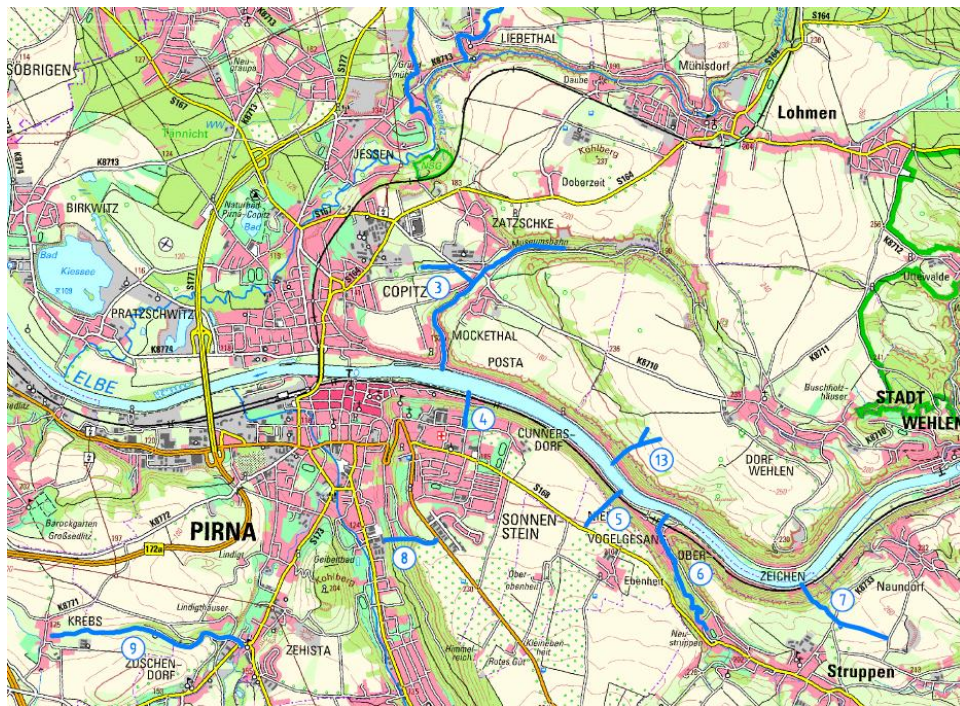


# Bewertung des Hochwasserrisikos für Gewässer II. Ordnung sowie für die Bereiche mit wild abfließendem Oberflächenwasser in Pirna

- Studie -



Possendorf, am 29.11.2013

Ausfertigung: IWB-Planer

# Bewertung des Hochwasserrisikos für Gewässer II. Ordnung sowie für die Bereiche mit wild abfließendem Oberflächenwasser in Pirna

## - Studie -

---

**Auftraggeber:** Stadtverwaltung Pirna  
01796 Pirna, Am Markt 1/2

**Auftragnehmer:** Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH  
01728 Bannewitz OT Possendorf, Turnerweg 6

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. A. Jurides (IWB)  
M. Sc. D. Sum (IWB)  
Dipl.-Ing. D. Müller-Gericke (IWB)  
Dr.-Ing. W. Kritzner (IWB)

Possendorf, am 29.11.2013



Dr.-Ing. W. Kritzner  
Geschäftsführer

## Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Erläuterungsbericht</b>	<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Planungsgrundlagen</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Vorgehensweise</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Analyse historischer Hochwasserereignisse</b> .....	<b>7</b>
4.1	Hochwasser August 2010 .....	7
4.1.1	Meteorologische Ursachen .....	7
4.1.2	Hydrologische Auswertung .....	8
4.1.3	Schadensprozesse .....	9
4.1.4	Einsatzberichte der Feuerwehr Pirna.....	10
4.1.5	Schadensbilanz .....	11
4.2	Hochwasser Juni 2013.....	13
4.2.1	Meteorologische Ursachen .....	13
4.2.2	Räumliche Verteilung der Niederschläge.....	13
4.2.3	Zeitliche Verteilung der Niederschläge .....	13
4.2.4	Schadensbilanz .....	14
<b>5</b>	<b>Schadensprozesse</b> .....	<b>17</b>
5.1	Überschwemmung .....	17
5.2	Erosion.....	18
5.3	Sedimentation und Übersarung.....	19
5.4	Verkläusung .....	20
5.5	Wild abfließendes Wasser.....	20
<b>6</b>	<b>Bewertung der Hochwasserabwehrinfrastrukturen</b> .....	<b>21</b>
6.1	Bestimmung der statistischen Hochwasserabflüsse .....	21
6.2	Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der baulichen Infrastruktur .....	22
6.2.1	Rohrleitungen und Durchlässe.....	22
6.2.2	Speicherbecken.....	22
6.2.3	Kaskaden .....	23

---

<b>7</b>	<b>Maßnahmenvorschläge und Ableitung von Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>24</b>
7.1	Natürlicher Hochwasserschutz .....	24
7.2	Technischer Hochwasserschutz.....	25
7.2.1	Gewässerausbau und Renaturierung .....	25
7.2.2	Neubau von Rückhalteräumen .....	25
7.2.3	Ausbau vorhandener Rückhalteräume.....	26
7.3	Hochwasservorsorge .....	26
7.4	Einzelmaßnahmen .....	27
<b>8</b>	<b>Exkurs zu ausgewählten Schwerpunkten .....</b>	<b>29</b>
8.1	Murenabgang in den Kerbtälern und Halden der ehemaligen Sandsteinbrüche .....	29
8.2	Wild abfließendes Oberflächenwasser und Bodenerosion.....	32
8.2.1	Einflussgrößen .....	33
8.2.2	Maßnahmen .....	34
8.2.3	Herausforderungen bei der Umsetzung von Maßnahmen.....	38
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>40</b>

## Bildverzeichnis

<b>Abb. 1:</b>	Definition des Hochwasserrisikos [26] .....	6
<b>Abb. 2:</b>	Räumliche Verteilung der Niederschläge in Sachsen [25] .....	7
<b>Abb. 3:</b>	Durch das Hochwasser 2010 verursachte Schäden in Sachsen.....	11
<b>Abb. 4:</b>	Hochwasserschäden 2010 an Gewässern II. Ordnung in Pirna.....	12
<b>Abb. 5:</b>	Spezifische Hochwasserschäden 2010 an Gewässern II. Ordnung in Pirna .....	12
<b>Abb. 6:</b>	Verteilung der Hochwasserschäden 2013 nach Regierungsbezirken (Stand 27.06.2013) .....	15
<b>Abb. 7:</b>	Hochwasserschäden 2013 an Gewässern II. Ordnung in Pirna.....	16
<b>Abb. 8:</b>	Spezifische Hochwasserschäden 2013 an Gewässern II. Ordnung in Pirna .....	16
<b>Abb. 9:</b>	Überschwemmungen am Meusegastbach während des Hochwassers 2013.....	17
<b>Abb. 10:</b>	Struppenbach während und nach dem Hochwasser 2013.....	17
<b>Abb. 11:</b>	Erosionserscheinungen am Bonnewitzer Bach nach dem Hochwasser 2013.....	18
<b>Abb. 12:</b>	Beispiel für Sedimentation (links) und Übersarung (rechts) .....	19
<b>Abb. 13:</b>	Verschlämmung am Bonnewitzer Bach nach dem Hochwasser 2010 .....	19
<b>Abb. 14:</b>	Projektkosten der Maßnahmenvorschläge .....	28
<b>Abb. 15:</b>	Mure und Hangrutsch am 3. Juli 2012 an der Stadtgrenze zu Pirna (Fährhaus Zeichen).....	29
<b>Abb. 16:</b>	Fertiggestelltes Raugerinne in Wehlen nach 2010 .....	30
<b>Abb. 17:</b>	Murenabgang 2013 und erneute Schäden am Raugerinne .....	31
<b>Abb. 18:</b>	Erosionsrinnen in Hangmulden und wild abfließendes Oberflächenwasser .....	32
<b>Abb. 19:</b>	Erosionsrinnen bei konventioneller Bewirtschaftung und geringer Bodenbedeckung .....	32
<b>Abb. 20:</b>	Maßnahmen nach DWA-M 910 (2012).....	34
<b>Abb. 21:</b>	Maisanbau konventionell (links) und konservierend (rechts) .....	36

---

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1</b>	Gewässer II. Ordnung im Stadtgebiet Pirna .....	1
<b>Tabelle 2</b>	Flächen mit wild abfließenden Oberflächenwasser.....	2
<b>Tabelle 3</b>	Statistische Einordnung der maximalen Scheitelwerte für ausgewählte Gewässer der oberen Elbe im Landkreis Sächsische-Schweiz/ Osterzgebirge .....	8
<b>Tabelle 4</b>	Verteilung der Hochwasserschäden 2013 nach Kommunen (Stand 27.06.2013).....	14
<b>Tabelle 5</b>	Projektkosten .....	27
<b>Tabelle 6</b>	Bewirtschaftungsmethoden von Ackerflächen im Vergleich.....	35
<b>Tabelle 7</b>	Maßnahmen zur Optimierung des Erosionsschutzes .....	37

## Anlagenverzeichnis

### II. Anlagen

#### A Allgemeiner Teil

A-1	Übersichtslageplan zur regionalen Einordnung (Fließgewässer II. Ordnung) .....	1 : 50.000
A-1	Übersichtslageplan zur regionalen Einordnung (Flächen mit wild abfließendem Wasser) .....	1 : 50.000
A-2	Übersicht der Fließgewässer .....	1 Blatt
A-3	Gebietskennwerte der Teileinzugsgebiete .....	4 Blatt
A-4	Regenspenden und Niederschlagshöhen .....	2 Blatt
A-5	Spitzenabflusswerte $HQ_T$ , Bauwerkskenngrößen und Abflusskapazitäten .....	16 Blatt
A-6	Maßnahmenvorschläge .....	4 Blatt

#### B Gewässersteckbriefe

B-1	Bonnewitzer Bach.....	9 Blatt
1-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
1-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-2	Klemnitz.....	10 Blatt
2-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
2-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-3	Kratzbach .....	11 Blatt
3-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
3-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-4	Mädelgraben.....	6 Blatt
4-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
4-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-5	Fechelsgrundbach .....	6 Blatt
5-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
5-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-6	Struppenbach .....	8 Blatt
6-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
6-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000

---

B-7	Teichgrundbach .....	7 Blatt
7-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
7-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-8	Vorfluter Viehleite .....	8 Blatt
8-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
8-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-9	Meusegastbach (Eulengrund) .....	10 Blatt
9-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
9-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-10	Vorfluter Seidewitz .....	4 Blatt
10-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
10-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-11	Ableiter Schäferberg .....	4 Blatt
11-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
11-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-12	Krietzschwitzer Bach .....	6 Blatt
12-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
12-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
B-13	Vorfluter Oberposta .....	3 Blatt
13-1	Themenkarte 1 .....	1 : 10.000
13-2	Themenkarte 2 .....	1 : 10.000
<b>C   Steckbriefe Bodenerosion</b>		
B-1	Großsedlitz Elbhänge oberhalb Schlosserbusch (B 172) .....	9 Blatt



# I. Erläuterungsbericht

## 1 Aufgabenstellung

Die Stadt Pirna war in den vergangenen Jahren häufig direkt oder indirekt von Hochwasserereignissen der Elbe sowie ihren Nebenflüssen betroffen. In der jüngsten Vergangenheit seien hier insbesondere das Jahrhunderthochwasser vom August 2002, das Winterhochwasser im März 2006 sowie das erst kürzlich vergangene Sommerhochwasser im Juni 2013 genannt. Aber auch die Starkregenereignisse der Jahre 2010 und 2012 verursachten insbesondere an den Gewässern II. Ordnung massive Schäden an der Gewässerstruktur.

Im Vorfeld der Erstellung von Hochwassergefahren- und -risikokarten nach § 74 WHG sowie den daraus abzuleitenden Hochwasserrisikomanagementplänen nach § 75 WHG soll in einem ersten Schritt eine vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos für die Gewässer II. Ordnung im Stadtgebiet Pirna durchgeführt werden (vgl. Tabelle 1 und **Anlage A-1.1**). Die Summe der Fließgewässerlängen im Stadtgebiet Pirna beträgt 15,80 km und damit rund 60 % der Gesamtlänge. Entsprechend der Aufgabenstellung sowie der Anlaufberatung vom 13.05.2013 [1] sind Gefährdungsbereiche auszuweisen und Maßnahmenvorschläge zu unterbreiten. Eine Prioritätenliste soll den Verantwortlichen der Stadt Pirna Planungssicherheit hinsichtlich der kurz-, mittel- und langfristigen Entscheidungen geben.

