts (Wasserretention) auf Einzugsgebietsgröße und damit zum Hochwasserschutz liefern (HochNatur, 2007).
Nach Schmidt (2015) bewirken die dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung und die Streifenbearbeitung/ Direktsaat den besten flächenhaften Schutz der Ackerflächen vor Wasser- (und Wind-)erosion und mindern das Ausmaß des wild abfließenden Wassers. Ergänzend können Schlagteilung, Grünstreifen und Tiefenlinienbegrünung die Bodenerosion und den Wasserabfluss wirksam reduzieren. In Kombination ausschließlich mit konventioneller Bodenbearbeitung sind diese Maßnahmen jedoch weniger wirksam.
Gemäß den aktuellen Erkenntnissen führt auch eine Kombination aus Verwallungen und konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat zu einer deutlichen Abfluss- und Bodenerosionsreduzierung.
Auch vor dem Hintergrund des Klimawandels und Perioden mit geringen Niederschlägen sind diese Maßnahmen empfehlenswert. So schlussfolgert Schmidt (2017), dass „nichtwendende/ konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat sehr wirksam die Wasserinfiltration auf Ackerflächen verbessert.
Sie bewirkt die Auffüllung des Wasserspeichers Boden als Grundlage für eine ausreichende Wasserversorgung von Pflanzenbeständen angesichts sinkender und gleichzeitig ungünstig verteilter Niederschläge infolge des Klimawandels.“ Aufgrund der guten Erosionsschutzwirkung dieser Bewirtschaftungsmethoden wird der Boden als leistungsfähiger Wasserspeicher und damit als Grundvoraussetzung für Pflanzenwachstum erhalten.
Grünlandstreifen, die Wirksamkeit für den Sedimentrückhalt entfalten, sollten 100-200 m breit sein (vgl. SCHMIDT 2015, S. 37 ff.).

Die Maßnahmen zur Verbesserung des Wasser- und Sedimentrückhalts können wie folgt strukturiert werden:

A1 Verbesserung des Wasserrückhalts in Außengebieten		
1	Verringerte Bodenverdichtung	**Verbesserung der Bodenstabilität** durch Anpassung der Bearbeitungsintensität und Bearbeitungstiefe (z.B. konservierende Bearbeitung) Einsatz angepasster land- und forstwirtschaftlicher Geräte
2	Verbesserte Infiltration und erhöhte Wasserspeicherkapazität	Bewirtschaftungsformen mit Verbesserung der Infiltration (z. B. konservierende Bodenbearbeitung, „Streifenbearbeitung“), Förderung ganzjährige Bodenbedeckung auf landwirtschaftlichen Flächen, Waldmehrung /Aufforstung, **Umwandlung von Ackerland in Wald bei > 13° Hangneigung** Erhalt und **Anlage von Wasserrückhalteräumen in Siedlungsbereichen**
3	Rückhalt/Lenkung des "wild abfließenden Wasser"	**Erhalt und Entwicklung von Strukturen quer zum Hang** (Hecken, Wege, Gehölzwälle), die den Wasserabfluss lenken und rückhalten, Anlegen von Rückhaltemulden für Wasser und Sediment
A2 Verbesserung des Sedimentrückhalt in Außengebieten		
4	Verminderte Bodenerosion auf Ackerflächen	Alternative Bodenstrukturerhaltende Saatverfahren und Bewirtschaftungsmethoden, z. B. Streifensaatverfahren (Strip Till) **Konservierende Bodenbearbeitung, Mulchsaat**
5	Verbesserter Sedimentrückhalt durch Anlagen und Strukturen	**Erhalt und Entwicklung von Vegetationsstrukturen quer zum Hang,** Errichtung von Anlagen zum Sedimentrückhalt
6	Änderung der Landnutzung in erosionsgefährdeten Bereichen	Umwandlung von Ackerflächen mit sehr hoher Erosionsgefährdung in **Dauergrünland** Anlage **Extensivgrünland auf erosionsgefährdeten Abflussbahnen** Umwandlung von Grünflächen an **erosionsgefährdeten Steillagen in Strauch- und Heckenelemente oder Wald**

4.1.5 Gewässerbezogene Maßnahmen

Ein zweite wichtige Säule jedes Hochwasserschutzkonzepts sind gewässerbezogene Maßnahmen, wobei diese bereits mit Maßnahmen am Ort der Entstehung des Regenabflusses, d.h. in der Fläche beginnen. Ziel ist es Wasser und Sediment schadlos abzuleiten, insbesondere Schäden an angrenzenden Grundstücken und Sachgütern zu vermeiden.

Aufweitungen des abflusswirksamen Gewässerquerschnitts, Maßnahmen zur Verbesserung der fließenden Retention und zur Optimierung von Bauwerken am Gewässer sind entscheidend für einen wirksamen Schutz vor Überschwemmung innerhalb von Ortslagen bei Starkregenereignissen – insbesondere dann, wenn die umliegenden Böden bereits durch kürzlich erfolgte Niederschlagsereignisse bereits wassergesättigt sind.

B Schutz angrenzender Grundstücke und Infrastruktur vor "wild abfließendem Wasser" und Sediment		
7	Schutz angrenzender Grundstücke und Infrastruktur vor Überflutung und Schlammeintrag	**Anlegen von Schutzstreifen** (Grünstreifen) zum Sedimentrückhalt in Kombination mit **Fanggräben/Verwallungen**
8	Schutz kommunaler Entwässerungssysteme vor hydr. Überlastung und Sedimenteintrag	**Anlegen und Unterhalten von offenen Gräben** zum dezentralen Ableiten des Wassers in die Vorflut, **Regenrückhaltebecken** vor Einleitung in Kanalisation
C Schadenspotenzial in Siedlungsgebieten verringern		
9	Schutz vor wild abfließendem Oberflächenwasser in Siedlungsgebieten	Abfanggräben- oder Mulden im Städtebau nutzen/anlegen, Regenwasser geländeangepasst über Wege, Plätze und Freiräume ableiten Straßengräben abflusswirksam unterhalten, **Regenwasser dezentral zurückhalten und/oder versickern,** überbaute und verrohrte Gewässerabschnitte freilegen

4.1.6 Administrative und bauliche Maßnahmen

Als dritte wichtige Säule für einen dauerhaft wirksamen Hochwasserschutz sind administrative und bauliche Maßnahmen abseits der Gewässer. Sie beinhalten beispielsweise die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten und die gezielte Anlage und Nutzung von Straßengräben/Verwallungen in Ortslagen und die Optimierung von Infrastruktur und Gebäudeschutz.

D Administrative Maßnahmen		
10	Umsetzung aktueller Vorschriften und Richtlinien zum Wasserrecht und Hochwasserschutz	Überschwemmungsgebiete in Starkregenrisikokarten und an Gewässern 2. Ordnung festsetzen und aktualisieren Ver- und Gebote nach Wasserrecht in Zusammenarbeit mit den zuständigen Wasserbehörden durchsetzen, kommunale Frühwarn- und Informationssysteme zum Starkregenrisikomanagement einrichten/optimieren
11	Bauvorsorge – Anpassung von hochwassersensiblen Nutzungen	Wasserbeständige Baumaterialien verwenden und Gebäudenutzung anpassen
12	Anpassung und/oder Änderung der Bauleitplanung bzw. baurechtlicher Vorgaben zum Objektschutz	**Belange d. Hochwasserschutz in der Bauleitplanung frühzeitig berücksichtigen**, Nachträglicher Objektschutz an Gebäuden und Infrastruktur

4.2 Prioritäre Maßnahmen des Masterplans

4.2.1 Standort Gewerbegebiet Pethau

Die Entwässerungs- und Konfliktsituation am Standort Gewerbegebiet Pethau wurde im Abschnitt 3.1.1 beschrieben. Daraus leitet sich für den Standort folgender Maßnahmebedarf ab.

P 1 Errichtung eines Regenrückhaltebeckens oberhalb der „Oderwitzer Straße“

P 2 Erosionsschutzmaßahmen auf Ackerflächen im Einzugsgebiet des Regenrückhaltebeckens „Oderwitzer Straße“

P 3 Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen für den „Donnergraben“

P 4 Anlegen eines Straßengrabens an der B96 zur Überleitung von „wild abfließendem Wasser“ in das EZG „Donnergraben“

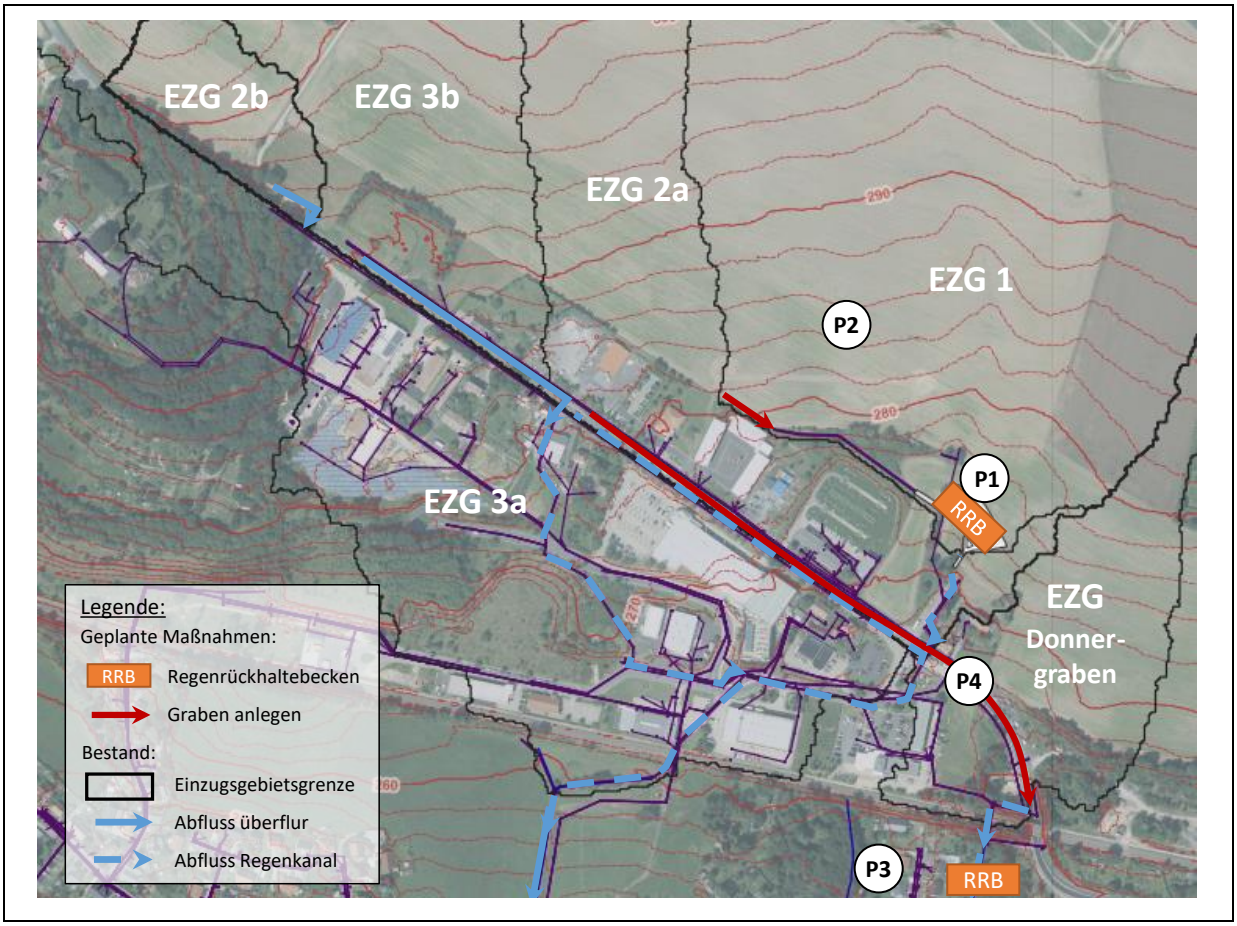

Abb. 13 Darstellung der Regen- und Gebietsentwässerung und der erforderlichen Hochwasserschutzmaßnahmen GE Pethau (ohne Erosionsschutzmaßnahmen)

Maßnahme P1 - Errichtung eines Regenrückhaltebeckens „Oderwitzer Straße“

Beschreibung:

Die Maßnahme Regenrückhaltebecken „Oderwitzer Straße“ ist in Heim (2014) beschrieben.
Es ist vorgesehen ein RRB mit einem nutzbaren Speichervolumen von 3000 m³ auf der Ackerfläche nördlich der „Oderwitzer Straße“ zu errichten. Ein vorhandener Abfanggraben nördlich des Umspannwerks ist, wie in Abb. 13 dargestellt, in das RRB einzubinden. Dieser Graben ist um ca. 200 m

zu verlängern. Der Grundablass des RRB bindet in den Regenwasserkanal ein. Der Bemessung nach ATV-DVWK A 117 wurde eine Regenspende mit einem 5-jährigen Wiederkehrsintervall sowie ein Drosselabfluss von 162 L/s zu Grunde gelegt. Das RRB ist mit einem gesicherten Notüberlauf auszustatten. Es ist sicherzustellen, dass bei einer hydraulischen Überlastung des RRB das „Wild abfließende Wasser“ sicher und schadlos in Richtung „Oderwitzer Straße“ abfließen kann. Zur Aufnahme und Ableitung des „wild abfließenden Wassers“ ist ein Straßengraben oberhalb der B96 anzulegen (siehe Maßnahme P4).
Um das Regenrückhaltebecken vor Schlammeintrag zu schützen sind Erosionsschutzmaßnahmen auf den landwirtschaftlichen Flächen nördlich des GE Pethau (Maßnahme P2) zwingend umzusetzen.

Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen zur Maßnahmeumsetzung

Die Berechnung der Spitzenabflussmengen der Regenteileinzugsgebiete im Bemessungsfall (5-jähriges Regenereignis, Dauerstufe 10 min) am Standort Pethau ergab, in Übereistimmung zu dem Hochwasserschutzkonzept in Heim (2014), den Bedarf Regenwasser im Gebiet durch ein Regenrückhaltebecken an der Oderwitzer Straße zurückzuhalten. Aufgrund begrenzter Kapazität der Regenwasserkanalisation und dem Fehlen weiterer Ableitungsmöglichkeiten im Bereich des GE Pethau (vorbaute bzw. verrohrte Bahndurchführungen) kann diese Maßnahme als alternativlos betrachtet und zur Umsetzung empfohlen werden. Weiterhin werden Maßnahmen zur Fassung des im Bereich des GE Pethau auf der Bundesstraße B96 „wild abfließenden Wasser“ sowie zur hydraulischen Entlastung der verrohrten und überbauten Ableitung des „Donnergraben“ erforderlich.
Die Maßnahme RRB „Oderwitzer Straße“ kann z.B. über die Förderrichtlinie „Siedlungswasserwirtschaft“ oder im Förderprogramm „Leader“ gefördert werden. Für einen Förderantrag sollte die Planung in (Heim, 2014) aktualisiert und die Baukosten präzisiert werden.

Maßnahme P2 – Erosionsschutz auf den Ackerflächen nördlich des GE Pethau

Für die Ackerflächen nördlich des GE Pethau wurde ein hoher Maßnahmebedarf zum Erosionsschutz ermittelt (vgl. Abschnitt 3.2.1). Zum Schutz des geplanten RRB vor Verschlammung sind Erosionsschutzmaßnahmen zwingend erforderlich. Für die angrenzenden Ackerflächen wurden folgende Erosionsschutzmaßnahmen /Maßnahmevarianten betrachtet und geprüft:

- Umnutzung Hecken
- Umnutzung Extensiv-Grünland
- Waldmehrung

Die Anordnung der Strukturelemente wurde entsprechend der max. zulässigen erosionswirksamen Hanglänge optimiert, die mittels ABAG-Gleichung berechnet wurde. Die Berechnungen sind in Anhang 4 dokumentiert. Maßnahmen zum Erosionsschutz auf den Ackerflächen nördlich des GE Pethau sind in den Maßnahmeplänen in Anlage 3 dargestellt. Eine technische Beschreibung der Erosionsschutzmaßnahmen kann Anhang 5 entnommen werden.
Eine Bewertung der Wirkung der Maßnahmen ist in Abschnitt 4.3 dokumentiert. Die konkrete Umsetzung ist mit dem Flächeneigentümer und dem Flächennutzer (Agrargenossenschaft) abzustimmen. Zur Umsetzung können auch Kombinationen aus den Maßnahmevarianten gebildet

werden. Zur Umsetzung sollte die Maßnahmevariante mit der größten Akzeptanz der Flächeneigentümer bzw. der Flächennutzer kommen.

Erläuterung der Maßnahmevarianten

Variante Umnutzung Hecken

Hecke H1

In allen 3 Maßnahmevarianten ist eine Hecke mit Blühstreifen H1 zum Schutz vor Bodenerosion entlang des vorhandenen Wirtschaftswegs vorgesehen (vgl. Abb. 14 - Abb. 16). Der Weg stellt ein Abflusshindernis dar. Entlang des Wegs kommt es, wie in Abb. 7 anhand der Abflussbahnen ersichtlich ist, zur Abflusskonzentration und verstärkter Erosion. Eine relevante Erosion konnte durch Begutachtung vor Ort (Probenahme am 29.04.19) bestätigt werden. Um dem verstärkten Bodenabtrag entgegenzuwirken sollte der Untergrund durch Wurzeln von Gehölzen dauerhaft befestigt und der Abfluss gemindert werden.

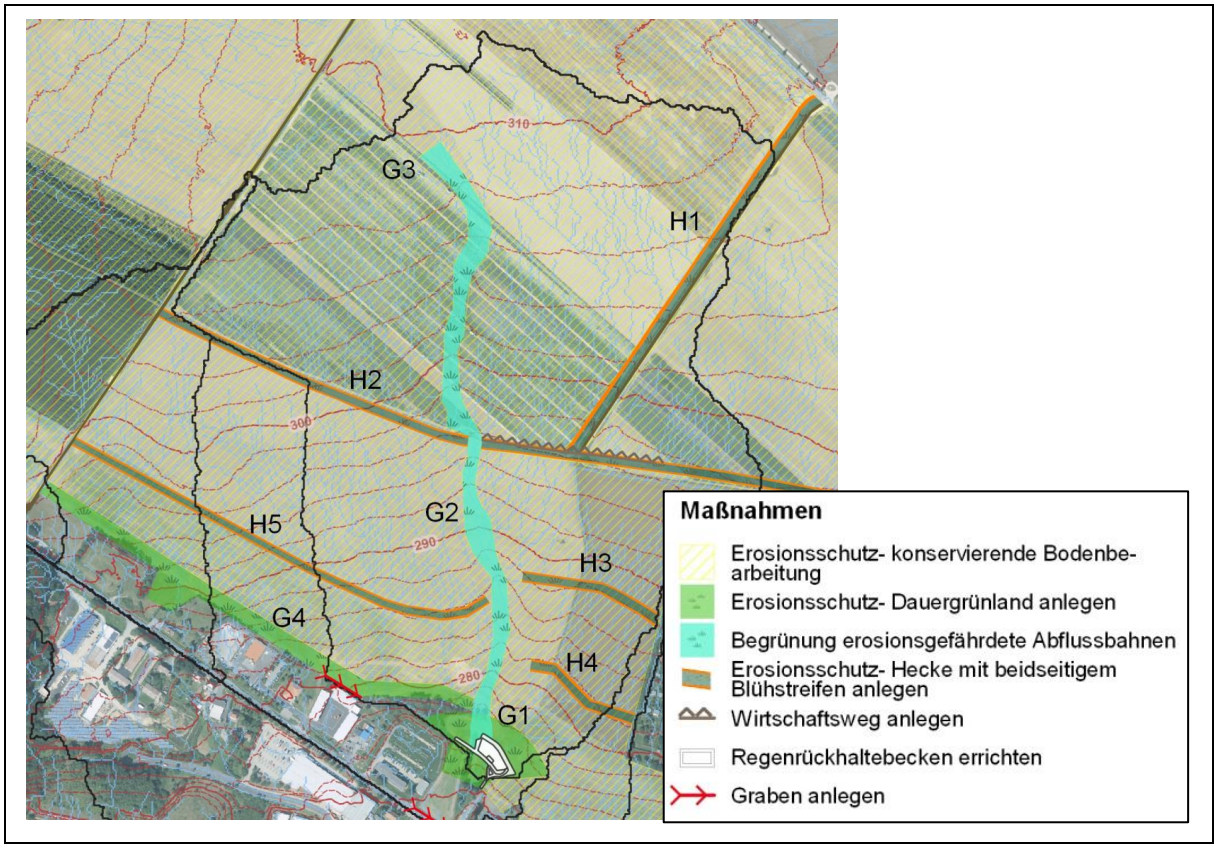

Abb. 14 Erosionsschutzmaßnahmen Standort Pethau, Variante Umnutzung Hecken

Begrünte Abflussbahn G2/3

Zum Schutz vor Erosion in Tieflinien (erosionsgefährdete Abflussbahn) ist eine dauerhafte Begrünung G2/G3 vorgesehen. Durch den extensiv bewirtschafteten Grünstreifen wird die Infiltrationskapazität erhöht und Sediment zurückgehalten. Diese Maßnahme ist in allen 3 Maßnahmevarianten vorgesehen. Die Breite des Streifens (15-25 m) orientiert sich an der mit Erosions 3D berechneten Abflussbreite bei einem 100-jährigem Starkregenereignis.

Hangparallele Hecken H2-H5

Hangparallele Hecken H2-H5 mit einer Breite von 10m (3-reihige Pflanzung oder Benjes-Hecke) mit beidseitigem Blühstreifen (2 x 2,5m) dienen dem Erosionsschutz in der Fläche und zur Verkürzung der erosionswirksamen Hanglänge. Die Anordnung der Hecken wurde mit Hilfe der ABAG-Gleichung berechnet und optimiert. Die Anordnung der Hecken wurde so gewählt, dass ausreichend Sicherheitsabstand zu den vorhandenen Drainageleitungen eingehalten wird, die im Bereich der erosionsgefährdeten Abflussbahn bzw. in der Tieflinie verlegt sind.

Grünstreifen G1 und G4

Zur Verkürzung der erosionswirksamen Hanglänge ist am unteren Rand der Ackerfläche ein Grünstreifen G4 vorgesehen. Dieser dient gleichzeitig dem Sedimentrückhalt und dem Schutz angrenzender Grundstücke.
Der Grünstreifen G1 dient dem Schutz des geplanten Regenrückhaltebeckens vor Schlammeintrag. Diese Maßnahme ist in allen 3 Maßnahmevarianten erforderlich.

Variante Umnutzung Dauergrünland, extensiv bewirtschaftet

Hangparallele Grünstreifen G4 und G5

In der Variante Umnutzung Dauergrünland sind als Erosionsschutzmaßnahme zwei hangparallele Grünstreifen G4 und G5 mit einer Mindestbreite von 100m vorgesehen. Diese Grünstreifen sind extensiv zu bewirtschaften. Nur so kann eine ausreichende Wasserinfiltration und ein Erosionsschutz erreicht werden. Die Elemente dienen der Verkürzung der erosionswirksamen Hanglänge. Oberhalb von G1 war es erforderlich den Grünstreifen aufgrund der großen Erosionsgefahr hangaufwärts zu verlängern.
Auf die Maßnahmen H1; G1; G2; G3 wurde im Abschnitt Variante Umnutzung Hecken eingegangen.

Variante Waldmehrung

Hangparalles Waldstück W1

Die Maßnahmevariante Waldmehrung sieht die Anlage eines ca. 60m breiten Waldstreifens als Erosionsschutzmaßnahme auf dem Grundstück der Kirchgemeinde Mittelherwigsdorf vor. Waldmehrung ist die mit Abstand wirksamste Maßnahme zum Erosionsschutz. Auf die Wirkung der Maßnahme wir in Abschnitt 4.3 eingegangen. Zur Gewährleistung des Erosionsschutzes im unteren Teil des Einzugsgebiets sind extensiv bewirtschaftete Dauergrünlandflächen G1 und G4 anzulegen.