**Tabelle 1** Gewässer II. Ordnung im Stadtgebiet Pirna

Nr.	Gewässer	Länge	davon im Stadtgebiet	Anteil	Einzugsgebiet
1	Bonnewitzer Bach	4.500 m	3.700 m	82 %	5,7 km <sup>2</sup>
2	Klemnitz	5.100 m	2.600 m	51 %	4,8 km <sup>2</sup>
3	Kratzbach <sup>1</sup>	5.900 m	3.750 m	64 %	7,4 km <sup>2</sup>
4	Mädelgraben	380 m	380 m	100 %	1,0 km <sup>2</sup>
5	Fechelsgrundbach	560 m	200 m	36 %	2,6 km <sup>2</sup>
6	Struppenbach	4.000 m	450 m	11 %	8,6 km <sup>2</sup>
7	Teichgrundbach	620 m	180 m	29 %	0,4 km <sup>2</sup>
8	Vorfluter Viehleite	600 m	600 m	100 %	0,1 km <sup>2</sup>
9	Meusegastbach	2.300 m	1.900 m	83 %	4,8 km <sup>2</sup>
10	Vorfluter Seidewitz	220 m	220 m	100 %	0,1 km <sup>2</sup>
11	Ableiter Schäferberg	800 m	800 m	100 %	0,6 km <sup>2</sup>
12	Krietzschwitzer Bach	830 m	830 m	100 %	1,0 km <sup>2</sup>
13	Vorfluter Oberposta <sup>2</sup>	670 m	180 m	27 %	0,2 km <sup>2</sup>
<b>Summe</b>		<b>26.480 m</b>	<b>15.790 m</b>	<b>60 %</b>	<b>37,3 km<sup>2</sup></b>

<sup>1</sup> Von der Gesamtlänge entfallen ca. 700 m auf den rechten Seitenzufluss vom Lugteich kommend.

<sup>2</sup> Der Vorfluter Oberposta teilt sich im Hochland auf zwei Arme auf.

Zusätzlich ist für einige Bereiche das Phänomen des wild abfließenden Oberflächenwassers und dessen negative Auswirkungen zu untersuchen (vgl. Tabelle 2 und **Anlage A-1.2**). Die Gesamtfläche beträgt rund 5 km<sup>2</sup>. Es sind Ursachen zu benennen und Lösungsvorschläge zur künftigen Verminderung oder Vermeidung zu unterbreiten. Hierzu erfolgt auch eine fachliche Zuarbeit durch das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

**Tabelle 2** Flächen mit wild abfließenden Oberflächenwasser

Nr.	Gebiet	Fläche
1	zwischen Lugweg, Bernhard-Muth-Str., Am Ehrenhain, oberhalb Postaer-Str.	0,54 km <sup>2</sup>
2	südlich der Wehlener-Str. (K 8710) bzw. oberhalb von Oberposta	0,43 km <sup>2</sup>
3	beidseitig der Struppener-Str. (S 168) bis Canalettoweg	0,64 km <sup>2</sup>
4	zwischen Krietschwitzer-Str. (B 172) und Krietzschwitz (K 8782)	0,37 km <sup>2</sup>
5	zwischen Schlegelweg, An der Ziegelei und Fasanenweg	0,84 km <sup>2</sup>
6	zwischen Seidewitzer-Str. (K 8760), Liebstädter-Str. (S 176) und Bahretal-Str.	0,21 km <sup>2</sup>
7	oberhalb Liebstädter Str. (S 176) und Am Landschloß	0,26 km <sup>2</sup>
8	oberhalb Postweg, Lindigt	1,63 km <sup>2</sup>
9	oberhalb des Gewerbegebietes Hugo-Küttner -Str. (Stadtwald)	0,16 km <sup>2</sup>
<b>Summe</b>		<b>5,08 km<sup>2</sup></b>

Neben dem hier allgemein verfassten Berichtsteil finden sich in den **Anlagen B-1 bis B-13** die einzelnen Gewässersteckbriefe, die nach einem einheitlichen Muster aufgebaut sind. Neben einer einzugsgebietsbezogenen, hydrologischen Charakteristik, werden außerdem Angaben zu historischen Hochwasserereignissen gemacht. Das Gewässer wird mit Fotos dokumentiert und die bauliche Infrastruktur hinsichtlich der hydraulischen Leistungsfähigkeit bewertet. Den Abschluss bilden jeweils konkrete Maßnahmenvorschläge. Jeder Steckbrief wird durch zwei Themenkarten ergänzt:

- **Themenkarte 1** enthält die Darstellung des Fließgewässers, des Einzugsgebietes mit zugehöriger Landnutzung sowie die Kartierung der Schäden durch vergangene Hochwasser,
- **Themenkarte 2** enthält die bauliche Infrastruktur (Durchlässe, Verrohrungen, Stege, Brücken etc.) sowie die Angabe der zugehörigen hydraulischen Leistungsfähigkeit und die Eintragungen der vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen.

## 2 Planungsgrundlagen

### **Beratungen/ Begehungen**

- [1] Anlaufberatung am 13.05.2013 mit Herrn Kaiser und Herrn Möhrs (beide SV Pirna, FG 61), Herrn Schwindkowski (SV Pirna, FG 60) sowie Frau Müller-Gericke und Herrn Jurides (beide INGENIEURBÜRO für WASSER UND BODEN),
- [2] Vorortbegehung am 03.06.2013 durch Herrn Jurides und Frau Sum (beide INGENIEURBÜRO für WASSER UND BODEN) an Mädelgraben, Struppenbach, Meusegastbach und Ableiter Schäferberg,
- [3] Vorortbegehung am 16.08.2013 durch Herrn Jurides und Herrn Götzke (beide INGENIEURBÜRO für WASSER UND BODEN) an Bonnewitzer Bach, Klemnitz, Kratzbach und Vorfluter Oberposta,
- [4] Vorortbegehung am 05.09.2013 durch Herrn Jurides (INGENIEURBÜRO für WASSER UND BODEN) an Fechelsgrundbach, Teichgrundbach, Vorfluter Seidewitz, Vorfluter Viehleite und Krietzschwitzer Bach,
- [5] Arbeitsberatung am 08.10.2013 mit Hr. Kaiser (SV Pirna, FG 61) und Hr. Jurides (INGENIEURBÜRO für WASSER UND BODEN),
- [6] Vorortbegehung am 19.11.2013 mit Fr. Uhlemann (SV Pirna, FG 61) und Herrn Jurides (INGENIEURBÜRO für WASSER UND BODEN) im Stadtwald oberhalb Gewerbegebiet Hugo-Küttner-Straße,
- [6a] Telefonat mit Hr. Wendt (Aquaproject Consult Ingenieurgesellschaft mbH) am 09.12.2013 bzgl. geplanter Maßnahmen zur Hochwasserschadensbeseitigung 2010 und 2013 an Gewässern II. Ordnung in Pirna,

### **Unterlagen Stadt Pirna**

- [7] Fotodokumentation der Fließgewässer auf CD-ROM mit Schreiben vom 20.08.2013 durch Herrn Kaiser (SV Pirna, FG 61),
- [8] Schadenserfassung für das Hochwasser 2013 mit E-Mail vom 28.08.2013 durch Herrn Schwindkowski (SV Pirna, FG 60),
- [9] Übergabe bestätigter Maßnahmeplan (Wiederaufbauplan) für das Hochwasser 2010 durch Herrn Kaiser (SV Pirna, FG 61) am 08.10.2013,
- [10] Übergabe Literatur zum Thema „*Bodenerosion und wild abfließendes Oberflächenwasser*“ mit E-Mail vom 09.10.2013 durch Herrn Kaiser (SV Pirna, FG 61),
- [11] Übergabe „*Erfassungsblatt zur Bewertung des HW-Risikos*“ und Rundschreiben zum Thema „*Bewertung von Hochwasserrisiken nach §73 WHG*“ sowie Verteiler zum Thema „*Umsetzung der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie*“ mit E-Mail vom 10.10.2013 durch Herrn Kaiser (SV Pirna, FG 61),
- [12] Pressemitteilung vom 19.06.2013 der Stadt Pirna: Hochwasserschadensbilanz der Großen Kreisstadt Pirna, Juni-Hochwasser verursachte Schäden in Höhe von 69 Mio. Euro,
- [13] Pressemitteilung vom 19.09.2013 der Stadt Pirna: Murensicherung in Pirna Obervogelgesang beendet – Weitere Beseitigung von Hochwasserschäden aus dem Jahr 2010,
- [14] Feuerwehr Pirna: Einsatzberichte aus den Jahren 2010 bis 2013,

---

### **Geobasisdaten**

- [15] Digitales Geländemodell (DGM-2), Hrsg.: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, Geobasisdaten, © 2013,
- [16] ATKIS-DOP, Digitale Orthofotos (farbig), Hrsg.: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, Geobasisdaten, © 2013,
- [17] DTK50-V und DTK10-V, Hrsg.: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, Geobasisdaten, © 2013,

### **Literatur**

- [18] DWA, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 6/2013: Ereignisanalyse der Hochwasser von 2010 und 2011, S. 302 – 304,
- [19] DWA, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 8/2013: Juni-Hochwasser 2013: Vorbedingungen, Hydrologie, Ausmaß, Schäden, S. 414 – 416,
- [20] DWA. Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 9/2013: Die Niederschlagsverhältnisse während des Junihochwassers 2013 in Sachsen, S. 515 – 519,
- [21] DWA, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 10/2013: Ursachen und Mechanismen des erosionsbedingten Stoffeintrages in Fließgewässer, S. 557 – 562,
- [22] DWA, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 10/2013: Maßnahmen zur Reduzierung des Boden- und Stoffeintrags in Gewässer, S. 568 – 573,
- [23] DWA, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 10/2013: Probleme und Möglichkeiten bei der Umsetzung der Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion, S. 574 – 579,
- [24] DWA, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 11/2013: Bundesländer melden knapp sieben Mrd. Euro Hochwasserschäden, S. 610,
- [25] Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Ereignisanalyse - Hochwasser im August/ September 2010 und im Januar 2011 in Sachsen, Dresden, 30.04.2013,
- [26] MÜLLER, U.: Hochwasserrisikomanagement - Theorie und Praxis. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2010,

### **Rechtsgrundlagen**

- [27] SÄCHSWG - SÄCHSISCHES WASSERGESETZ. In der Neufassung der Bekanntmachung vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. Nr. 10 vom 07.08.2013 S. 503),
- [28] WHG - WASSERHAUSHALTSGESETZ: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009; zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 76 des Gesetzes vom 7. August 2013 BGBl. I S. 3154),

### 3 Vorgehensweise

Zur Lösung der Aufgabenstellung wurden nachfolgende Arbeitsschritte durchgeführt:

#### 1. Grundlagenermittlung

- Auswertung vorhandener Planungsunterlagen, Vermessungsergebnisse, Gutachten, Fotodokumentationen, Schadensdokumentationen,
- Abgrenzung der Einzugsgebiete,
- Beschreibung hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Grundlagen,
- Aufnahme von Besonderheiten hinsichtlich Flächennutzung und Topographie,
- Berücksichtigung von Anwohnerinformationen.

#### 2. Ortsbegehung der Fließgewässer

Vor-Ort-Begehung hochwasserrelevanter Bereiche der lt. Aufgabenstellung definierten Fließgewässer II. Ordnung. Im Rahmen der Ortsbegehungen wurden folgende Informationen aufgenommen:

- abflussmindernde u. gefährdete Bauwerke (Brücken, Durchlässe, Verrohrungen) sowie deren vereinfachtes Aufmaß (Gliedermaßstab, Bandmaß),
- gefährdete Gewässerabschnitte (Einengungen/ Aufweitungen des Abflussprofils),
- offensichtlich besonders gefährdete Wohnhäuser (z. B. in Senken),
- die Durchgängigkeit beeinträchtigende Querbauwerke (Wehre, Sohlabstürze).

#### 3. Analyse historischer Hochwasserereignisse

Beschreibung zweier historischer Hochwasserereignisse mit signifikanten nachteiligen Auswirkungen für die Risikoelemente Mensch, Umwelt, Kulturerbe und Wirtschaft auf Grundlage von Daten, die vom AG zur Verfügung gestellt bzw. durch eigene Literaturrecherche ermittelt werden konnten. Auswertung von Foto- und Schadensdokumentationen sowie die Ableitung der allgemeinen Hochwassergefährdung im Einzugsgebiet.

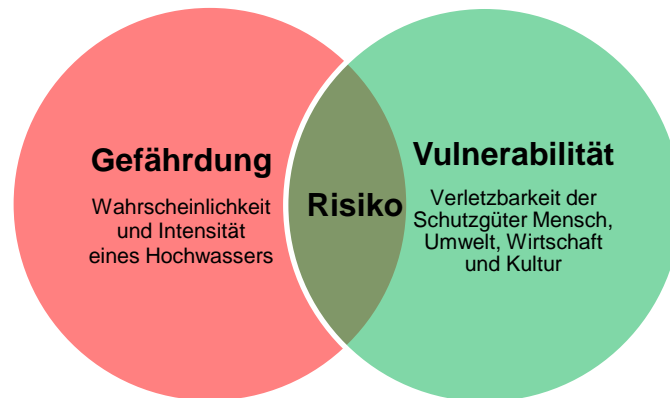
#### 4. Bewertung Hochwasserabwehrinfrastrukturen

Abschnittsweise Beschreibung und Bewertung der maßgeblichen bestehenden Gewässer- und Hochwasserinfrastrukturen hinsichtlich des Schädigungsgrades, der wasserwirtschaftlichen Erforderlichkeit und der Wirksamkeit (Soll-/Ist-Vergleich der Abflusskapazität). Gemäß der Information der Stadtverwaltung Pirna existieren im Untersuchungsgebiet nahezu keine Hochwasserabwehrinfrastrukturen.

#### 5. Maßnahmenvorschläge

Ableitung von Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge zur Entschärfung der sogenannten „Brennpunkte“. Erstellung einer Prioritätenliste der notwendigen Maßnahmen mit zeitlichem Bezug zur Ausführung bzw. Umsetzung.

Das **Hochwasserrisiko** ist die Interaktion aus Gefährdung (Wahrscheinlichkeit und Intensität eines Hochwasserereignisses) und Vulnerabilität (Verletzbarkeit der Schutzgüter Mensch, Umwelt, Wirtschaft und Kultur).



**Abb. 1:** Definition des Hochwasserrisikos [26]

Durch eine systematische Aufarbeitung von verfügbaren oder leicht abzuleitenden Informationen wie z.B.:

- Aufzeichnungen und Studien zu langfristigen Entwicklungen,
- Informationen zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Hochwasser,
- Karten der Flussgebietseinheiten mit Einzugsgebieten, Teileinzugsgebieten, Topografie und Flächennutzung,
- Beschreibung vergangener Hochwasser mit signifikant nachteiligen Auswirkungen auf Schutzgüter einschließlich der Eintrittswahrscheinlichkeit, Ausdehnung, Abflusswegen und Bewertung ihrer nachteiligen Auswirkungen,
- Bewertung potentiell nachteiliger Folgen künftiger Hochwasser auf die Schutzgüter unter Berücksichtigung weiterer Fachinformationen wie z.B. Überschwemmungsgebiete, Hochwasserschutzinfrastrukturen, Vulnerabilität der Schutzgüter,

können qualitative Trends für das Abflussverhalten insbesondere auch im Hochwasserfall bestimmt werden. Mit diesen Informationen existiert unter Einbeziehung der Hochwassergefahr und der Vulnerabilität die Grundlage für eine **vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos** nach Artikel 4 und 5 der EG-HWRM-RL.

Die Europäische Richtlinie findet sich auf Bundesebene in § 73 WHG wieder.

## 4 Analyse historischer Hochwasserereignisse

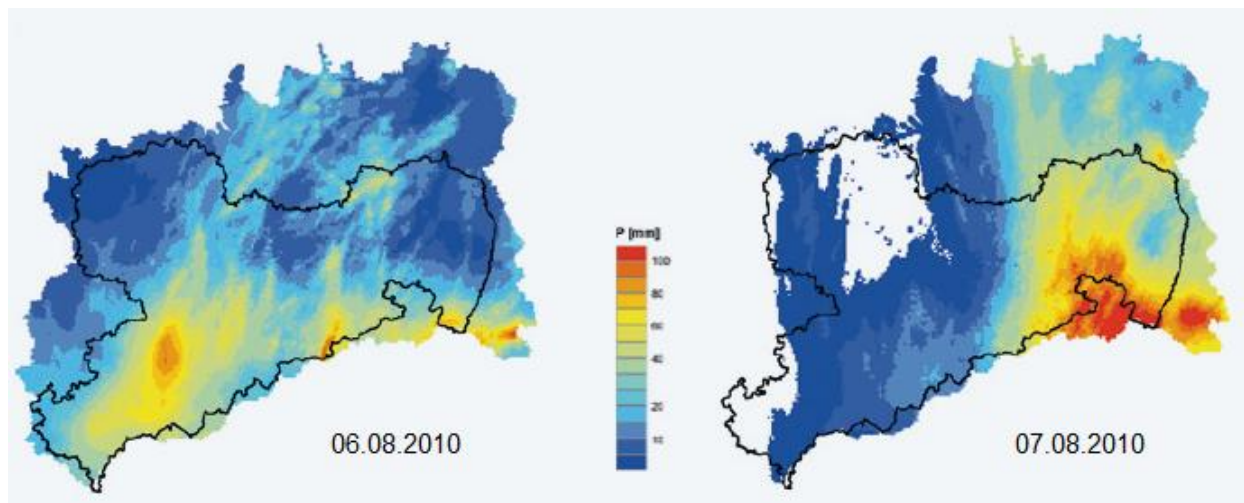
Die Ereignisanalyse erfordert die Untersuchung vergangener Hochwässer und deren Auswirkungen im Einzugsgebiet. Für die zu untersuchenden Gewässer gemäß Tabelle 1 liegen nur wenige bzw. keine Daten vor. Amtliche Pegelaufzeichnungen des Pegelmessnetzes Sachsen sind nicht vorhanden, daher können keine Aussagen zu Wasserständen und gewässerkundlichen Hauptzahlen (NQ, MQ, HQ) gemacht werden. Hinweise über privat betriebene Pegel lagen zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor. Ausnahme bildet hier ein selbst errichteter Pegel am Meusegastbach. Nachfolgend sollen das jüngste Hochwasserereignis der Elbe vom Juni 2013 sowie die durch Starkregen verursachten Hochwasser an den Elbeseitenzuflüssen vom August 2010 analysiert werden.

### 4.1 Hochwasser August 2010

Infolge von Starkniederschlägen kam es im August 2010 u.a. auch im Landkreis Sächsische Schweiz/ Osterzgebirge zu regional sehr begrenzten Hochwasserereignissen, die insbesondere das bisher aufgezeichnete Ausmaß überschritten.

#### 4.1.1 Meteorologische Ursachen

Im August und September 2010 waren drei deutliche Niederschlagsereignisse abzugrenzen, wobei das erste Niederschlagsereignis Anfang August die weitaus höchsten Intensitäten aufwies [18]. Nachdem sich mit dem Tiefdruckgebiet *Viola* eine Vb-ähnliche Situation ausgebildet hatte, entwickelte sich ein großräumiges Regengebiet, das über viele Stunden hinweg nahezu ortsfest über der Region Sächsische Schweiz/ Osterzgebirge verblieb und insbesondere am 6. und 7. August Hochwasser auslösende Starkniederschläge brachte [18]. Zusätzlich wurden die Niederschläge durch Schauer und Gewitter verstärkt. Abbildung 2 zeigt die räumliche Verteilung der Tagesniederschläge in Sachsen für den 6. und 7. August [25].



**Abb. 2:** Räumliche Verteilung der Niederschläge in Sachsen [25]

Der zweite Abschnitt der Hochwasserserie ereignete sich Mitte August. Im Verlauf des 15. August und in der Nacht zum 16. August zog die Kaltfront eines Tiefs zügig über Sachsen nach Norden, wobei es insbesondere im Südosten Sachsens (Region um Chemnitz) zu kräftigen Schauern und Gewittern mit erneut Hochwasser auslösenden Starkniederschlägen kam [18].

Ende September entwickelte sich mit *Genuatief Lya* der dritte Abschnitt der Hochwasserserie. Am Boden setzte eine entsprechend Vb-artige Entwicklung mit anhaltenden Niederschlägen ein. Vom 25. bis zum 28. September bildete sich auf der Westseite der Luftmassengrenze ein großräumiges, dauerhaftes und intensives Regenband, das von Österreich über Tschechien und Sachsen hinweg bis zur Ostsee reichte [18]. In Sachsen waren dabei besonders die Westlausitz und die Großenhainer Pflege betroffen.

#### 4.1.2 Hydrologische Auswertung

Die Bestimmung der Wiederkehrintervalle der Hochwasserscheiteldurchflüsse  $HQ(T)$  vom August 2010 an den Pegeln der betreffenden Fließgewässer erfolgte unter Verwendung der Allgemeinen Extremwertverteilung (AE). Als Schätzmethode für deren Parameter wurde die wahrscheinlichkeitsgewichtete Momentenmethode (WGM) genutzt. Die statistische Einordnung der Scheitelwerte erfolgte sowohl in Bezug auf die HQ-Reihen bis 2008 (DHI-WASY 2010) als auch in Bezug auf die HQ-Reihen bis 2011 (DHI-WASY 2012), die das Hochwasser 2010 einschließen [25].

Mit dieser Gegenüberstellung kann abgeschätzt werden, in welchem Maße das Hochwasserereignis von 2010 eine Änderung der pegelspezifischen Hochwasserstatistik bewirkte. So kommt es durch die Einbeziehung der Hochwasserereignisse in die Hochwasserstatistik (HQ-Reihen bis 2011) gegenüber der Einordnung auf Basis der Reihen bis 2008 für den Großteil der betrachteten Pegel zu einer deutlichen Verringerung des statistischen Wiederkehrintervalls des jeweiligen Hochwasserscheitelabflusses [25].

In den Einzugsgebieten der Nebenflüsse der Oberen Elbe im Gebiet der Sächsischen Schweiz ergaben sich Wiederkehrintervalle von zwischen  $T = 25a$  und  $T = 200a$  (Reihe bis 2011). Ohne Einbezug des Ereignisses 2010 lagen hier die Wiederkehrintervalle dagegen zwischen  $T = 50a$  und  $T = 500a$  [25]. Tabelle 3 stellt die Werte zusammen.

**Tabelle 3** Statistische Einordnung der maximalen Scheitelwerte für ausgewählte Gewässer der oberen Elbe im Landkreis Sächsische-Schweiz/ Osterzgebirge

Gewässer	Pegel	max. Abfluss HQ [m³/s]	Zeitpunkt	Wiederkehrintervall T [a]	
				Reihe bis 2008	Reihe bis 2011
Kirnitzsch	Buschmühle	59,9	07.08.10 18:15	> 500	100-200
Kirnitzsch	Kirnitzschtal	96,0	07.08.10 21:30	> 500	200-500
Lachsbach	Porschdorf 1	116,0	08.08.10 00:15	200-500	100-200
Sebnitz	Sebnitz 2	42,0	07.08.10 21:15	50-100	100
Polenz	Neustadt 1	20,3	07.08.10 20:30	25-50	25-50
Biela	Bielatal 1	23,7	07.08.10 16:00	100-200	50-100
Cunnersdorfer Bach	Cunnersdorf 1	11,9	07.08.10 17:15	50-100	25-50
Wesenitz	Elbersdorf	57,6	16.08.10 03:45	20-25	20



### 4.1.3 Schadensprozesse

Die hohen Abflüsse verursachten vielfältige Schadensprozesse, die infolge der Größe des betroffenen Gebietes unterschiedlich ausgeprägt waren. So dominierten im Bergland bedingt durch extreme Wasserstände und hohe Fließgeschwindigkeiten Erosionsprozesse, die eine Vielzahl an Uferbefestigungen und gewässernaher Infrastruktur, Brücken sowie Gebäude zerstört bzw. beschädigt haben [18].