Auf die Maßnahmen H1; G1; G2; G3 wurde im Abschnitt Variante Umnutzung Hecken eingegangen.

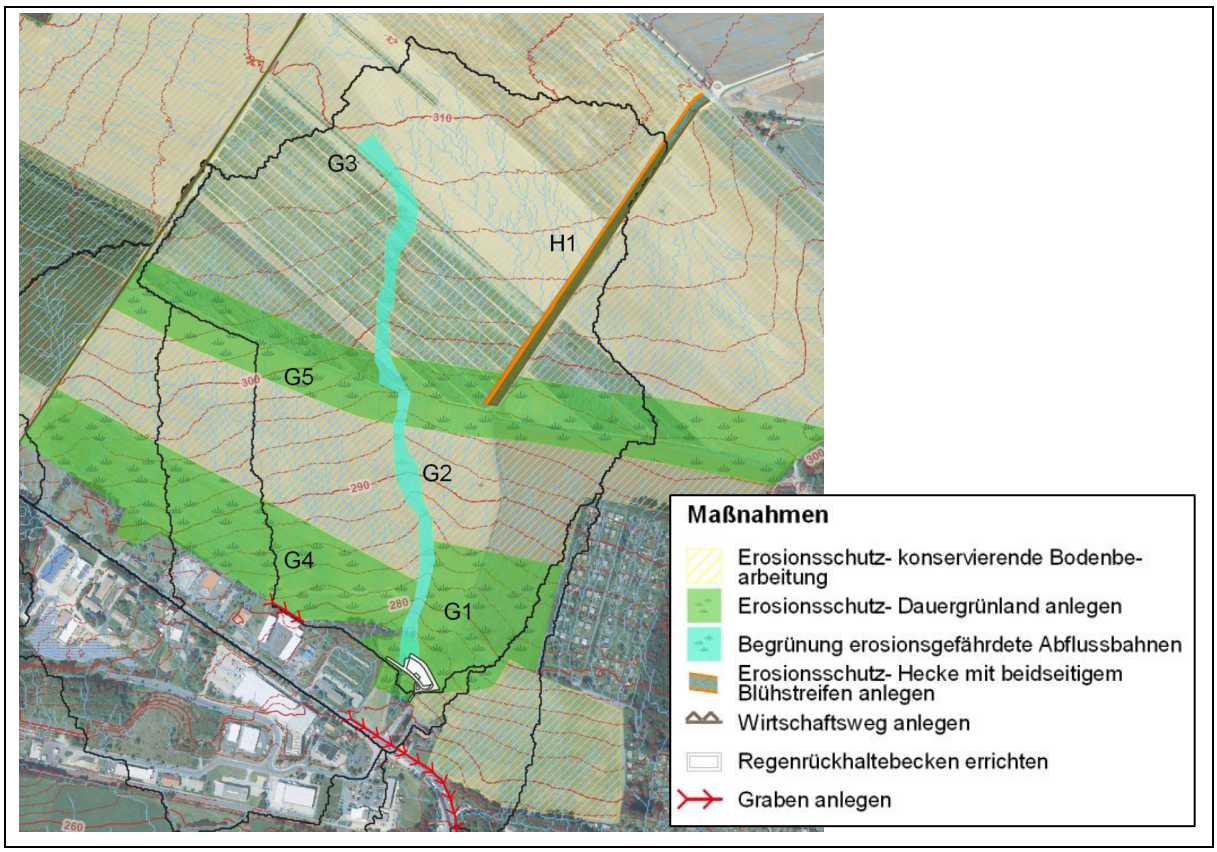

Abb. 15 Erosionsschutzmaßnahmen Standort Pethau, Variante Umnutzung Dauergrünland

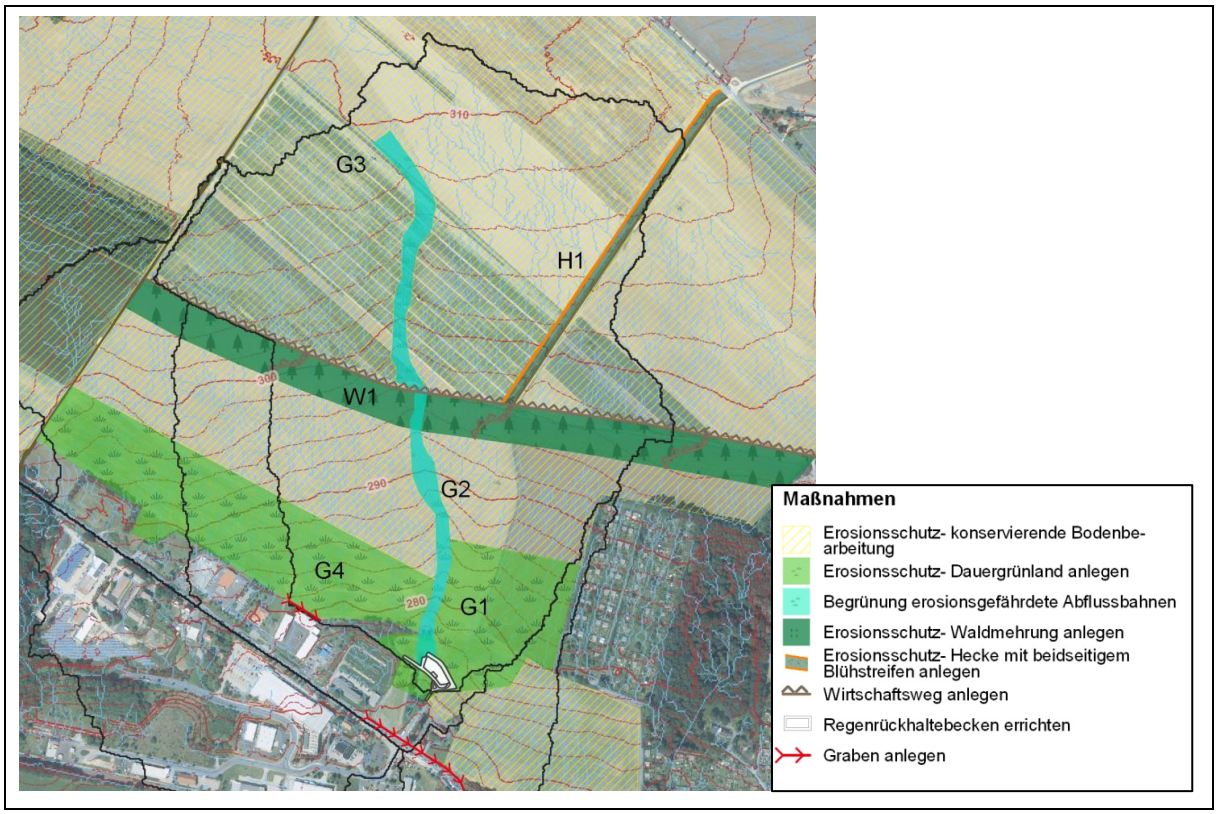

Abb. 16 Erosionsschutzmaßnahmen Standort Pethau, Variante Waldmehrung

Zusammenfassende Bewertung der Maßnahmenvarianten Erosionsschutz

Die Maßnahmevarianten Umnutzung Hecken, extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland und Waldmehrung unterscheiden sich bezüglich der Wirkung, des Flächenbedarfs sowie der Kosten.

Tab. 8 Zusammenstellung der Ergebnisse der Wirkungsanalyse, des Flächenbedarfs und der Maßnahmekosten für Pflanzung/Ansaat der Maßnahmevarianten Umnutzung Hecken, Umnutzung Dauergrünland und Waldmehrung

Maßnahmevariante	Umnutzung Hecken	Flächenbedarf Umnutzung extensiv Dauergrünland	Waldmehrung
Hecke	3,7 ha / 3,5%	0,9 ha / 0,9%	0,9 ha / 0,9%
Grünland	4,7 ha / 4,5%	26 ha* / 24,5 %*	15 ha* / 14 %*
Wald	-	-	5,4 ha / 5%
RRB / Graben / Weg	0,3 ha / 0,5%	0,2 ha / 0,2 %	0,8 ha / 0,7 %
Summe	9 ha / 9 %	27 ha / 26 %	22 ha / 21%
Wirkung			
Reduzierung Wasserabfluss	5%	5%	13%
Reduzierung Erosion/Deposition	8%	11%	16%
Kosten			
Erstansaat / Bepflanzung	124.000 € / ha	800 €/ha	15.000 €/ha

*) Flächenanteil gegenüber Erosionsmodellierung (Ergebnisse s. Abschnitt 4.3) erhöht

Den geringsten Flächenbedarf von insgesamt 9% der gesamten Anbaufläche von ca. 105 ha weist die Maßnahmevariante Umnutzung Hecken auf. Sie ist die Maßnahme, die in die bestehende Nutzung Ackerbau am besten integriert werden kann. Bezüglich des Erosionsschutzes hat diese Maßnahme aber auch die geringste Wirkung. Die Maßnahmevariante Umnutzung extensiv genutztes Dauergrünland könnte bei guter betriebswirtschaftlicher Integrierbarkeit (z.B. in Gemischtbetrieben) und in Abhängigkeit der Ergebnisse einer noch durchzuführenden betriebswirtschaftlichen Prüfung, trotz des hohen Flächenbedarfs, von Vorteil sein. Agrarbetriebe können hierbei Fördermittel aus dem Förderprogramm Agrar- , Umwelt- und Klimamaßnahmen (RL AUK/2014) sowie die Greening-Prämie in Anspruch nehmen.

Bezüglich des Erosions- und Hochwasserschutzes wirksamste, aber auch aus ökologischen Gesichtspunkten nachhaltigste Maßnahme ist die ***Waldmehrung***.

Die Umsetzung dieser Maßnahme sollte aus Gründen des Erosions- und Hochwasserschutzes, insbesondere zur Durchsetzung des öffentlichen Interesses: „Hochwasserschutz" als Vorzugslösung angestrebt werden. 90% der Gesamtmaßnahmekosten der Erstaufforstung incl. Entwicklungspflege können bei Eignung (Beachtung einer geeigneten Gehölzauswahl) über die RL WuF (2014) gefördert werden.

Maßnahme P3 – Hochwasserschutzmaßnahme „Donnergraben"

Der „Donnergraben" ist hochwassersicher für einen Spitzenabfluss von 1,0 m³/s auszubauen (vgl. Werte in Tab. 3). Da der Graben teilweise verrohrt und überbaut ist steht dies einer Aufweitung des

Fließquerschnitts entgegen. Für ein Regenwasserrückhaltebecken könnten Flächen des ehem. Federwerkgeländes genutzt werden. Der hochwassersichere Ausbau des Donnergrabens könnte an die Entwicklung des Federnwerkgeländes gekoppelt und in weitere Planungen integriert werden.

Maßnahme P4 - Anlegen eines Straßengrabens an der B96 zur Überleitung von „wild abfließendem Wasser“ in das EZG „Donnergraben“

Um den Anteil des auf der B96 im Bereich des GE Pethau „wild abfließenden Wassers“ zu reduzieren und um das Wasser aus EZG2 aufzunehmen und in das EZG Donnergraben überzuleiten ist ein Straßengraben entlang der B96 von der Neusalzaer Straße 54 bis zur Bahnunterführung anzulegen. Der Straßengaben sollte einen Spitzenabfluss von 0,5- 1,0 m³/s aufnehmen können. Die Anbindung des Straßengrabens muss abgestimmt auf die Maßnahme P3 – Hochwasserschutzmaßnahme „Donnergraben“ erfolgen.

4.2.2 Standorte Humboldtstraße / Hochwaldstraße

Für die Standorte Humboldtstraße / Hochwaldstraße sind prioritär folgende Maßnahmen umzusetzen:

H1 Verwallungen auf Ackerflächen anlegen
H2 Oberer Straßengraben Humboldtstraße umgestalten
H3 Erhöhung des Retentionspotentials für Regenwasser in der Humboldtsiedlung

H1 Verwallungen auf Ackerflächen anlegen

Das Konzept zur Regenwasserentkopplung sieht, wie in Abb. 17 dargestellt ist, vor, die Teilfläche Ia durch eine Verwallungen an der Humboldtstraße, die Teilfläche Ib durch zwei Verwallungen an der Humboldtsiedlung und dem angrenzenden Weg und die Teilfläche Ic durch zwei Verwallungen an der Humboldtstraße und der Humboldtsiedlung abflusslos zu gestalten.
Zur Entwässerung der Teilflächen sind Rohrrigolen oder Drainagen zu installieren und diese an den Straßengraben bzw. die Kanalisation anzubinden.
Weiterhin werden zur Lenkung des Oberflächenabflusses Verwallungen in den Teilflächen Ib; Ic, Va und Vb erforderlich.

H2 Oberer Straßengraben Humboldtstraße umgestalten

Zur Reduzierung des Spitzenabflusses im oberen Straßengraben an der Humboldtstraße bei Starkregen wird es erforderlich angeschlossene Teilflächen zu entkoppeln. Hierfür bietet sich an, die Teilflächen Va+Vb in die Teilfläche IVa zu entwässern und den Graben unterhalb der Teilfläche Va zu verschließen bzw. den Abfluss durch eine Sohlschwelle zu begrenzen. Zur Entwässerung des Straßengrabens in die Teilfläche IVa sind ca. aller 50 m Rohrdurchlässe unter Beachtung von DIN 19661-1 herzustellen.
Im Zuge der Vertiefung der Planung ist die Entwässerungssituation der Teilflächen VI und VII (hier nicht betrachtet) vor Ort aufzuklären und diese in ein präzisiertes Entwässerungskonzept einzubeziehen.

Desweiteren ist die hydraulische Anbindung des oberen Straßengrabens an den Mischwasserkanal der Humboldtstraße aufzuklären. Ggf. kann es erforderlich werden den Abfluss im oberen Straßengraben durch eine Reduzierung des Grabenquerschnitts / Einschnürung auf eine Abflussmenge von 0,3 m³/s zu begrenzen.

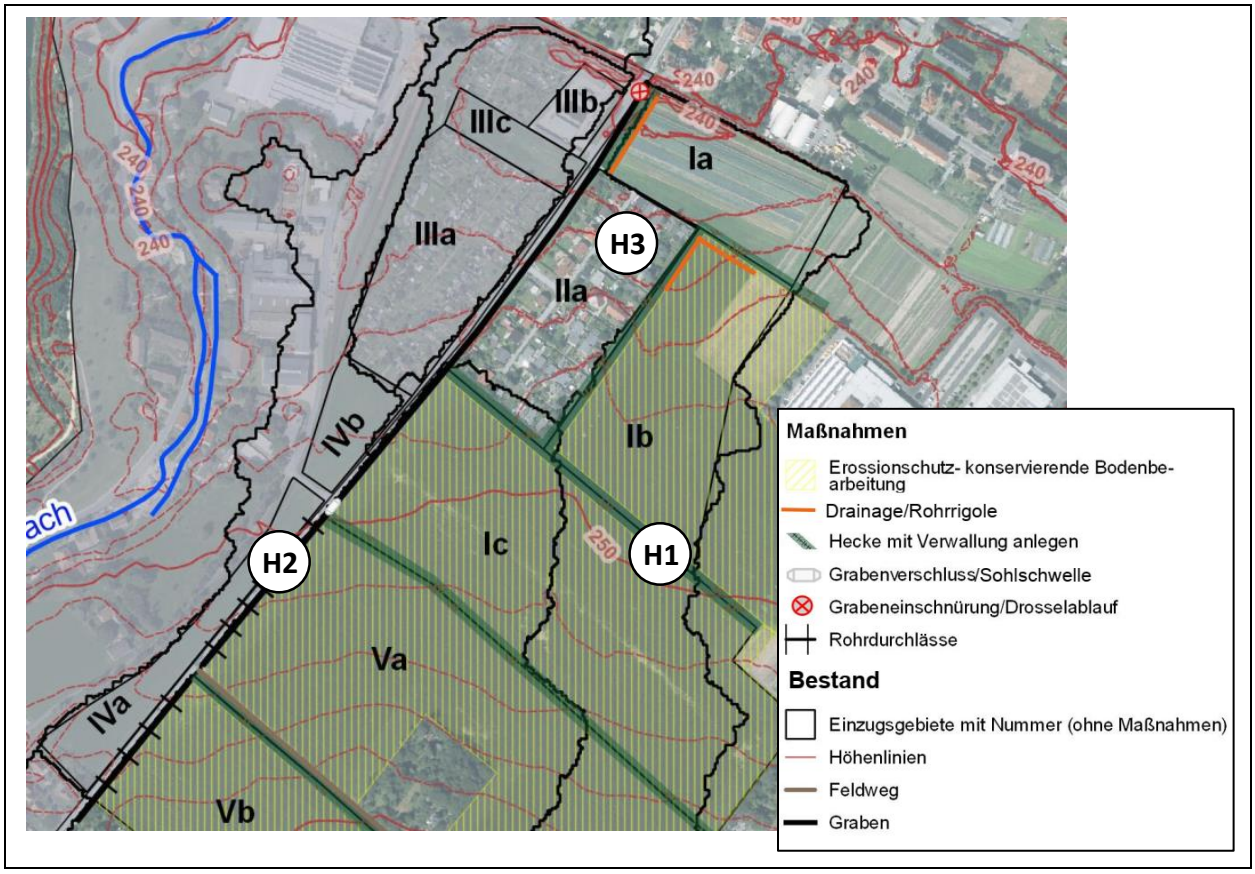

Abb. 17 Hochwasserschutzmaßnahmen Standort Humboldtstraße / Hochwaldstraße

H3 Erhöhung des Retentionspotentials für Regenwasser in der Humboldtsiedlung

Zur Minderung von Abflussspitzen aus der Humboldtsiedlung wird eine Teilentsiegelung versiegelter Flächen, z.B. durch geeignete Belagwahl, wie z.B. Rasengittersteine oder Dachbegrünung, empfohlen. Zur Ableitung konkreter Empfehlungen ist das Entsiegelungspotential vor Ort zu ermitteln und die Planungen zu präzisieren.

Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen zur Maßnahmeumsetzung

Die Berechnung der Spitzenabflussmengen der Regenteileinzugsgebiete am Standort Humboldtstraße ergab, die Notwendigkeit Regenwasser von Teilflächen zu entkoppeln, um einer Überlastung des oberen Straßengrabens und eine Überflutung der Straße zu begegnen. Für den Standort Humboldtstraße wird eine Parzellierung und Teilung der angrenzenden Ackerflächen durch Verwallungen empfohlen. Eine Entwässerung der abflusslosen Flächen kann vorzugsweise technisch durch Drainagen bzw. Rohrrigolen erfolgen. Damit wird der Abfluss zeitverzögert in die Kanalisation abgeschlagen. Somit können Spitzenabflüsse wirksam reduziert und gleichzeitig eine Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen begrenzt werden.

Im Vorfeld der Maßnahmeumsetzung ist die Entwässerungssituation der Teilflächen VI und VII (hier nicht betrachtet) vor Ort aufzuklären und ein präzisiertes Entwässerungskonzept zu erstellen.

4.2.3 **Standort Löbauer Straße / ATU**

Für den Standort Löbauer Straße, Betriebsgelände Fa. ATU und angrenzender Grundstücke (Löbauer Straße 17-39) ergibt sich aus dem ermittelten KLSR-Wert von 63 t/(ha*a) (vgl. Tab. 7) die Notwendigkeit die Erosion auf der Ackerfläche zu mindern. Dies kann z.B. durch Anlegen einer hangparallelen Hecke (L1) oder durch eine Umnutzung als Dauergrünland (siehe Maßnahmeplan Anlage 3.2.2) erfolgen. Zum Schutz der angrenzenden Grundstücke und des Betriebsgeländes der Fa. ATU vor „wild abfließendem Wasser“ wird eine Verwallung bzw. ein Regenrückhaltebecken an der Grundstücksgrenze empfohlen (L2). Der Rückhalteraum ist nach Arbeitsblatt DWA-A 117 zu bemessen. Die Entwässerung des Beckens erfolgt über einen Drosselablauf, der an die Kanalisation anzuschließen ist.

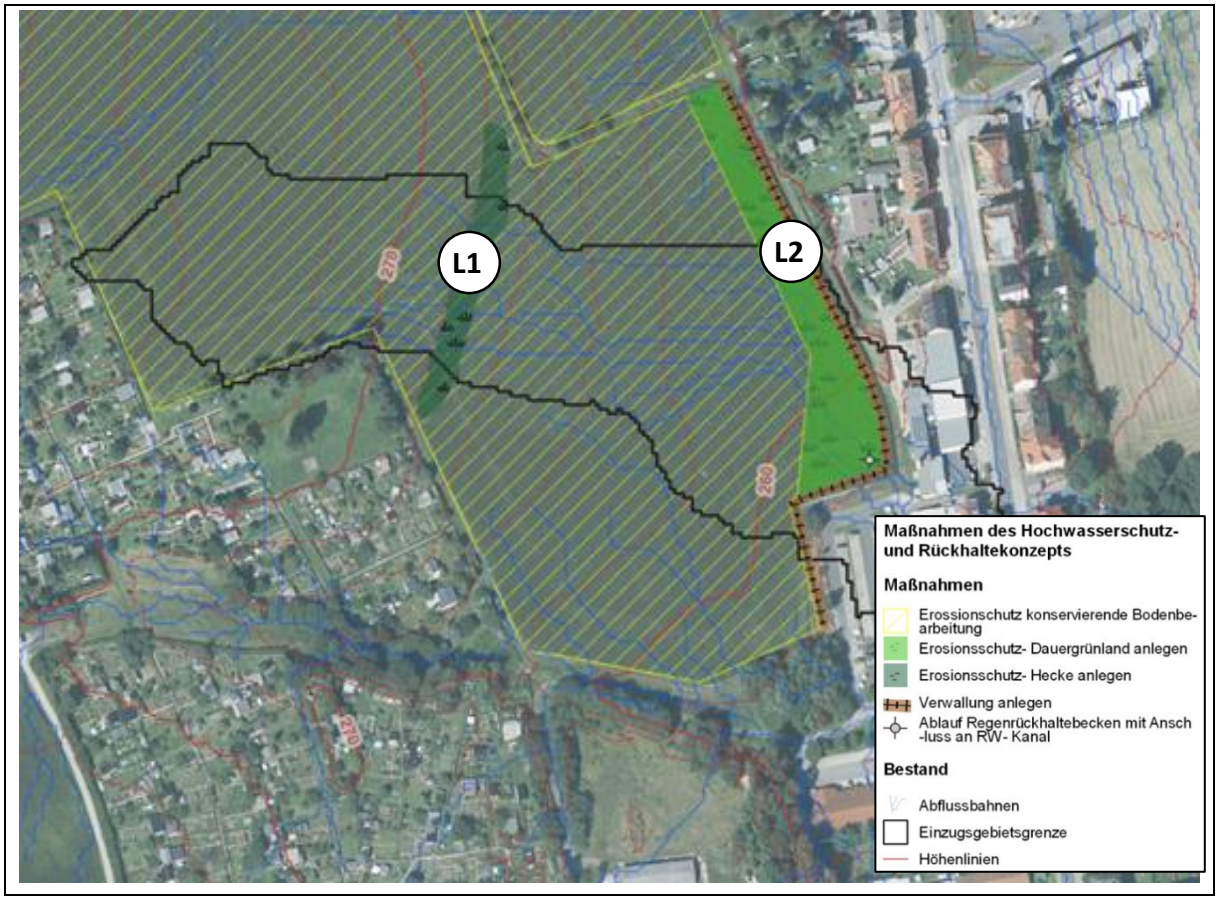

Abb. 18 Hochwasser- und Erosionsschutzmaßnahmen Standort Löbauer Straße / ATU

Für die Errichtung eines Regenrückhaltebeckens Löbauer Straße ist eine ing.-technische Planung zu erstellen und eine Baugenehmigung incl. wasserrechtlicher Erlaubnis einzuholen. Vor der Durchführung nächster Planungsschritte sind die Maßnahmen mit dem Flächeneigentümer und dem Flächennutzer abzustimmen und die Zustimmung des Grundstückseigentümers einzuholen.