Von den Hochwasserereignissen im August 2010 waren vor allem die Kirnitzsch, die Polenz, die Sebnitz, der Lachsbach und die Biela als Nebenflüsse der Oberen Elbe betroffen [25]. Im September traten in diesem Gebiet keine nennenswerten Hochwasser auf. Die Überschwemmungen im Gebiet der Sächsischen Schweiz waren durch einen sehr schnellen Anstieg des Wasserstandes und durch große Mengen wild abfließenden Wassers gekennzeichnet. Von den Überschwemmungen war das Kirnitzschtal am Stärksten betroffen. Ein weiterer Schadensschwerpunkt war die Stadt Sebnitz. Ebenso war die Ortslage Königstein von Überschwemmungen durch die Biela stark betroffen.

Zu Ablagerungen von Geröll, Steinen, Sand und Schlamm kam es beim Hochwasser im August 2010 vor allem in den Gebirgsflüssen der Landkreise Sächsische Schweiz-Osterzgebirge. Hier waren besonders die Kirnitzsch, Sebnitz sowie der Bonnewitzer Bach betroffen [25]. Das abgelagerte Material stammte dabei teilweise aus den Gewässerbetten selbst sowie von durch die Wassermassen zerstörten Bauwerken, Wegen und Straßen.

Zusätzlich wurden in den Niederschlagszentren erhebliche Schäden durch oberflächlich abfließendes Wasser, sogenanntes wild abfließendes Wasser, verursacht. Besonders gefährdete Bereiche waren bzw. sind große geneigte und intensiv genutzte Landwirtschaftsflächen.

Die Felssturzdatenbank des LfULG weist für das Jahr 2010 elf Rutschungen bzw. Muren aus, wovon neun dem Niederschlagsgeschehen im August zugeordnet werden können [25]. Räumlich traten diese Prozesse ausschließlich im Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge, speziell im Elbtal sowie seinen Seitentälern auf. Eine Besonderheit stellen die Murgänge in Bereichen ehemaliger Steinbruchhalden dar. Die Geländeformen der vorderen Sächsischen Schweiz sind durch flach geneigte Hochflächen, darin eingeschnittene „canyonartige“ Täler und herausragende Einzelberge charakterisiert. Die Hochflächen, die durch einen hohen Lößanteil sehr fruchtbare Böden aufweisen und deshalb meist bis an die Hangkanten heran als Ackerflächen genutzt werden, sind bei Starkregenereignissen die Quelle von großen Mengen Oberflächenabfluss, der sich dann in Mulden sammelt und konzentriert über die Hangkanten in die Steilhänge bzw. Steinbruchhalden fließt. Das bewirkt an diesen Stellen die Hangdestabilisierung.

#### 4.1.4 Einsatzberichte der Feuerwehr Pirna

Nachfolgend sind die veröffentlichten Einsatzberichte der Feuerwehr Pirna [14] kurz zusammengefasst.

➤ **Hochwasser nach Starkregenereignis am 07.08.2010<sup>3</sup>**

Lang anhaltende Regenfälle über dem Gebiet der Sächsischen Schweiz ließen in kürzester Zeit die Nebenflüsse der Elbe anschwellen. Die Pegel erreichten stellenweise Alarmstufe 2. Eine verstärkte Kontrolle der Brücken machte sich erforderlich, um angeschwemmtes Treibgut zu beseitigen. Auch der Pegel der Elbe steigt in kurzer Zeit und erforderte entsprechende Maßnahmen, die in den Unterlagen zur Hochwasserabwehr der Stadt Pirna festgelegt sind. Insgesamt musste die Feuerwehr Pirna am Wochenende insgesamt 52 Einsätze zur Schadensabwehr bewältigen.

➤ **Hochwasser nach Starkregenereignis am 16.08.2010<sup>4</sup>**

Ein Gewitter mit anhaltendem Starkregen verursachte in Pirna erhebliche Schäden. Für die Feuerwehr Pirna begann der erste Einsatz am Montag gegen 01.10 Uhr. Dutzende Einsatzaufträge mussten dabei in den ersten Stunden koordiniert werden. Einsatzschwerpunkte waren die Altstadt, Copitz, Birkwitz und Graupa sowie die Ortslagen Bonnewitz und Liebethal. Insbesondere Hanglagen waren durch Erdrutsche bzw. Überschwemmungen von kleineren Nebenflüssen besonders betroffen. Aber auch im „flachen“ Land gab es teilweise verheerende Schäden, da die Kanalisation die Unmengen von Wasser nicht mehr aufnehmen konnte. Das Starkregenereignis der vorangegangenen Woche führte zu sehr hohen Vorfeuchtebedingungen, so dass eine nahezu vollständige Sättigung des Bodens erreicht war und eine Versickerung demnach nicht mehr oder nur sehr eingeschränkt stattfand.

Innerhalb der ersten 24 Stunden wurden von den Einsatzkräften 102 Schadensbeseitigungen registriert. An den beiden folgenden Tagen mussten 15 weitere Einsätze zur Beseitigung der Schäden absolviert werden.

➤ **Hangrutschungen nach Starkregenereignis am 26./27.09.2010<sup>5</sup>**

Lang anhaltende Regen bzw. Starkregen führten am 26. September erneut zu Schlamm- und Geröllabgängen. Erneut war an der Bahnunterführung des Elberadweges in Obervogelgesang ein Erdrutsch, der letzte war erst Anfang August, abgegangen und führte zur Sperrung des Elberadweges.

Am 27. September wird gegen 12:40 Uhr von einem Grundstück in Pirna Jessen, Wesenitzleite ein Hangabrutsch gemeldet, der nach einer Begutachtung durch die Feuerwehr mit dem Grünflächenamt keine Gefährdung darstellt. Gegen 19:40 Uhr kommt die nächste Meldung über einen Erdrutsch in Pirna Jessen, Wesenitzleite. Hier übernimmt das THW nach einer Begutachtung mit der Feuerwehr die weitere Gefahrenabwehr.

Ein weiterer Erdrutsch wird am 28. September gegen 15:15 Uhr, diesmal in Pirna Mocketal, Arthur-Thiermann-Straße, gemeldet. Neben der Feuerwehr und dem THW sind zusätzlich Kräfte des Ordnungsamtes Pirna vor Ort. Auch hier übernimmt das THW die Notsicherung des Grundstückes.

<sup>3</sup> Quelle: [http://feuerwehr.pirna.de/Wassereinbruch\\_nach\\_Starkregen\\_Pirna.460d392/](http://feuerwehr.pirna.de/Wassereinbruch_nach_Starkregen_Pirna.460d392/)

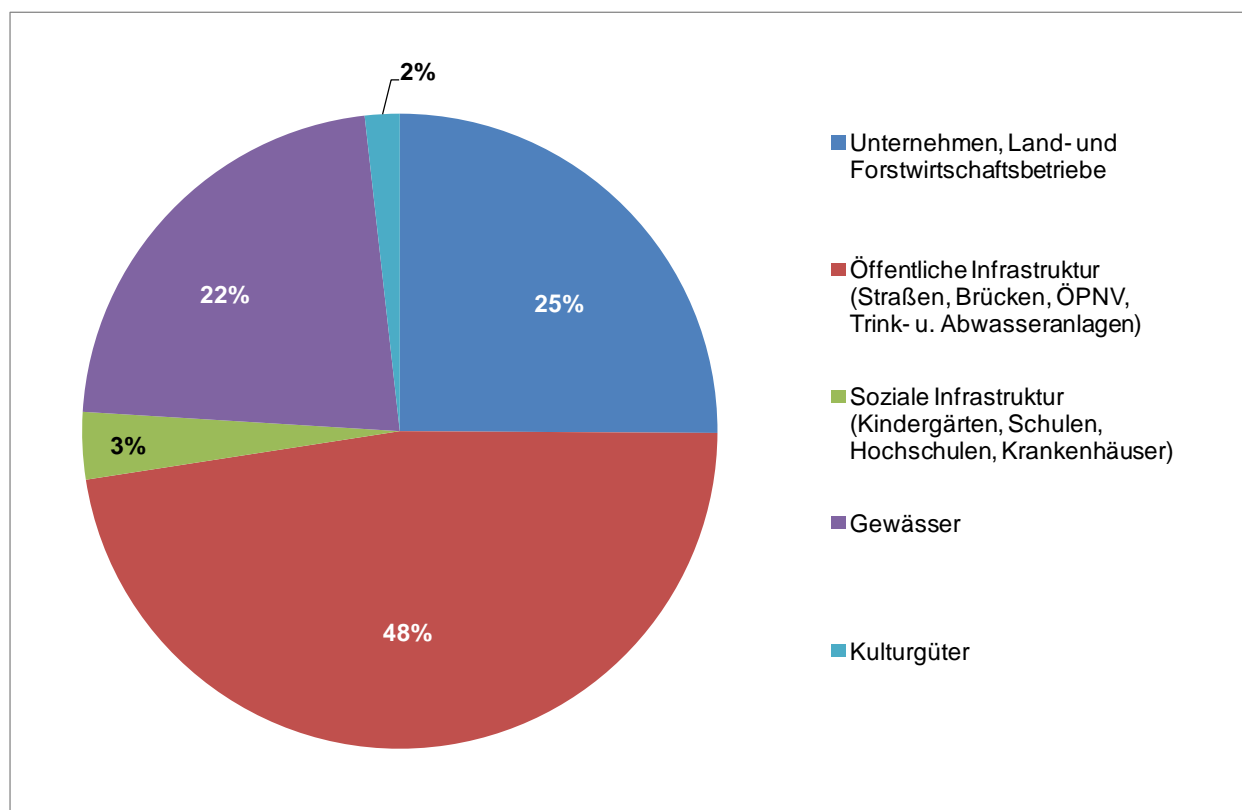
<sup>4</sup> Quelle: [http://feuerwehr.pirna.de/Neue\\_ueberschwemmungen\\_in\\_Pirna\\_verursachen\\_erhebliche\\_Schaeden.460d393/](http://feuerwehr.pirna.de/Neue_ueberschwemmungen_in_Pirna_verursachen_erhebliche_Schaeden.460d393/)

<sup>5</sup> Quelle: [http://feuerwehr.pirna.de/Hang\\_droht\\_abzurutschen.460d413/](http://feuerwehr.pirna.de/Hang_droht_abzurutschen.460d413/)

#### 4.1.5 Schadensbilanz

##### *Freistaat Sachsen*

Insgesamt wurden die durch das Hochwasser im August und September 2010 verursachten Schäden auf etwa 850 Mio. Euro geschätzt [25]. Davon entfielen 73 % auf die Risikogruppe Umwelt (Öffentliche- und soziale Infrastruktur, Gewässer), 25 % auf Unternehmen also die wirtschaftliche Tätigkeit und etwa 2 % auf Kulturgüter. Über Schäden oder sogar Todesfälle an Leib und Leben also die menschliche Gesundheit ist nichts bekannt.



**Abb. 3:** Durch das Hochwasser 2010 verursachte Schäden in Sachsen

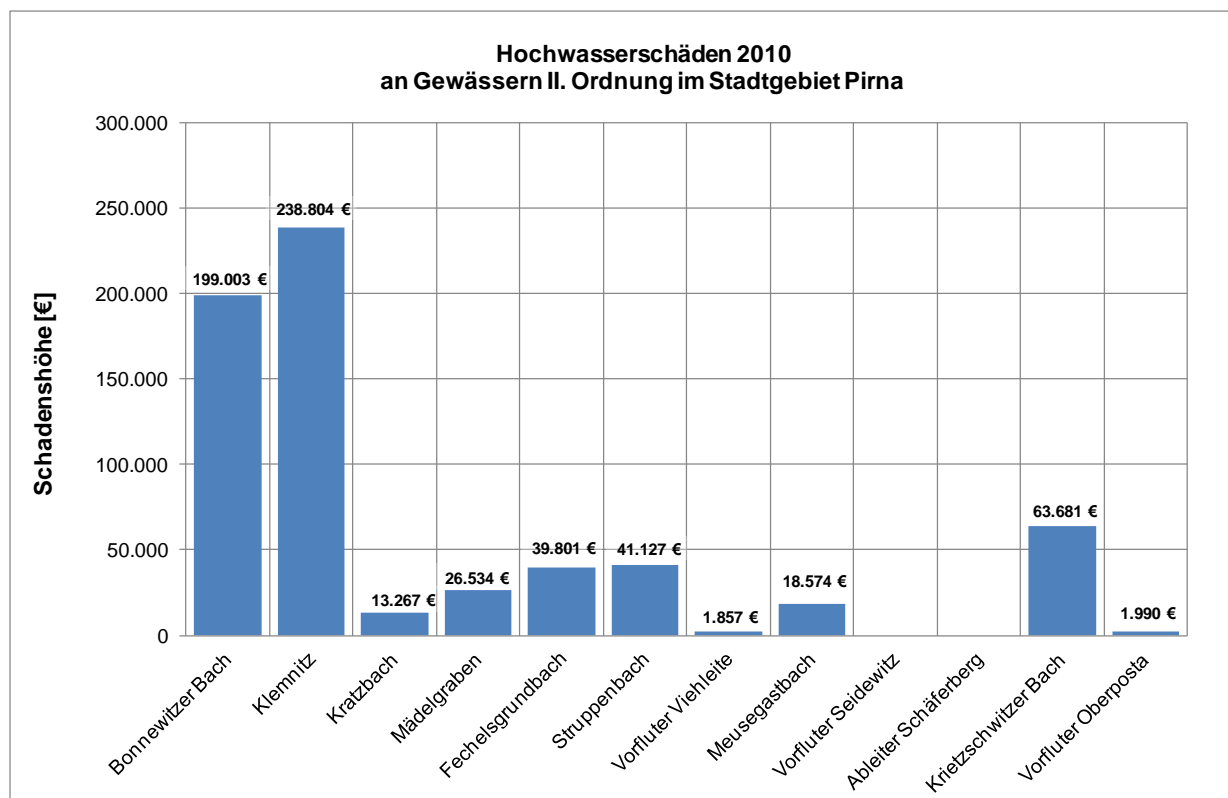
Betrachtet man allein die Schäden an den Gewässern I. und II. Ordnung im Freistaat Sachsen so ergibt sich eine Schadenssumme von 189 Mio. Euro, wovon etwa 60 % = 111 Mio. Euro den Gewässern I. Ordnung und etwa 40 % = 78 Mio. Euro den Gewässern II. Ordnung zuzuordnen sind [25]. Auf die vom Hochwasser betroffenen Nebenflüsse der Elbe entfallen Schäden in Höhe von 36 Mio. Euro [25].

##### *Stadt Pirna*

Durch die Stadtverwaltung Pirna wurden die gemeldeten Schäden für die zu untersuchenden Gewässer II. Ordnung innerhalb des Stadtgebietes mit dem bestätigten Maßnahmenplan für das Hochwasser 2010 übergeben [9].

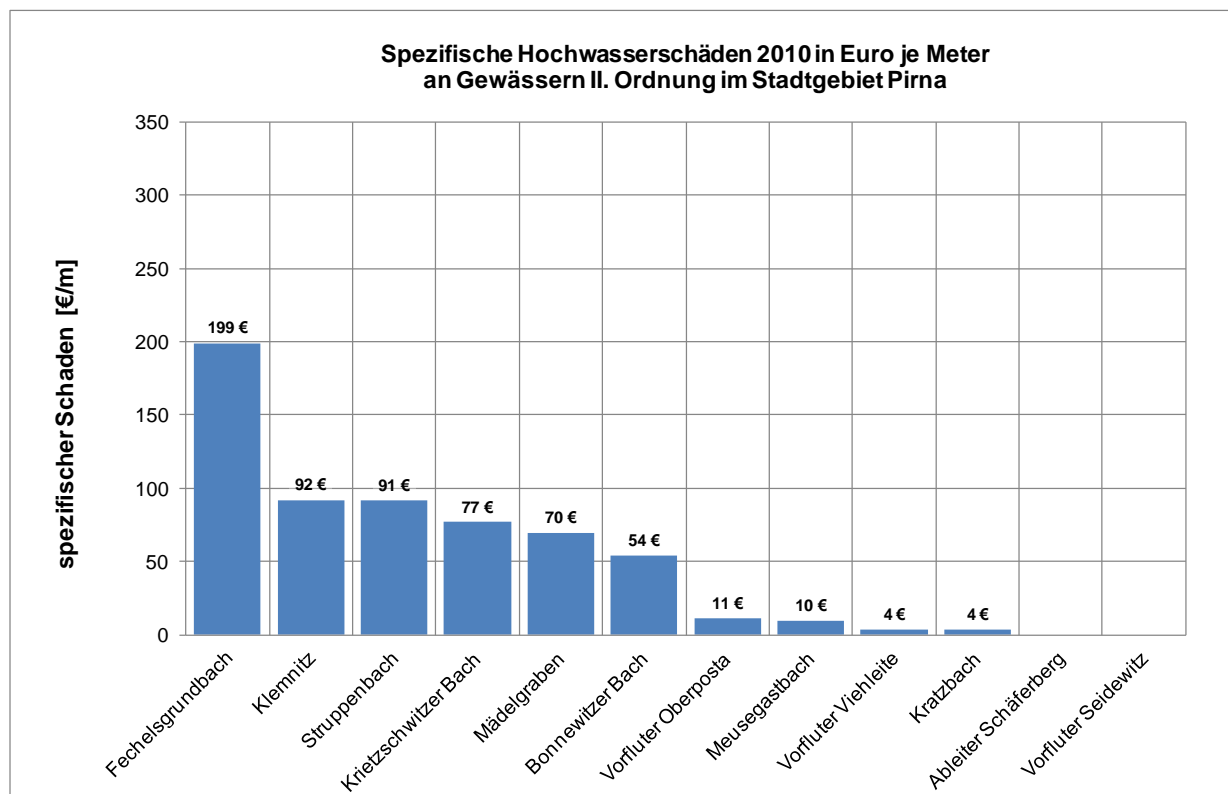
Darin werden für die in Tabelle 1 genannten Gewässer, **Schäden in Höhe von 645.000 Euro** ausgegeben. Die Schadenshöhe ist für die jeweiligen Gewässer in Abbildung 4 grafisch aufgetragen. Die größten Schäden wurden demnach am Bonnewitzer Bach mit knapp 200.000 Euro und der Klemnitz mit rund 240.000 Euro verzeichnet. Für den Ableiter im Eichgrund (Schäferberg) sowie den Vorfluter Seidewitz wurden keine Schadenszahlen benannt.

Die durch den Teichgrundbach verursachten Schäden wurden in der Datenaufbereitung nicht berücksichtigt, da hier ein Murengang im Bereich des ehemaligen Sandsteinbruches stattfand und dieser Schaden nicht direkt dem Gewässer II. Ordnung zuzuordnen ist. Die Kosten für die Baumaßnahmen der Murensicherung beliefen sich auf insgesamt 410.000 Euro [13].



**Abb. 4:** Hochwasserschäden 2010 an Gewässern II. Ordnung in Pirna

In Abbildung 5 sind die spezifischen Schadenszahlen in Euro je laufenden Meter Fließgewässer ausgegeben, um die Zahlen innerhalb des Stadtgebietes Pirna vergleichbarer zu machen. Es ergibt sich ein Maximalwert von 200 €/m für den Fechelsgrundbach sowie ein über alle betroffenen Gewässer **mittlerer spezifischer Schaden von 60 €/m**.



**Abb. 5:** Spezifische Hochwasserschäden 2010 an Gewässern II. Ordnung in Pirna

## **4.2 Hochwasser Juni 2013**

### **4.2.1 Meteorologische Ursachen**

Die Ursache für die Entstehung des Hochwasserereignisses 2013 liegt in der Ende Mai/ Anfang Juni vorherrschenden Großwetterlage, bei der die zwei unmittelbar aufeinander folgenden Tiefdruckgebiete „Frederik“ und „Günther“ die Witterungsbedingungen bestimmten [19]. Die Großwetterlage wird vom Deutschen Wetterdienst als Tief Mitteleuropa eingestuft. Dabei handelt es sich nicht um eine Wetterlage, wie sie klassischerweise mit Vb-Zyklonen assoziiert ist und beispielsweise die Hochwasserereignisse von 1997 an der Oder und 2002 an der Elbe verursachte, sondern um einen Vb-ähnlichen Typ [19].

### **4.2.2 Räumliche Verteilung der Niederschläge**

Im Zeitraum vom 29. Mai bis 4. Juni 2013 wurden in Sachsen sehr heterogene Niederschlagsmengen registriert [19]. Generell lässt sich eine Zunahme der Niederschläge von Norden nach Süden feststellen, die durch die Zunahme der Höhe und die damit verbundenen orographischen Effekte bedingt ist [19]. Dies trifft insbesondere auf das Erzgebirge zu, wo sich zwei Schwerpunkte identifizieren lassen.

Schwerpunkt 1 befand sich im Osterzgebirge mit dem Zentrum im Bereich der Messstation Rechenberg-Bienenmühle-Holzau [19]. Das Schwerpunktgebiet erstreckt sich über die oberen Einzugsgebiete von Freiburger Mulde, Flöha und Weißeritz.

Schwerpunkt 2 befand sich im Westerzgebirge mit einem Maximum an den Messstationen Stützengrün-Hundshübel und Eibenstock-Talsperre sowie einem zweiten Maximum an der Messstation Stollberg-Gablenz im Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde und ihrer Zuflüsse [19].

Der Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten des Monats Juni zeigt, dass an vielen Stationen innerhalb von sieben Tagen die doppelte mittlere Monatsmenge erreicht und zum Teil sogar überschritten wurde.

### **4.2.3 Zeitliche Verteilung der Niederschläge**

Nach einem ersten kleineren Maximum am 30. Mai und nachlassenden Niederschlägen am 31. Mai folgten am 1. Juni wieder sehr ergiebige Regenfälle, die bis zum 2. Juni andauerten [19]. An der Station Rechenberg-Bienenmühle-Holzau wurden dabei allein mit den Niederschlägen vom 1. Juni die langjährigen Monatssummen überschritten [19]. Im Vergleich mit den KOSTRA-Werten liegt die Station ebenso wie die Station Stützengrün-Hundshübel unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bei langen Wiederkehrintervallen im Bereich eines hundertjährigen Niederschlagsereignisses [19].

Die zeitliche Verteilung wirkt sich zwangsläufig verschärfend auf die Hochwassersituation aus, dass die Niederschläge am 1. und 2. Juni auf Böden fallen, die bereits durch den Vorregen am 30./31. Mai vorgesättigt wurden und dementsprechend nur noch wenig Wasser aufnehmen können [19]. Hinzu kommt, dass bereits in den Wochen vor dem eigentlichen Ereignis ergiebige Niederschläge gefallen waren, sodass beim Einsetzen der letztlich hochwasserauslösenden Regenfälle insgesamt von einer sehr hohen Bodenvorfeuchte auszugehen ist [19].

In der Niederschlagsverteilung liegt auch ein wesentlicher Unterschied zum Hochwasserereignis vom August 2002 im Erzgebirge. Obwohl 2002 Vorereignisse Anfang August ebenfalls zu einer erhöhten Bodenfeuchte führten, fielen in den Tagen unmittelbar vor dem Ereignis 2002 im Erzgebirge weniger Niederschläge als 2013 [20]. Für 2013 muss deshalb von einer deutlich höheren Vorfeuchte ausgegangen werden. Obwohl das Ereignis 2002 insgesamt kürzer ausfiel wurden sowohl höhere Niederschlagssummen als auch höhere Intensitäten gemessen [20].

#### 4.2.4 Schadensbilanz

##### **Bundesrepublik**

Auch wenn bisher noch nicht alle Schäden bilanziert wurden, wird der gesamtwirtschaftliche Schaden für die Bundesrepublik Deutschland auf etwa 10 Mrd. Euro geschätzt [24]. Davon entfallen 6,66 Mrd. Euro auf die Bundesländer und 1,33 Mrd. Euro auf den Bund. Die Versicherungswirtschaft wird mit rund 2 Mrd. Euro belastet. Der Freistaat Sachsen ist mit insgesamt 1,922 Mrd. Euro (Stand November 2013) betroffen [24].

Dagegen hat das Hochwasserereignis vom August 2002 in Europa Schäden in Höhe von 18,5 Mrd. Euro verursacht. Davon entfielen allein auf Deutschland 9,2 Mrd. Euro, wovon im Freistaat Sachsen etwa 80 %, also ca. 7,5 Mrd. Euro verzeichnet wurden [26]. Der Vergleich mit 2002 zeigt für Deutschland eine annähernd gleiche Schadenssumme, aber für den Freistaat Sachsen einen deutlich größeren finanziellen Schaden als 2013.