4.2.4 Standort Kummersberg

Am Standort Kummersberg sollen die Kanalisation sowie Grundstücke (Kleingartensiedlungen) vor Schlammeintrag von angrenzenden Ackerflächen durch Erosionsschutzmaßnahmen geschützt werden. Am Standort Kummersberg können 3 Regeneinzugsgebiete differenziert werden. Eine relevante Erosionsgefahr wurde mit einem KLSR-Wert von 59 kg/(ha*a) nur für das EZG West ermittelt. In dem besonders erosionsgefährdetem unteren Hangbereich wird eine Umnutzung als Dauergrünland empfohlen. Zum Schutz der angrenzenden Kleingärten kann im EZG Ost eine Verwallung sinnvoll sein. Bei dieser Maßnahmen wäre darauf zu achten, dass das „wild abfließende Wasser“ schadlos abfließen kann. Vor einer Umsetzung dieser Maßnahme müssten die Abflussbedingungen vor Ort geprüft und die Maßnahmen mit den Grundstückeigentümern und den Flächennutzern abgestimmt werden.

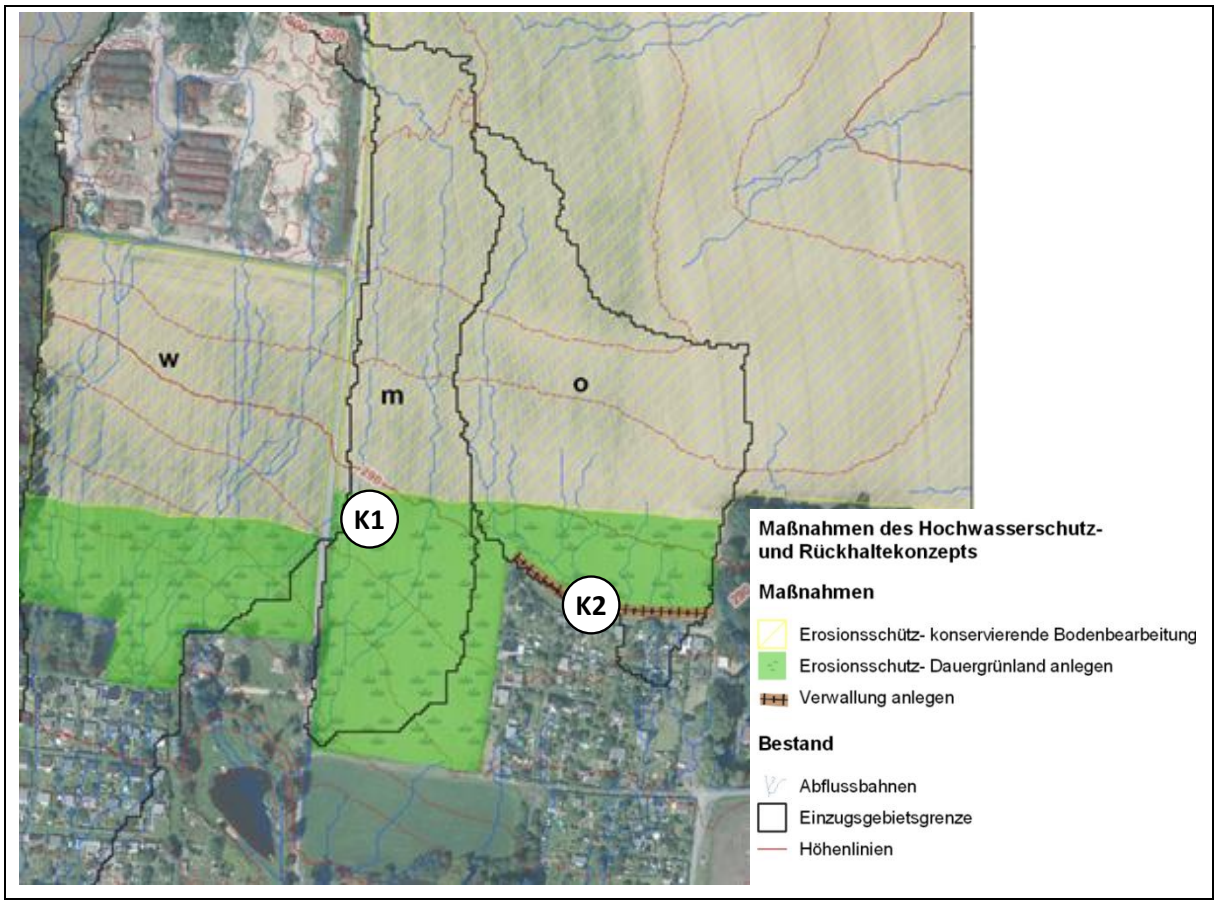

Abb. 19 Erosionsschutzmaßnahmen Standort Kummersberg

4.2.5 Standort Hirschfelde

Am Standort Hirschfelde lassen sich 4 Regeneinzugsgebiete differenzieren. Ein Bedarf an Erosionsschutzmaßnahmen ist aus den ABAG-Berechnungen (KLSR-Werte von 36 – 41 t/(ha*a)) nicht ableitbar. Zum Schutz der angrenzenden Bebauung vor „wild abfließendem Wasser“ fehlen aber geeignete Entwässerungselemente und Abfanggräben, so dass es in der Vergangenheit, insbesondere auch bei gefrorenem Boden, zur Überflutung der Grundstücke kam (siehe Fotodokumentation in Anhang 1.2). Vor einer Planung und Umsetzung der Maßnahmen sind die Abflussbedingungen vor Ort und die Lage möglicher Anschlusspunkte für Entwässerungsgräben zu prüfen.

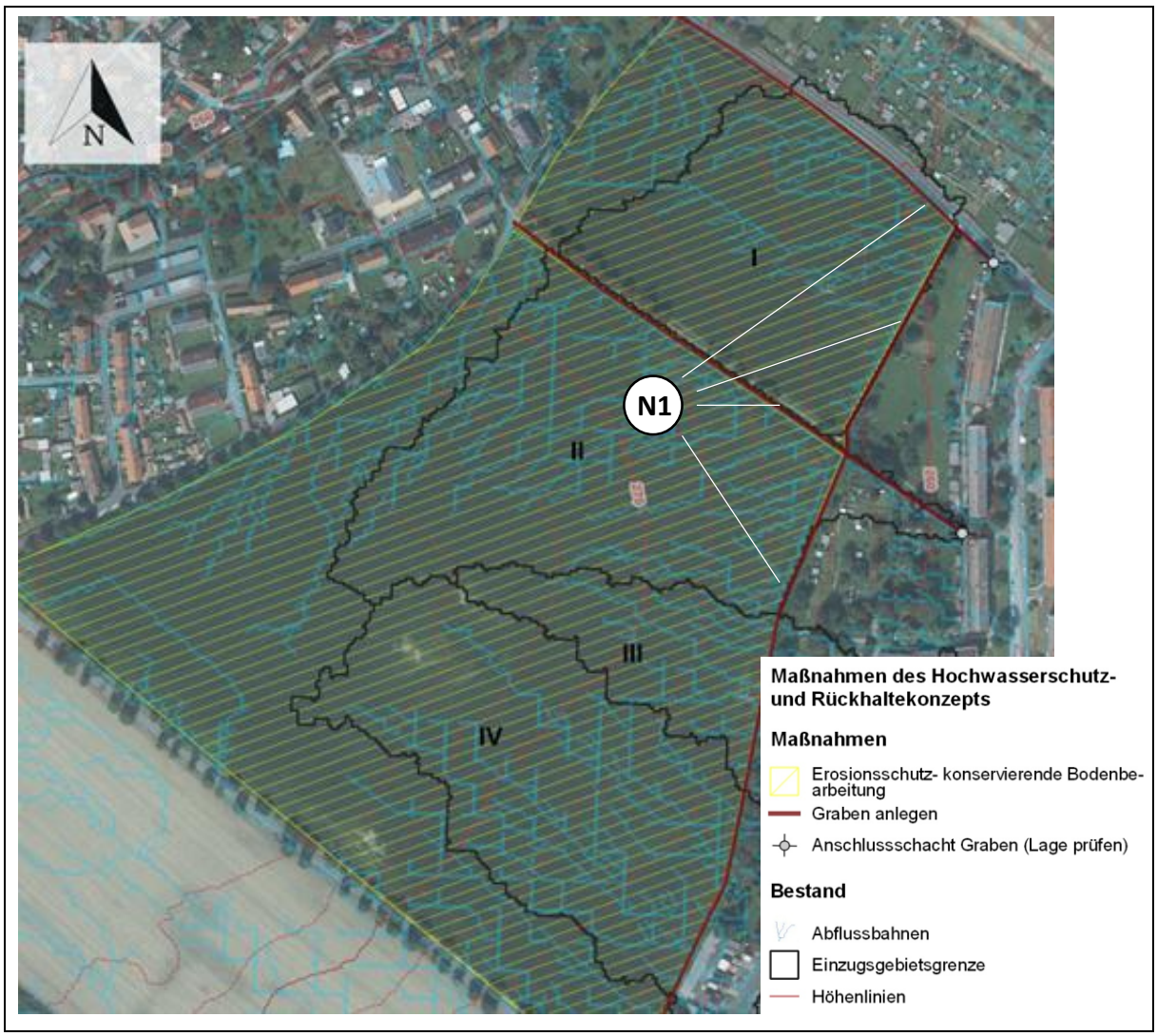

Abb. 20 Hochwasserschutzmaßnahmen Standort Hirschfelde

4.2.6 **Ortsteile Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf**

Zur Umsetzung der Ziele des Masterplans werden folgende Erosionsschutzmaßnahmen erforderlich:

- Dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung,
- Begrenzung der erosionswirksamen Hanglänge auf Ackerflächen mit Erosionsgefährdungsklassen 6 und 7 durch Untergliederung der Flächen (Verkürzung der Schlaggröße) mit Strukturelementen (z.B. Hecken, Grünstreifen),
- dauerhafte Begrünung von erosionsgefährdeten Abflussbahnen,
- Umwandlung der Nutzung erosionsgefährdeter Steillagen in Hecken oder Wald.

Wie aus Abb. 21 ersichtlich wird, weisen große Teile der Einzugsgebiete Maßnahmebedarf auf. Die Planung von Erosionsschutzmaßnahmen sollte abgestimmt auf ein Hochwasserschutzkonzept und abgestimmt auf die Leistung der Vorflutersysteme erfolgen. Bei unzureichender Abflussleistung der Vorfluter, wie z.B. in der Ortslage Schlegel, sind ggf. auch Maßnahmen zur Aufweitung des abflusswirksamen Querschnitts bzw. der Offenlegung verbauter Gewässerabschnitte zu prüfen und umzusetzen. Bei der großräumigeren Planung auf Einzugsgebietsebene sind verstärkt Aspekte des Artenschutzes mit einzubeziehen, um verloren gegangene ökologische Funktionen (Grüngürtel, Biotopverbund) wiederherzustellen und die ökologischen Funktionen zu stärken. Aus diesem Grund

werden in diesem Bericht keine konkreten Empfehlungen und Maßnahmen zum Hochwasser- und Erosionsschutz abgeleitet.

Besonders erosionsgefährdete Bereiche, wie erosionsgefährdete Abflussbahnen und erosionsgefährdete Steillagen sollten den fachlichen Empfehlungen des LfULG folgend, durch eine dauerhafte Pflanzen- bzw. Wurzelschicht geschützt werden.

Erosionsgefährdete Steillagen sollten dauerhaft durch Wurzeln von Gehölzen (Hecken, Wald) stabilisiert und vor Erosion geschützt werden. Gleiches gilt für Steillagen mit einer Hangneigung >13%. Diese sind in der Karte in Abb. 21 nicht separat ausgewiesen.