##### **Freistaat Sachsen**

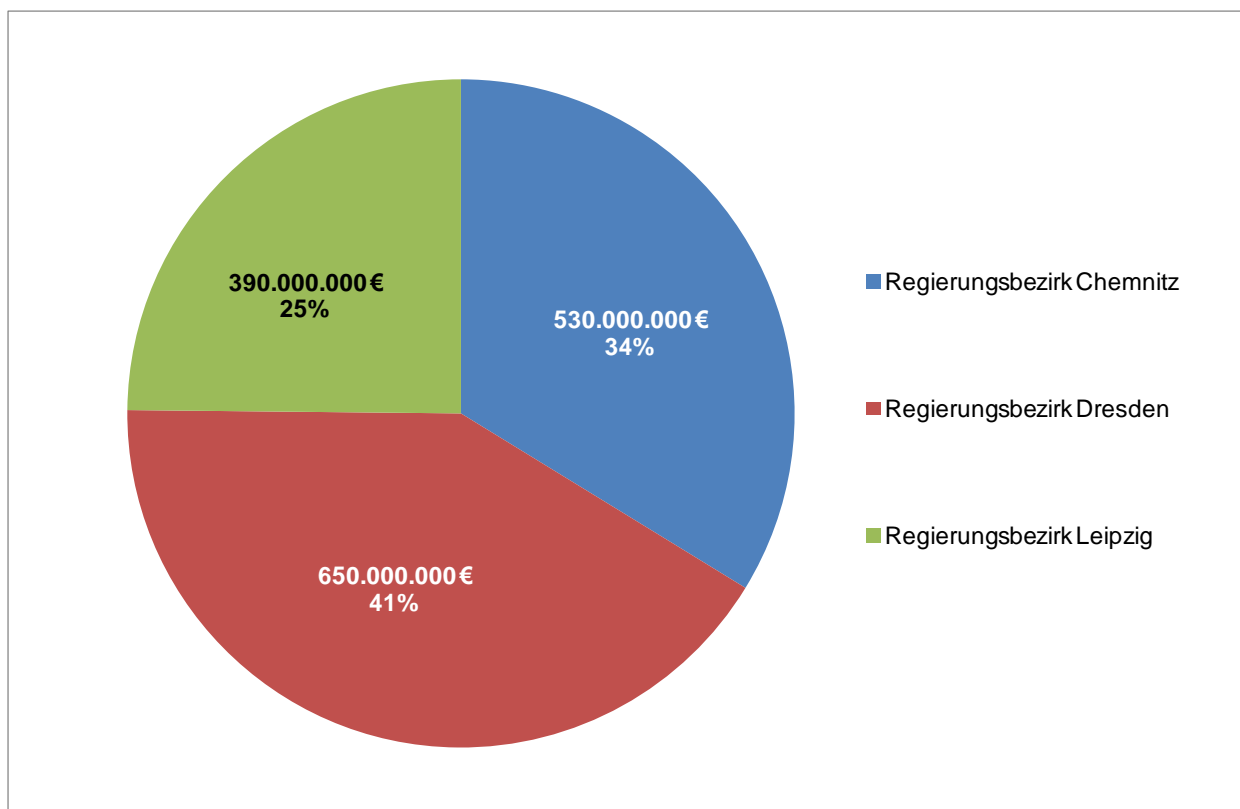
Die größten Schäden sind mit 415 Mio. Euro an Hochwasserschutzanlagen und Gewässern entstanden. Die Schäden an privaten Gebäuden belaufen sich auf 406 Mio. Euro, die Schäden an Straßen und Brücken auf 402 Mio. Euro sowie für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft auf 262 Mio. Euro. Insgesamt sind der Landesdirektion Sachsen bis Ende Juni 2013 Schäden in Höhe von 1,884 Mrd. Euro gemeldet worden<sup>6</sup>. Auf jeden Einwohner Sachsens entfällt damit durchschnittlich ein Schaden in Höhe von 456 Euro.

Die regionale Verteilung der Schäden ist in Tabelle 4 enthalten. Abbildung 6 zeigt dagegen die Verteilung nach Regierungsbezirken.

**Tabelle 4** Verteilung der Hochwasserschäden 2013 nach Kommunen (Stand 27.06.2013)

Landkreis	Schäden in Euro	Anteil
Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	250 Mio. €	16%
Landkreis Leipzig	250 Mio. €	16%
Landkreis Mittelsachsen	230 Mio. €	15%
Landkreis Meißen	190 Mio. €	12%
Landeshauptstadt Dresden	140 Mio. €	9%
Landkreis Zwickau	130 Mio. €	8%
Landkreis Nordsachsen	130 Mio. €	8%
Erzgebirgskreis	110 Mio. €	7%
Landkreis Görlitz	40 Mio. €	3%
Vogtlandkreis	40 Mio. €	3%
Landkreis Bautzen	30 Mio. €	2%
Stadt Chemnitz	20 Mio. €	1%
Stadt Leipzig	10 Mio. €	1%
<b>SUMME</b>	<b>1.570 Mio. €</b>	<b>100%</b>

<sup>6</sup> Quelle: [http://www.lids.sachsen.de/index.asp?ID=6312&art\\_param=586](http://www.lids.sachsen.de/index.asp?ID=6312&art_param=586)



**Abb. 6:** Verteilung der Hochwasserschäden 2013 nach Regierungsbezirken (Stand 27.06.2013)

### **Landkreise**

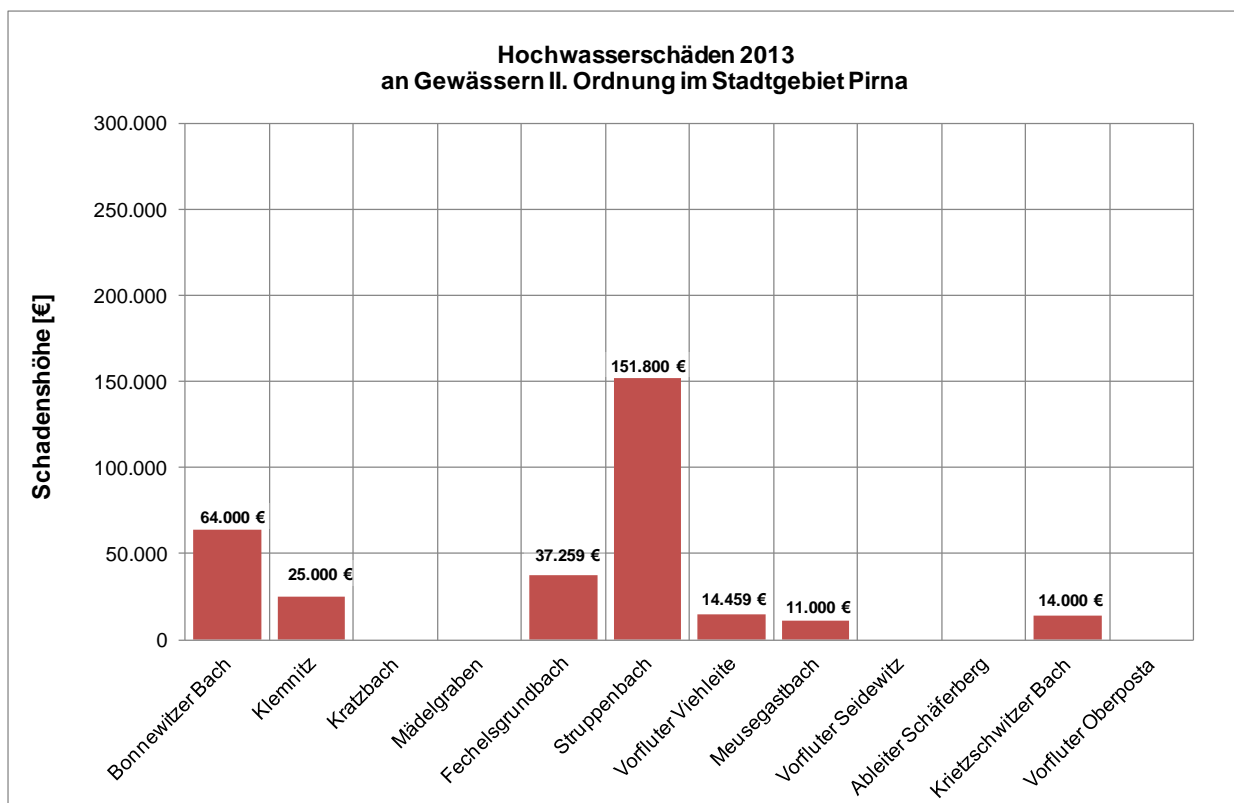
Der Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge hat am 31. August 2013 fristgerecht die Prüfung der Wiederaufbaupläne für die kreisangehörigen Gemeinden und kreisinternen Zweckverbände nach dem Junihochwasser 2013 abgeschlossen und die Planentwürfe der Sächsischen Staatskanzlei vorgelegt. Insgesamt hat das Landratsamt 1.064 Einzelmaßnahmen zum nachhaltigen Wiederaufbau der öffentlichen Infrastruktur mit einem Gesamtvolumen von 169,2 Mio. Euro auf Plausibilität geprüft. An der Prüfung haben die Fachressorts des Landratsamtes sowie externe Ingenieurbüros mitgewirkt. Sie haben die Plausibilität der Anträge, den Zusammenhang mit dem Hochwasser 2013 und die Nachhaltigkeit des Wiederaufbaus untersucht.

### **Stadt Pirna**

Die Stadt Pirna meldete bis zum 31.07.2013 gemäß der Richtlinie Hochwasser 2013 Gesamtschäden i. H. v. 69 Mio. Euro [12]. Die vorläufige Bilanz für Hochwasserschutzanlagen und alle Gewässer II. Ordnung beträgt insgesamt 1,75 Mio. Euro [12].

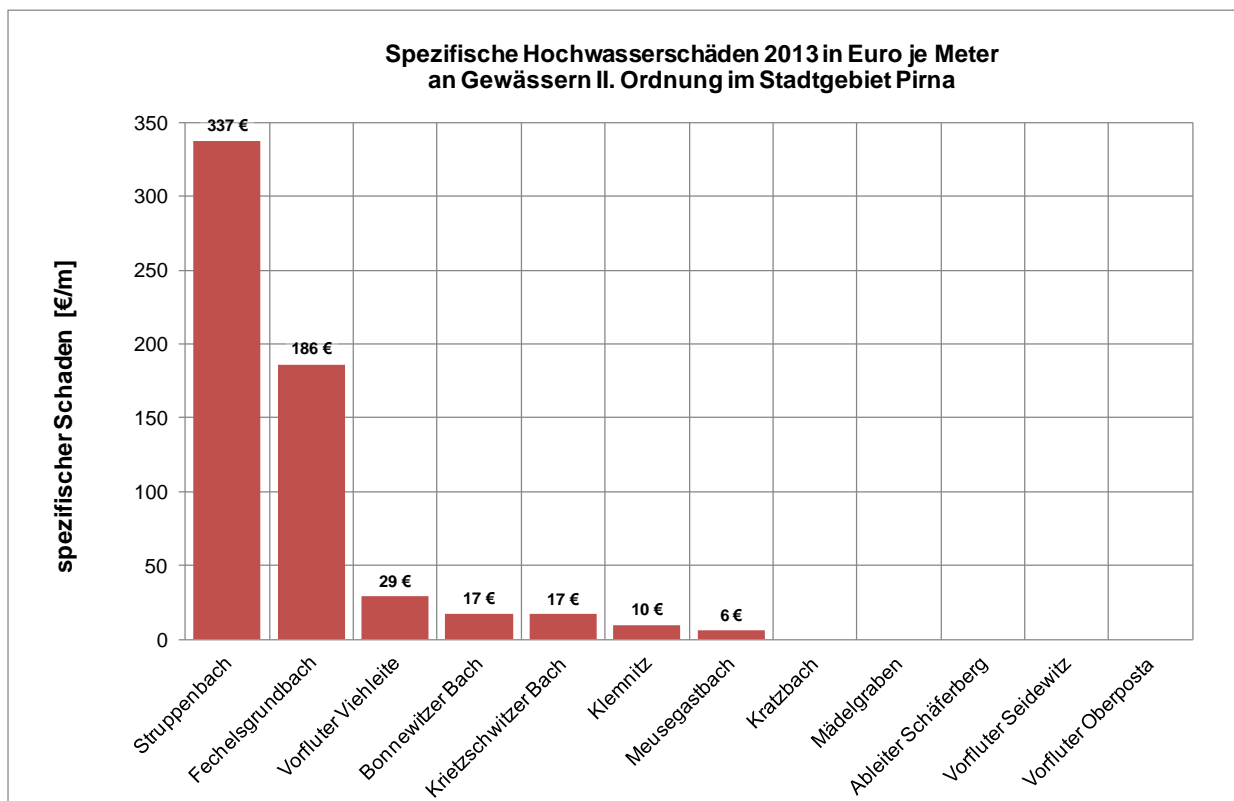
Durch die Stadtverwaltung Pirna wurden die Schäden für die nach Tabelle 1 zu untersuchenden Gewässer übergeben [8]. Darin werden **Schäden in Höhe von 1,5 Mio. Euro** ausgegeben. Die Schadenshöhe ist mit Ausnahme des Teichgrundbaches für die jeweiligen Gewässer in Abbildung 7 grafisch aufgetragen. Danach wurden die größten Schäden mit rund 150.000 Euro am Struppenbach sowie mit knapp 65.000 Euro am Bonnewitzer Bach verzeichnet. Für den Kratzbach, den Mädelgraben sowie die Ableiter Schäferberg, Vorfluter Seidewitz und Vorfluter Oberposta wurden 2013 keine Schäden gemeldet.

Ausgenommen hiervon ist der Teichgrundbach, der als Ausreißer nicht berücksichtigt wurde, da hier Gesamtschäden von 1,2 Mio. Euro gemeldet wurden, die sich zu Jahresscheiben mit 20.000 Euro für 2013, 500.000 Euro für 2014 und 680.000 Euro für 2015 aufteilen. Dabei handelt es sich aber zum Teil noch um Renaturierungsmaßnahmen für das bereits 2010 durch den Murenabgang stark beschädigte Gewässer.



**Abb. 7:** Hochwasserschäden 2013 an Gewässern II. Ordnung in Pirna

In Abbildung 8 sind die spezifischen Schadenszahlen in Euro je laufenden Meter Fließgewässer ausgegeben. Es ergibt sich ein Maximalwert von knapp 350 €/m für den Struppenbach sowie ein über alle betroffenen Gewässer **mittlerer spezifischer Schaden von 100 €/m**.



**Abb. 8:** Spezifische Hochwasserschäden 2013 an Gewässern II. Ordnung in Pirna



## 5 Schadensprozesse

### 5.1 Überschwemmung

Die Ursachen für Überschwemmungen sind hohe Abflüsse, die die Leistungsfähigkeit des jeweiligen Gerinnes übersteigen. Andere Prozesse, wie die Verklausung von Quer- und Kreuzungsbauwerken (Wehre, Brücken, Treibholzrechen), die Ablagerung von Geschiebe bzw. Treibgut im Gewässerbett oder die Verlagerung des Gewässerbettes, können die Ausmaße der Überschwemmungen noch verschärfen. Als Beispiel sind hier der Meusegastbach (vgl. Abbildung 9) und der Struppenbach (vgl. Abbildung 10) aufgeführt.



**Abb. 9:** Überschwemmungen am Meusegastbach während des Hochwassers 2013



**Abb. 10:** Struppenbach während und nach dem Hochwasser 2013



## 5.2 Erosion

Gewässerbedingte Erosionsprozesse setzen ein, wenn die kritische Schubspannung, die sich aus der Höhe des Abflusses und Struktur der Sohlmaterialien ergibt, überschritten wird. Diese Form der Erosion beginnt in der Regel bei einer Wasserführung über Mittelwasser und steigert sich mit zunehmender Abflussmenge. Typische Erosionsschäden wie am Bonnewitzer Bach zeigt Abbildung 11. Flächenhafte Erosionsprozesse, die durch Niederschlag verursacht werden, sind keine gewässerbedingten Erosionsprozesse und werden dem wild abfließenden Oberflächenwasser zugerechnet.



**Abb. 11:** Erosionserscheinungen am Bonnewitzer Bach nach dem Hochwasser 2013

In naturnahen und überwiegend außerorts gelegenen Gewässerabschnitten können Erosionsprozesse in der Regel toleriert werden. Sie werden damit nicht als Schaden sondern als akzeptierte Gewässerentwicklung angesehen. In bebauten Gebieten hingegen können Erosionsprozesse eine deutliche Schädigung der Ufersicherung und der an das Gewässer grenzenden Flächen bzw. Bauwerke bewirken.

Folgende Haupterrosionsmechanismen lassen sich differenzieren:

- Erosion der ungesicherten Gewässersohle bzw. der der ungesicherten Böschung,
- Tiefenerosion der Gewässersohle, dadurch Ausspülung der Fundamente unzureichend tief gegründeter Bauwerke mit der Gefahr der Beschädigung bzw. des Einsturzes,
- Erosion des Bodens hinter der Ufersicherung infolge Überschwemmung oder seitlichem Über-/Umströmen, dadurch Beschädigung oder Einsturz des Bauwerkes,
- Verlegung des Fließquerschnittes mit Geschiebe bzw. Treibgut, daraufhin Ausbruch der Hauptströmung und Erosion bis zur Entstehung eines neuen Gewässerbettes.



### 5.3 Sedimentation und Übersarung

Zu Ablagerungen (Sedimentation) innerhalb des Gewässers kommt es insbesondere an Stellen mit geringer Fließgeschwindigkeit, sogenannten strömungsberuhigten Zonen.

Der Begriff „*Übersarung*“ stammt aus dem Alpenraum und beschreibt die dort nach Hochwasserereignissen häufig auftretenden flächenhaften Geschiebeablagerungen von Geröll, Steinen, Kiesen, Sanden und Schlamm außerhalb des Gewässers. Dabei kommt es meist zu einer Sortierung der Ablagerungen nach Korngrößen, die mit zunehmender Entfernung zur Austrittsstelle abnehmen. Der Prozess dauert stets nur wenige Stunden an. Ablagerungen, von denen keine Gefahr ausgeht und die Nutzungsansprüche nicht behindern, können als Ergebnis der natürlichen Gewässerentwicklung belassen werden.

Ein weiterer Prozess sind großflächige Schlammablagerungen auf längerfristig überschwemmten Flächen. Diese werden dadurch unbrauchbar bzw. sind nur eingeschränkt nutzbar. Ein Beispiel für Schlammablagerungen fanden sich 2010 am Bonnewitzer Bach (vgl. Abbildung 12). Sedimentation, Übersarung und Schlammablagerung unterscheiden sich also in ihrer Begrifflichkeit sollen aber an dieser Stelle zusammen dargestellt werden.



**Abb. 12:** Beispiel für Sedimentation (links) und Übersarung (rechts)



**Abb. 13:** Verschlammung am Bonnewitzer Bach nach dem Hochwasser 2010

---

## 5.4 Verklausung

Verklausung bezeichnet den teilweisen oder vollständigen Verschluss des Gewässerquerschnitts durch ineinander verkeiltes Treibgut, in der Regel Holz bzw. andere Ablagerungen im Überschwemmungsbereich. Je nach Örtlichkeit und Ausmaß der Verklausung kann der Gewässerquerschnitt eingengt oder komplett versetzt werden. Verklausungen können auch durchbrechen bzw. zum Bruch des verklausten Bauwerkes führen. Dabei können Wellen entstehen, die das Hochwasser unterstrom weiter verschärfen.

Besonders gefährdet sind Quer- und Kreuzungsbauwerke wie Brücken und Wehranlagen, aber auch Rohreinläufe, scharfe Krümmungen und andere Engstellen. Verklausungen können zu Rückstau von Wasser und damit zu größeren überschwemmten Flächen führen.

## 5.5 Wild abfließendes Wasser

Bei wild abfließendem Wasser handelt es sich um natürlich anfallendes Oberflächenwasser, das außerhalb eines Gewässerbettes dem natürlichen Gefälle folgend abfließt. Wild abfließendes Wasser entsteht infolge von Starkniederschlägen, lang anhaltend hohen Niederschlägen oder starker Schneeschmelze und kann auch in großer Entfernung zu einem Gewässer auftreten. Dabei besteht kaum Möglichkeit und Zeit zur Warnung. Weiterhin kommt erschwerend hinzu, dass keine Aufzeichnungen zu Fließwegen oder Wasserständen existieren.

Faktoren mit hohem Einfluss auf die Entstehung wild abfließenden Wassers sind:

- Infiltrationsvermögen des Untergrundes (z. B. wassergesättigter oder gefrorener Boden, hoch anstehendes Grundwasser),
- Oberflächenverschlammung (Krustenbildung) des Bodens,
- Gefälle- und Abflussverhältnisse des Geländes,
- Art und Weise der landwirtschaftlichen Nutzung,
- Vegetation und Bebauung des Einzugsgebietes,
- Dimensionierung und Zustand von Entwässerungssystemen und Straßengräben.

## 6 Bewertung der Hochwasserabwehrinfrastrukturen

Die Bewertung vorhandener Infrastrukturen wurde ausgehend von der vorliegenden Datengrundlage in Ergänzung mit leicht abzuleitenden Informationen durchgeführt. Es wurden im Wesentlichen Durchlass- und Brückenbauwerke hinsichtlich ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit und ihres baulichen Zustandes untersucht. Andere wasserwirtschaftliche Einrichtungen wie z.B. Feuerlöschteiche, Regenrückhaltebecken, Kaskaden etc. kommen nur bedingt vor und wurden nicht in die Betrachtung mit einbezogen. Eine Übersicht der Fließgewässer ist nochmals in **Anlage A-2** enthalten.

### 6.1 Bestimmung der statistischen Hochwasserabflüsse

Zunächst wurden die jeweiligen Gewässereinzugsgebiete anhand der topografischen Karten [17] in Verbindung mit dem vorliegenden digitalen Geländemodell [15] abgegrenzt. Anschließend wurde die Landnutzung im Einzugsgebiet nach qualitativen und quantitativen Maßstäben bestimmt. Aufgrund der Größe der Einzugsgebiete wurde nur eine grobe Unterscheidung nach bebauten Flächen (Siedlungsgebiet) und unbebauten Flächen vorgenommen. Die letzteren wurden nochmals getrennt nach landwirtschaftlich genutzten Flächen, Wald und Wiese untersucht. Die Gebietskennwerte der Teileinzugsgebiete sowie die gewählten Abflussbeiwerte<sup>7</sup> sind in **Anlage A-3** enthalten.

Das aus allen Gewässereinzugsgebieten bestehende Untersuchungsgebiet besitzt eine Gesamtfläche von 37,3 km<sup>2</sup> und lässt sich wie folgt charakterisieren:

**17 % Wald und Wiese** (Abflussbeiwert  $\psi = 0,05$ ),

**72 % Landwirtschaftsflächen** (Abflussbeiwert  $\psi = 0,20$ ),

**11 % Bebauung** (Abflussbeiwert  $\psi = 0,85$ ).

Im Anschluss wurden die hydrologischen Grundlagendaten in Form von Regenabflussspenden und Niederschlagshöhen aus dem KOSTRA-Atlas 2000 (DWD) für das Untersuchungsgebiet bestimmt. Die Regenspenden<sup>8</sup> und Niederschlagshöhen<sup>9</sup> sind in **Anlage A-4** zusammengestellt.

Der zu erwartende maximale Abfluss im Einzugsgebiet kann wie folgt ermittelt werden:

$$Q_r = \psi \cdot r_{D(n)} \cdot A_E \quad (6.1)$$

Dabei sind:

- $Q_r$  - Regenabfluss in l/s
- $\psi$  - Abflussbeiwert
- $r_{D(n)}$  - Regenspende in l/(s\*ha) für die Regendauer D und die Häufigkeit n
- $A_E$  - angeschlossene Einzugsgebietsfläche in ha.