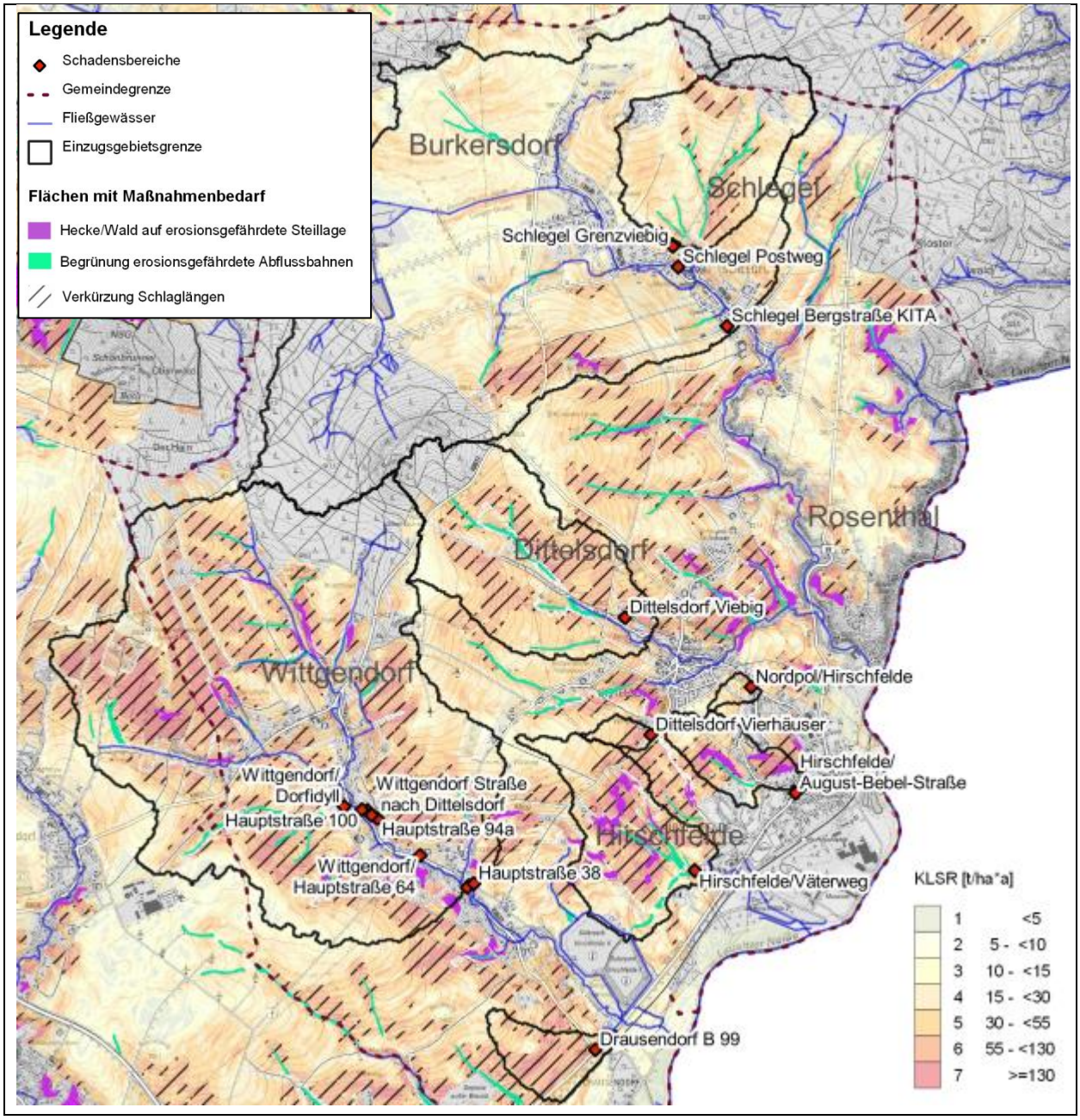

Abb. 21 Maßnahmebedarf Erosionsschutz in den Ortsteilen Hirschfelde, Schlegel, Dittelsdorf und Wittgendorf

Die Planung von Erosionsschutzmaßnahmen zur Verkürzung erosionswirksamer Hanglängen kann mittels der ABAG-Gleichung erfolgen. Für die Anwendung der ABAG hat sich die Berechnung von Abflussbahnen mittels gis-tools (s. Anhang 3) bewährt.

4.3 Wirkung der Maßnahmen

Zur Bewertung der Wirkung der Erosionsschutzmaßnahmen am Beispiel Standort Pethau wurden die konservierende Bodenbearbeitung, Umnutzung Hecken, Umnutzung Grünland sowie Waldmehrung unter Verwendung des Parameterkatalogs Sachsen mit dem Programm Erosion 3D modelliert. Die Parameterwerte des Parameterkatalogs Sachsens wurden an einer Vielzahl von Beregnungsversuchen bestimmt und kalibriert. Die verwendeten Parameter (s. Anhang 3) wurden mit Fr. Routschek, TU BAF fachlich abgestimmt. Modelliert wurde ein 100-jähriges Starkregenereignis, dass der Wirkung nach dem Starkregen vom 20.06.2013, entsprach.
Mit den Erosionsschutzmaßnahmen konservierende Bodenbearbeitung, Umnutzung Hecken, Umnutzung Grünland sowie Waldmehrung wird aufgrund der erhöhten biologischen Aktivität (Bioturbation) von Wurzeln und der Tätigkeit von Kleinlebewesen (z.B. Regenwürmer) eine Erhöhung der Infiltrationskapazität des Bodens erreicht. Damit verringert sich der Oberflächenabfluss sowie der Sedimentabtrag und -transport. Unter Hecken und Wald wird der Oberflächenabfluss aufgrund einer höheren Rauhigkeit der Oberflächen nochmals verlangsamt. Die Wirkung der Maßnahmen hängt demnach von ihrem Flächenanteil ab. Dies ist bei der Bewertung der Ergebnisse zu berücksichtigen.

4.3.1 Konservierende Bodenbearbeitung

Mit der Umstellung von konventioneller auf konservierende Bodenbearbeitung verringert sich der Oberflächenabfluss um ca. 7%, der Sedimentaustrag um 90%. Die konservierende Bodenbearbeitung ist damit mit Abstand die wirksamste Erosionsschutzmaßnahme. Die konservierende Bodenbearbeitung allein ist jedoch zum Erreichen des Umweltqualitätsziels, den jährlichen Bodenabtrag auf < 3 t/(ha*a) zu senken, nicht ausreichend.

Maßnahmevariante Umnutzung Hecken

Mit der Maßnahmevariante Umnutzung Hecken wird bei konservierender Bearbeitung eine Reduzierung des Abflussvolumens um 5% sowie des Sedimentaustrags um 8% erreicht. Die Flächeninanspruchnahme beträgt 5,4 ha.

Maßnahmevariante Umnutzung Grünland

Mit der Maßnahmevariante Umnutzung Grünland wird bei konservierender Bearbeitung eine Reduzierung des Abflussvolumens um 5% sowie des Sedimentaustrags um 11% erreicht. Die Flächeninanspruchnahme beträgt 8,5 ha.

Maßnahmevariante Waldmehrung

Mit der Maßnahmevariante Waldmehrung wird bei konservierender Bearbeitung eine Reduzierung des Abflussvolumens um 13% sowie des Sedimentaustrags um 16% erreicht. Die Flächeninanspruchnahme beträgt 5,5 ha. Die Maßnahmevariante Waldmehrung hat demnach bei geringer Flächeninanspruchnahme die größten erosions- und abflussmindernde Wirkung. Es muss jedoch angemerkt werden, dass der Erosionsschutz im unteren Teil des EZG bei der modellierten Variante Waldumwandlung nicht ausreicht. Es ist erforderlich, wie im Maßnahmeplan in Anlage 3.1.3 dargestellt, die Variante mit Dauergrünland zu kombinieren. In Abb. 22 ist die Wirkung der Maßnahme anhand des modellierten Oberflächenabflusses dargestellt.

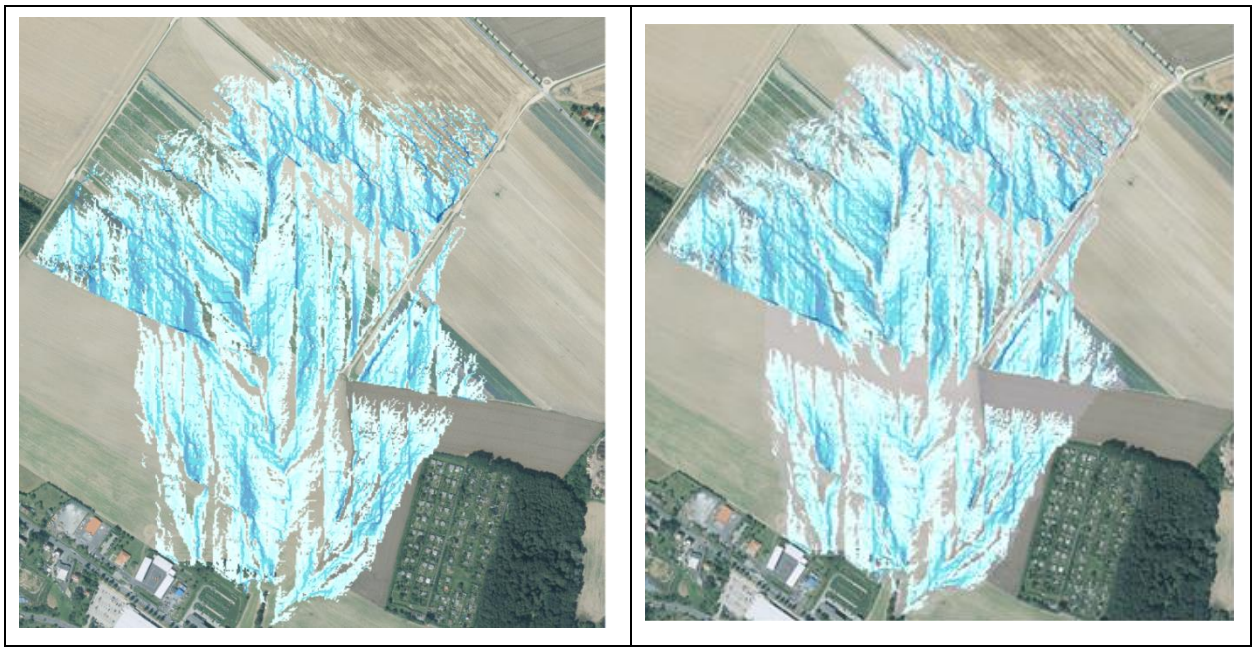

Abb. 22 Mit Erosion 3D berechneter Oberflächenabfluss bei konservierende Bearbeitung, links: ohne Maßnahmen, rechts: Maßnahmevariante Waldmehrung

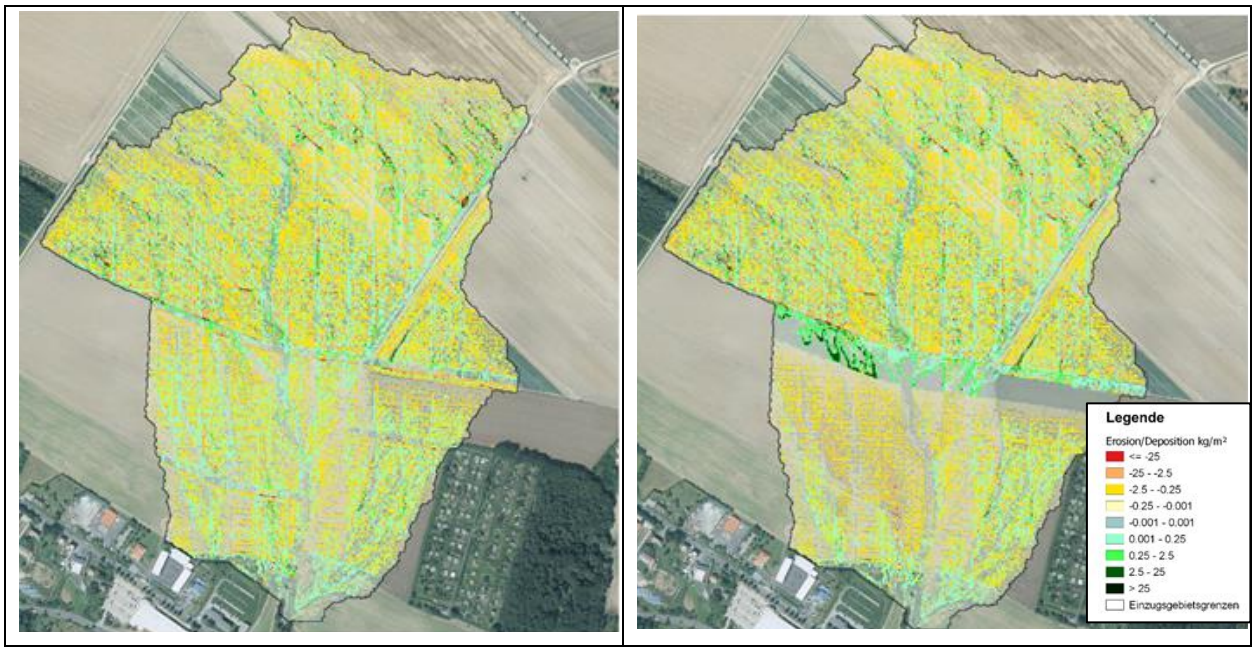

Abb. 23 Mit Erosion 3D berechnete Erosion und Deposition bei konservierende Bearbeitung für die Maßnahmevarianten Umnutzung Hecken (links) und Waldmehrung (rechts),

Aus der Darstellung in Abb. 22 wird erkennbar, dass der Oberflächenabfluss im Waldstreifen in der Mitte des EZG fast vollständig zurückgehalten wird. Gleiches gilt natürlich auch für den Sedimentrückhalt, wie in Abb. 23 dargestellt ist. Der Sedimentrückhalt ist deutlich effektiver als bei der Variante Hecken.
Eine vollständige Darstellung der Modellergebnisse befindet sich in Anhang 3.

4.4 Umsetzung der Maßnahmen

Auf die Umsetzung der Maßnahmen und nächste Schritte wurde bei der Beschreibung der Objekte im Abschnitt 4.2 sowie in den Standortdatenblättern in Anhang 4 eingegangen. Allgemeine Hinweise zur Umsetzung der Maßnahmen werden in den nachstehenden Abschnitten gegeben.

4.4.1 Siedlungsentwässerung / Infrastrukturmaßnahmen

Die im Bereich der Siedlungsentwässerung vorgeschlagenen Maßnahmen bedürfen, soweit angegeben, einer planerischen Vertiefung und sind in das Planungsgeschehen der Stadt Zittau zu integrieren. Zur Finanzierung größerer Bauvorhaben, wie der Bau von Regenrückhaltebecken, wird die Beantragung von Fördermitteln erforderlich (zu den Fördermöglichkeiten siehe Abschnitt 4.5).

4.4.2 Erosionsschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen

Die Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen greift in die Bewirtschaftung und das Eigentum von Dritten, den Flächeneigentümern und Flächennutzern (Agrarbetrieben) ein. Die weitere Planung und Umsetzung muss deshalb auf die Anforderungen der Flächeneigentümer und Flächennutzer abgestimmt erfolgen.
Bei der Planung und Umsetzung sind nach (LfULG, 2010) folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Umnutzung der Flächen vorzugsweise mit Zustimmung des Flächeneigentümers anzustreben,
- Umnutzung im Rahmen eines bestehenden Pachtvertrags / Neuverpachtung mit entsprechenden Bedingungen,
- Berechnung der wirtschaftlichen Verluste / Anspruch auf Entschädigung der Eigentümer nach Entschädigungsrichtlinie Landwirtschaft (LandR 19)
- Prüfung Fördermöglichkeiten / Fördersätze (s. Abschnitt 4.5)
- Vorfinanzierung der Maßnahmen als Kompensationsmaßnahme (Erwerb von Ökopunkten Sächsische Ökokonto-Verordnung – SächsÖKoVO)

Für die Umsetzung der Maßnahmen und dieser Schritte wird eine fachtechnische Planung und Begleitung erforderlich.

Grundsätzlich ist bei der angestrebten Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen nach Fallstudien des (LfULG, 2010) mit unterschiedlicher Akzeptanz zu rechnen:

Akzeptanz der Anwendung der dauerhaft konservierenden Bodenbearbeitung

Aufgrund des Erosionsschutzaspektes sowie Kostenvorteilen durch geminderte Arbeitsgänge gegenüber konventioneller Bewirtschaftung besitzt die konservierende Bodenbearbeitung eine hohe Akzeptanz und es besteht Interesse an einer Optimierung und Weiterentwicklung (z. B. strip till, Direktsaat).

Die Akzeptanz der dauerhaft konservierenden Bodenbearbeitung wird über die bestehende Förderung gesteigert. Gleichzeitig muss weiterhin eine intensive Beratung zur konservierenden Bodenbearbeitung durch die Außenstellen des LfULG erfolgen.

Anlegen von Landschaftsstrukturelementen (Hecken, Feldgehölze)

Die Neuanlage von Landschaftselementen verursacht Flächen- und Einkommensverlust für Bewirtschafter. Aufgrund des Eingriffs in das Eigentum müssen die Flächeneigentümer dem Vorhaben zustimmen. Da der Wert landwirtschaftlich genutzter Flächen gem. FlurbG am aktuellen potentiellen Ertrag (Ackerzahl) bzw. den Ergebnissen der Bodenschätzung zu bestimmen ist, und mit dem Anlegen von Landschaftsstrukturelementen eine Ertragsminderung verbunden ist, resultiert daraus auch eine Wertminderung des Grundstücks. Langfristige Schäden durch Bodenerosion werden bei der Wertermittlung i.Allg. nicht eingepreist. Ein Ausgleich für den Wertverlust des Grundstücks kann z.B. über einen wertgleichen Flächentausch im Rahmen eines Flurneuordnungsverfahrens erfolgen. Es sollte angestrebt werden bei der Wertermittlung auch die Werterhaltung durch Erosionsschutz (Erhalt der Bodenfruchtbarkeit/Ackerzahl) mit einzubeziehen. Der mit der Anlage von Landschaftsstrukturelementen verbundene dauerhafte Wertverlust des Grundstücks (Landschaftsstrukturelemente stehen unter dem Schutz des BodSchG und dürfen nicht entfernt werden) muss als Haupthemmnis bei der Umsetzung der Maßnahme angesehen werden.

Die Anlage und Pflege der Landschaftselemente könnte durch ansässige Landwirte oder den Landschaftspflegeverband erfolgen. Durch die vertragliche Sicherung der Pflegeleistungen können Einkommensverluste teilweise kompensiert werden.

Dauerhafte Umnutzung von Ackerland als Dauergrünland

Ob eine Umstellung der ackerbaulichen Nutzung auf extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland für einen Agrarbetrieb wirtschaftlich darstellbar ist, hängt von der konkreten betriebswirtschaftlichen Situation ab und muss standortkonkret geprüft werden. Grundsätzlich erscheint die Maßnahme für Gemischtbetriebe sinnvoll, bei denen auch ein Flächentausch (ggf. Umbruch von Dauergrünland auf einer anderen Fläche) in Betracht kommt. Zu prüfen wäre, ob mit den Fördersätzen der RL AUK/2014 sowie der Greening-Prämie die Mindereinnahmen kompensiert werden können.

Eine andere dauerhafte Umsetzungsstrategie setzt den Erwerb der Flächen durch die öffentliche Hand, einen Naturschutzverband/-verein oder eine Stiftung voraus. Auf diesem Weg kann die Umsetzung der naturschutzfachlichen Optimalvariante einer Abflussbahnbegrünung in Form der Renaturierung des Gewässers, Anlage von Retentionsflächen, Gehölzen oder einer Aufforstung entsprochen werden.

Die dauerhafte Umnutzung ist grundsätzlich als Kompensationsmaßnahme für Eingriffe in Natur und Landschaft geeignet. Somit wäre die Umsetzung dieser Maßnahmen durch einen Eingriffsverursacher

möglich, der sämtliche damit verbundenen Maßnahmekosten zu tragen hätte. Zudem ist mit der Ökokontoverordnung des SMUL vom 01.08.2008 die Möglichkeit gegeben, dass auch andere Maßnahmeträger die Maßnahme (vor-)finanzieren und diese anschließend über den Eingriffsverursacher refinanziert wird. Bei einer vorzeitigen Umsetzung der Maßnahme sind die Einstellung in ein Ökokonto sowie der Handel mit den Anrechten auf Anrechnung, z. B. über die Sächsische Ökoflächen-Agentur, möglich. Diese Umsetzungsvariante ist insbesondere für Kommunen interessant.

Umwandlung von Ackerland in Wald

Die dauerhafte Umwandlung von Ackerland in Wald bietet den besten Schutz vor Bodenerosion und ist zugleich die wirksamste und nachhaltigste Maßnahme zum Hochwasserschutz und zur Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens in der Fläche. Sie ist ebenso, wie Umnutzung durch Hecken, gegenüber der ackerbaulichen Nutzung mit einer Ertragsminderung und damit mit einer Wertminderung des Grundstücks verbunden (siehe Ausführungen unter Hecken/Feldgehölze). Eine Waldmehrung ist insbesondere auf besonderes erosionsgefährdeten Standorten, wie erosionsgefährdeten Steillagen oder bei einer Flächenneigung > 10°, geboten. Sie kann, wie z.B. am Standort Pethau, aber auch zur Durchsetzung des öffentlichen Interesses „Hochwasserschutz“ geboten sein.

4.5 Fördermöglichkeiten

Im Folgenden werden wesentliche Fördermöglichkeiten für eine Landbewirtschaftung genannt, die Hochwasservorsorge bewirkt, Erosion mindert und Wasserrückhalt fördert. Darüber hinaus werden Fördermöglichkeiten für weitere Maßnahmen gegen wild abfließendes Oberflächenwasser und für Maßnahmen am Gewässer aufgelistet.

Agrarumweltmaßnahmen (RL AUK/2015)

- Anwendung Streifensaat/ Direktsaat
- Umweltschonender Ackerfutter-/ Leguminosenanbau
- Begrünungsmaßnahmen: Zwischenfruchtanbau, Grünstreifen, Brachflächen, Blühflächen etc.

Landwirtschaft, Innovation, Wissenstransfer (RL LIW/2014)

- Förderung von Maßnahmen des Wissenstransfers zur Erosionsminderung (Arbeitskreise, Workshops, Feldtage, Demonstrationsvorhaben etc.)
- Förderung der Einrichtung und Tätigkeit operationeller Gruppen (Zusammenarbeit Forschung/Technologie mit Landwirtschaft)
- Durchführung von Pilotprojekten zur Umsetzung innovativer Lösungen

Sicherung natürliche biologische Vielfalt und natürliches ländliches Erbe (RL NE/2014)

- u. a. Anlage und Sanierung von Gehölzen des Offenlandes (Hecken, Ufer-, Feldgehölze etc. – Anrechnung Greening), Renaturierung von Gewässern

Hinweis: Refinanzierung Eigenanteil über Ökokonto-Anrechnung möglich

Ökologische Waldmehrung (RL WuF/2014)

Investive Förderung der Erstaufforstung auf landwirtschaftlichen und nicht landwirtschaftlichen Flächen. Für die Erstaufforstung wird Förderung in Höhe von 90% der Gesamtvorhabenskosten gewährt.

Gewässer/ Hochwasserschutz (RL GH/2018)

- Förderung von baulichen Anlagen (Rückhaltemulden und -dämmen) und sonstigen Schutzbauwerken zum Schutz vor wild abfließendem Wasser/ Bodeneintrag unter bestimmten Voraussetzungen gemäß Nr. 4.3.4 und 4.3.5
- Förderung einer Fließgewässerrenaturierung mit Aufweitung des abflusswirksamen Gewässerquerschnitts und Verbesserung der fließenden Retention
- Förderung von Hochwasserschutzmaßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens und hochwassergerechten Umbau wasserwirtschaftlicher Anlagen

Hinweis: Förderung von Grunderwerb im Rahmen von Maßnahmen der Gewässerentwicklung und des Hochwasserschutzes in Höhe von bis zu 10 % der zuwendungsfähigen Ausgaben, für Teilnehmergemeinschaften oder Gemeinden sind im Einzelfall auch höhere Ausgaben anerkennungsfähig

Umsetzung LEADER-Entwicklungsstrategien (RL LEADER/2014)

Planung/ Umsetzung von Maßnahmen gegen wild abfließendes Wasser/ Bodenerosion (inklusive Projektmanager); Voraussetzung: Bestandteil der LEADER Entwicklungsstrategie der Region mit Zuordnung finanzieller Mittel und Priorisierung bei der Projektauswahl
(wichtig: Abstimmung mit sonstigen Fördermöglichkeiten - Vorrang hat die Fachförderung)

5 Quellen

Gesetze, Verordnungen

BBODSCHG – GESETZ ZUM SCHUTZ VOR SCHÄDLICHEN BODENVERÄNDERUNGEN UND ZUR SANIERUNG VON ALTLASTEN (BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.

BNATSCHG – GESETZ ZUR NEUREGELUNG DES RECHTS DES NATURSCHUTZES UND DER LANDSCHAFTSPFLEGE, Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. September 2017 (BGBl. I S. 3434) geändert worden ist.

EG-WRRL – EG-WASSERRAHMENRICHTLINIE, Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. EG, 2000, L 327, S. 1, zuletzt geändert d. Richtlinie 2008/105/EG, ABl. EU, 2008, L 348, 84 S.

FFH-RL – FAUNA-FLORA-HABITAT-RICHTLINIE – Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. ABl. EG Nr. L 206: S. 7-50.

FLURBG – FLURBEREINIGUNGSGESETZ in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. März 1976 (BGBl. I S. 546), das zuletzt durch Artikel 17 des Gesetzes vom 19. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2794) geändert worden ist.

HWRM-RL – HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENTRICHTLINIE, Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, ABl. EG, 2007, L 288/27, 8 S.

ROG - RAUMORDNUNGSGESETZ vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 15 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist

SÄCHSWG – SÄCHSISCHES WASSERGESETZ in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. Nr. 10 vom 07.08.2013 S. 503), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. Juli 2016 (SächsGVBl. S. 287) geändert worden ist.

WHG – WASSERHAUSHALTSGESETZ in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist.

Förderrichtlinien

LEADER-RL – FÖRDERRICHTLINIE LEADER – Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Umsetzung von LEADER-Entwicklungsstrategien vom 15. Dezember 2014. **L GH/2018** – FÖRDERRICHTLINIE GEWÄSSER/HOCHWASSERSCHUTZ – Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes und des präventiven vom 18. Juni 2018.

RL LE/2014 – FÖRDERRICHTLINIE LÄNDLICHE ENTWICKLUNG vom 15. Dezember 2014 (SächsABl. SDr. 2015 S. S 8), die durch die Richtlinie vom 3. März 2017 (SächsABl. S. 413) geändert worden ist, zuletzt enthalten in der Verwaltungsvorschrift vom 7. Dezember 2017 (SächsABl. SDr. S. S 433).

RL NE/2014 – FÖRDERRICHTLINIE NATÜRLICHES ERBE vom 15. Dezember 2014 (SächsABl. SDr. 2015 S. S 28), die zuletzt durch die Richtlinie vom 26. Februar 2018 (SächsABl. S. 320) geändert worden ist, zuletzt enthalten in der Verwaltungsvorschrift vom 7. Dezember 2017 (SächsABl. SDr. S. S 433).

RL SWW/2016 - Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Förderung von Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft, (Förderrichtlinie Siedlungswasserwirtschaft vom 9. Dezember 2015.

RL WuF/2014 : Förderrichtlinie Wald und Forstwirtschaft RL WuF/2014 für Waldbesitzer und Interessierte.

Merkblätter, Leitfäden

BZL (2018): Hecken und Raine in der Agrarlandschaft, Bedeutung – Neuanlage – Pflege, Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2018

DVWK W 113: *Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten*, DVWK-Merkblatt W 113, Verlag Paul Parey, 1989

DVWK M 124: *Niederschlag-Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer Niederschlagsmessungen Auswertung*, DVWK Merkblatt 124, Verlag Paul Parey, 1985

DWA-A 117: *Bemessung von Rückhalteräumen*, Arbeitsblatt DWA-A 117, ISBN 978-3-944328-39-3

DWA-A 531: *Starkregen in* Abhängigkeit *von Wiederkehrzeit und Dauer,* Arbeitsblatt DWA-A 531, Druckhaus Köthen GmbH & Co KG, 05/2017

DWA (2012): *Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer*: DWA Bd. A 531, Druckhaus Köthen GmbH & Co KG, 2012

DWA (2013): *Starkregen und urbane Sturzfluten - Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge*, *DWA-Themen,* Bd. T1, 2013

DWA (2015): *Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung*, *DWA-Regelwerk*. Bd. 550, Druckhaus Köthen GmbH & Co KG, 2015. - ISBN 978-3-88721-262-9

LUBW (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/starkregen, 12/2016.

LfULG (2010): *Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen*, LfULG Schriftenreihe, Heft 13/2010.

LfULG (2013a): Gefahrenabwehr bei Bodenerosion, Arbeitshilfe, LfULG, 2013.

LfULG (2013b): Erläuterung Erosionsgefährdungskarten Freistaat Sachsen, Arbeitshilfe, LfULG, 08.11.2013.

LfULG (2014): Kompendium Klima – Sachsen im Klimawandel, Kapitel 5, Extremwetterlagen, 2. Auflage, https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12190

LfULG (2015): *Begrünung von erosionsgefährdeten Abflussbahnen*, Informationsbroschüre, Internetressource, 01/2015.

LfULG (2016): *Dezentraler Hochwasserschutz im ländlichen Raum*, Informationsbroschüre, Internetressource, 11/2016.

KommunalAgentur NRW (2015): *Hochwasser- und Überflutungsschutz, Ansätze für eine fachübergreifende Zusammenarbeit innerhalb der Kommunalverwaltung zum Hochwasserrisikomanagement,* 07/2015

Sachsenforst (2016): *Walderneuerung und Erstaufforstung - Hinweise für Waldbesitzer*, Staatsbetrieb Sachsenforst, Internetressource, 11/2016.

Fachliteratur

Baumeister (2017): Baumeister, André: *GIS als Werkzeug für eine dynamische wassersensitive Klimaanpassung in urbanen Landschaften, dargestellt am Beispiel von Oberflächenabfluss und Sickerwasserbildung in Bochum*, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Geowissenschaften, Dissertation, 2017

BOSCH & PARTNER (2000): Kriterienkatalog zur Gestaltung von Ackerschlägen im Agrarraum – Landschaftsökologische Aspekte. FuE-Vorhaben des SMUL. Dresden.

BML (1999): Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Broschüre, 24 Seiten, Hrsg. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Postfach, 53107 Bonn.

Bräunig, A. (2011): Bodenschutz im hoch erosionsgefährdeten mittelsächsischen Lösshügelland, Präsentation, LfUGL

Feddes u.a. (1978): FEDDES, R.A. ; KOWALIK, P.J. ; ZARADNY, H.: Simulation of Field Water Use and Crop Yield. New York : John Wieley & Sohns, 1978

Henk, W. (2015): *Schutz vor Bodenerosion und wild abfließendem Wasser in ackerbaulich geprägten Einzugsgebieten*. Vortrag auf dem Fachgespräch der TerraTec 2015 am 28.01.2015 in Leipzig. Verfügbar unter: https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/TerraTec_2015-Henk.pdf

HochNatur (2007): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis, Endbericht zum Forschungsvorhaben DBU: 21278

Hopmans und Sticker (1989): HOPMANS, J. W. und STICKER, J. N. M.: Stochastic analysis of soilwater regime in a watershed, *J. Hydrol.*, 105, 57–84, 1989.

Kühne (2005): *Die Brandenburger Schichtholzhecke - Hecken für das platte Land*, Stefan Kühne (Kleinmachnow), Forschungsreport 2/2005.

Leterme u.a. (2012): B. LETERME, D. MALLANTS und D. JACQUES: Sensitivity of groundwater recharge using climatic analogues and HYDRUS-1D*, Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 16, pp. 2485–2497, 2012.

MICHAEL, A: (2000): *Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells EROSION 2D/3D - Empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter*. Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, Freiberger Forschungshefte, Reihe Geowissenschaften.

Neteler & Mitasova (2008): Neteler, Markus; Mitasova, Helena: *Open source GIS A GRASS GIS Approach*. Third Edition: Springer, 2008. ISBN-13: 978-0-387-35767-6

Schmidt (1996): Schmidt, Jürgen: *Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen*, Diss. TU BAF, 1996, https://tu-freiberg.de/fakult3/tbt/boden/prof-schmidt#Anker3

SCHMIDT, W. (2015): Bodenerosion und wild abfließendes Wasser – Ursachen der Entstehung sowie ackerbauliche und ergänzende Gegenmaßnahmen. Vortrag auf dem Fachgespräch der TerraTec 2015 am 28.01.2015 in Leipzig. Verfügbar unter: https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Schmidt_Schutz_Erosion_WildabfliessendesWasser_Terratec2015.pdf

Schwertmann u.a. (1987): Schwertmann U., Vogl W., Kainz M., Auerswald K., Martin W. (1987): Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Bodenabtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen; Ulmer, 64 S.

Seidel (2008): Seidel, Nicole: Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Dissertation, 2008

Šimunek und van Genuchten (1999): ŠIMŮNEK, J., M. ŠEJNA und M. GENUCHTEN (1999): *The HYDRUS-2D software package for simulating water flow and solute transport in two-dimensional variably saturated media*, version 2.0. U.S. Salinity Laboratory USDA, ARS, 450 West Big Springs Road Riverside, CA 92507.

Stowasser (2018): Studie Oberflächenwasserableitung zur Erarbeitung des Wege- und Gewässerplanes im Flurbereinigungsverfahren Sora Teil 1: Hochwasserschutz- und Rückhaltekonzept,

URBAS (2008): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS), Abschlussbericht im Förderprogramm RIMAX: Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse

Gutachten und Planungen

RP OLNS (2010): Regionalplan Oberlausitz-Niederschlesien, 1. Gesamtfortschreibung, Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien, 04.02.2010.

Heim (2013): Hochwasserschadensbeseitigung GE Pethau und Donnergraben, Erläuterungsbericht, Ing.-Büro Heim, 2014, unveröffentlicht.

Heim (2014): Hochwasserschutzmaßnahmen Regeneinzugsgebiet Gewerbegebiet Pethau, Erläuterungsbericht, Ing.-Büro Heim, 2014, unveröffentlicht.

IBOS (2005): Generalentwässerungsplanung Zittau, Teil 7, Förderprojekt im Rahmen der EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG III A, Förderung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

Walz u.a. (2010): WALZ, U.; ÜBERFUHR, F.; STRATMANN, L. & A. MIETHKE: Ableitung, Formulierung und Begründung von Leitlinien des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Freistaat Sachsen. Forschungsauftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. S. 292. 2010, Verfügbar unter: https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Leitlinien_Naturschutz_2010_Langfassung.pdf

ZSG (2017): *Masterplan Anpassung an klimawandelbedingte Starkregenereignisse in Zittau*, Zittauer Stadtentwicklungsgesellschaft mbH, Projektskizze, unveröffentlicht, 2017.

Internetquellen

EU-Förderprogramm Life Local Adapt: https://www.klima.sachsen.de/eu-projekt-life-local-adapt-13501.html?_cp=%7B%22accordion-content-22430%22%3A%7B%221%22%3Atrue%7D%2C%22previousOpen%22%3A%7B%22group%22%3A%22accordion-content-22430%22%2C%22idx%22%3A1%7D%7D