Der so bestimmte Abfluss stellt lediglich einen Maximalwert im Mündungsbereich des Fließgewässers dar. Für jede andere zu betrachtende Stelle wurden die zugehörigen Abflüsse in Abhängigkeit der Stationierung in Bezug auf die gesamte Fließgewässerslänge interpoliert. Die Ergebnisse liegen für Dauerstufen von 5 Minuten bis 72 Stunden sowie Ereignisse von 2 mal in einem Jahr ( $T = 0,5$  a) bis 1 mal in 100 Jahren ( $T = 100$  a) vor und können der **Anlage A-5** entnommen werden.

<sup>7</sup> Der Abflussbeiwert beschreibt das Verhältnis von Abflussvolumen zu Niederschlagsvolumen und wird zur Bestimmung der abflusswirksamen Niederschlagsmenge benötigt. Der Wert kann nur zwischen 0 (vollständige Versickerung) und 1 (vollständiger Oberflächenabfluss) liegen.

<sup>8</sup> Die Regenspende wird in [l/s\*ha] angegeben.

<sup>9</sup> Die Regenhöhe wird in [mm] angegeben. 1 mm Regenhöhe entspricht 1 l/m<sup>2</sup>.

## **6.2 Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der baulichen Infrastruktur**

### **6.2.1 Rohrleitungen und Durchlässe**

Die an den Gewässern vorkommenden baulichen Infrastrukturen (Brücken, Stege, Durchlässe, Verrohrungen) wurden anhand einfacher Methoden messtechnisch aufgenommen. Dazu wurden die lichten Abmessungen (Kreis-, Rechteckprofil) und Rohrmaterialien bestimmt. Eine Vermessung aller Fließgewässer bzw. zumindest für die in Siedlungsgebieten relevanten Bereiche war im Rahmen dieser Bearbeitung nicht Leistungsgegenstand.

Zur Bestimmung der hydraulischen Leistungsfähigkeit war eine einfache Abflussberechnung notwendig. Dazu wurde die Software PipeCalc<sup>10</sup> verwendet. Die Ergebnisse werden neben dem Abfluss-/ Rohrquerschnitt und der Gerinnerrauheit u.a. auch maßgeblich vom Sohlgefälle bestimmt. Belastbare Angaben hierzu waren nicht möglich und wurden daher anhand der mittleren Sohlgefälle der Fließgewässer abgeschätzt. Im Ergebnis wurden maximale Abflusskapazitäten bestimmt, die auch als hydraulische Leistungsfähigkeit bezeichnet wird. Der Vergleich mit den nach Abschnitt 6.1 bestimmten Abflussmengen im Einzugsgebiet ist in **Anlage A-5** enthalten.

### **6.2.2 Speicherbecken**

#### ***Regenrückhaltebecken „Am Schloßpark“ (Mädelgraben)***

Im Einzugsgebiet des Mädelgrabens wurde im Jahr 2013 durch die Stadtwerke Pirna mit dem Bau eines neuen Regenrückhaltebeckens (RRB) begonnen. Die Arbeiten sollen voraussichtlich 2014 abgeschlossen sein. Die technischen Angaben zum Bauwerk sowie Informationen zum Speicherverhalten der Anlage (Zu-/Abfluss, Speichervolumen) wurden bei den Stadtwerken Pirna am 25.10.2013 schriftlich angefragt.

Das Becken wird auf dem ehemaligen Gelände der Lagerhallen „Am Schloßpark“ errichtet und ist ausschließlich für die Aufnahme und Speicherung von Regenwasser aus dem bestehenden Trennsystem des Wohngebietes *Pirna Sonnenstein* vorgesehen. Laut Aussage von Frau Merz (Stadtwerke Pirna) besteht keine Verbindung zum Oberflächenwasserkörper Mädelgraben, wonach eine hydraulische Beeinflussung sowie eine daraus notwendige Überprüfung ausgeschlossen werden kann.

#### ***Trinkwasserschutzzone an der S 177 (Bonnewitzer Bach)***

Ein weiterer Retentionsraum befindet sich am Bonnewitzer Bach in der Ortslage Bonnewitz zwischen der Wohnbebauung am Bonnewitzer Rundling und der Staatsstraße 177 (vgl. **Anlage B-1**, Bild 12 bis 14). Teile des Geländes im Bereich nordwestlich der S 177 sind stark mit Röhricht bewachsen, was auf ein stehendes Gewässer (Teich) schließen lässt. Außerdem ist dieser Bereich als Trinkwasserschutzzone ausgewiesen. Über die Retentions- bzw. Rückhaltewirkung bei Hochwasser ist nichts bekannt.

#### ***Feuerlöschteich in Liebenthal (Klemnitz)***

Der am Liebenthaler Markt befindliche Feuerlöschteich (vgl. **Anlage B-2**, Bild 17 bis 19) ist nach starken Beschädigungen durch das Hochwasserereignis von 2010 vollständig instandgesetzt worden. Der Teich ist i. M. etwa 1,50 m tief und weist eine Grundfläche von etwa 24 x 8 m auf. Das Speichervolumen wird unter Berücksichtigung einer 10%igen Sicherheit auf 260 m<sup>3</sup> geschätzt.

Der Abfluss aus dem Teich kann durch ein Hubschütz (Schütztafel aus Holz) kontrolliert gesteuert werden. Die Abgabe erfolgt über eine unter dem Liebenthaler Markt verlaufende Betonrohrleitung (DN 1000).

<sup>10</sup>

PipeCalc2: Hydraulische Dimensionierung von Abwasserkanälen und -leitungen nach ATV-DVWK-A 100, Version 2.081 vom 16.11.2007, UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr. Brombach GmbH.

Die Anlagenteile (Teich, Hubschütz und Rohrleitung) stehen in einer hydraulischen Abhängigkeit zueinander. Der Teich kann nur so viel Wasser abgeben, wie die daran anschließende Verrohrung maximal abführen kann. Darüber hinaus kommt es zum Wasserspiegelanstieg und einer möglichen Überflutung, da kein Hochwasserüberlauf vorhanden ist. Am Auslassbauwerk des Teiches war zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht bekannt, inwieweit hier überhaupt noch eine Drosselung bzw. Steuerung im Hochwasser-/Einstaufall des Teiches erfolgen kann. Sollte eine gesteuerte Betriebsweise möglich sein, so kann das Wasser bis zum Vollstau des Teiches kontrolliert über den daran anschließenden Grundablass (Verrohrung) abfließen. Dies ist jedoch auch abhängig vom vorhandenen Speichervolumen und dem Retentionsverhalten der Teichanlage.

### ***Lugteich unterhalb Gewerbegebiet Wehlener Straße (Kratzbach)***

Der Lugteich bildet als natürliche Geländesenke südlich der Wehlener Straße (K 8710) einen Retentionsraum für die anfallenden Regenwassermengen aus dem westlich und nördlich davon befindlichen Gewerbegebiet. Er erhält lt. Aussage der Stadt einen natürlichen Zufluss von ca. 20 l/s. Anhand der Topografischen Karten [17] kann für den Lugteich eine Wasseroberfläche von 2.500 m<sup>2</sup> bestimmt werden. Bei einer angenommenen Wassertiefe von 1,00 bis 2,00 m ergibt sich demnach ein zu erwartendes Speichervolumen von 2.500 bis 5.000 m<sup>3</sup>.

### ***Speichersystem Meusegastbach***

Lt. Aussage der Stadt befand sich im Eulengrund früher ein kleinerer Teich im Oberlauf des Meusegastbaches. Anwohner bestätigten diese Aussage und fügten hinzu, dass durch den Forst bereits Versuche unternommen wurden, die Teichanlage zu reaktivieren. Nach einer weiteren Vor-Ort-Begehung am 19.11.2013 [6] konnte vorerst kein Teich festgestellt werden. Inwieweit der Teich bzw. die Teiche reaktiviert und künftig zur Speicher- und Rückhalte zwecken genutzt werden können ist im Einzelfall nochmals zu prüfen. Von Bedeutung ist nicht nur die vorhandene Größe sondern auch der Zustand der Teiche. Aspekte der Verschlammung spielen dabei ebenso eine Rolle wie ein vernünftiger Teichablauf (Mönchbauwerk) sowie die regelmäßige Unterhaltung solcher wasserwirtschaftlichen Anlagen.

## **6.2.3 Kaskaden**

### ***Vorfluter Viehleite***

Im Unterlauf des Vorfluters Viehleite befindet sich eine Kaskade aus Gabionen mit daran anschließender Raubettmulde aus Wasserbausteinen zur Energieumwandlung. Dieses Bauwerk wurde im Jahr 2004 errichtet. Bei Starkregenereignissen zeigte die Anlage bisher eine gute Schutzwirkung, so dass von einer Entspannung für den unterhalb davon angesiedelten Bau- und Gartenfachmarkt (Rottwerndorfer Straße 43) auszugehen ist.

### ***Fechelsgrundbach***

Auch der Fechelsgrundbach weist aufgrund seines extremen Höhenunterschiedes zwischen der Hochebene des Hinterlandes und dem Elbtal eine mehrstufige Kaskade auf. Hierdurch wird zwar die lineare Längsdurchgängigkeit vollständig unterbrochen, das natürlicherweise sehr steile Gefälle konnte durch den Bau dieser Anlage aber auf kontrollierbare Abschnitte reduziert werden. Probleme bereitet das Alter der Anlage und die Gefügestabilität einzelner Steine. Hier ist mittel- bis langfristig eine umfassende Fugensanierung unumgänglich.

### ***Klemnitz***

Die Klemnitz weist im Unterlauf, also im Bereich der Grundstraße mehrere Sohlstufen auf, die aber keine bauliche Einheit in Form einer Kaskade bilden, sondern ursprünglich dafür angelegt wurden, das natürliche Gefälle des Gewässers zu reduzieren. Die Sohlstufen unterbrechen die lineare Längsdurchgängigkeit des Fließgewässers und somit auch die Wandermöglichkeit für die Fischfauna.

## 7 Maßnahmenvorschläge und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Sowohl nach großflächigen und lang anhaltenden Niederschlagsereignissen, als auch bei lokal sehr begrenzten und extremen Niederschlägen stellt sich naturgemäß die Frage nach effizienten Hochwasserschutzmaßnahmen. Nachfolgend sind Möglichkeiten zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Minderung des Hochwasserrisikos auf ein für die Bevölkerung verträgliches Maß aufgeführt. Konkrete Maßnahmenvorschläge und Handlungsempfehlungen sind in den Gewässersteckbriefen der **Anlagen B-1 bis B-13** enthalten.

### 7.1 Natürlicher Hochwasserschutz

Neben technischen Maßnahmen rückt auch der flächenhafte Hochwasserrückhalt zum Beispiel durch infiltrationsfördernde Bodenbearbeitung oder Waldmehrung in den Vordergrund. Dass diese Maßnahmen den Wasserrückhalt fördern, ist mittlerweile unumstritten. So liegt ein wesentlicher Vorteil von Waldgebieten einerseits in der höheren Infiltration, andererseits auch in der im Vergleich zu anderen Nutzungsformen höheren Evapotranspiration, was prinzipiell zu einer geringeren Bodenfeuchte vor einem Ereignis führt. Zudem kommt es durch die Verzögerung der Abflussprozesse, zu keiner ungünstigen Überlagerung der Abflussscheitel aus den einzelnen Teileinzugsgebieten.

Eine vollständige und insbesondere zeitnahe Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland oder Wald ist in der Realität jedoch selten umsetzbar und daher unrealistisch. Die Umsetzung dieser Maßnahmen müsste in Absprache mit den Eigentümern der landwirtschaftlich genutzten Flächen bzw. mit den Agrargenossenschaften erfolgen. Die gesamte Änderung der Landnutzung wird aufgrund von Ausgleichszahlungen bzw. Entschädigungen an die Besitzer nicht umzusetzen sein.

Der Rückhalt in der Fläche steht auch eng im Zusammenhang mit der Thematik „*Wild abfließendes Oberflächenwasser*“. Denn dadurch können die durch Starkregenereignisse ausgelösten Erosionsprozesse reduziert und Schlammablagerungen auf Straßen und an Gebäuden verhindert oder verringert werden. Jeder Gebäudeeigentümer sollte daher abschätzen, ob sein Anwesen durch wild abfließendes Wasser überschwemmt werden kann. Besonders gefährdet sind dabei Anwesen, die in Mulden oder Hanglagen liegen, zu denen Seitengräben von Feldwegen und Straßen hinführen oder die unterhalb landwirtschaftlich genutzter Hänge liegen. Dem SächswG zufolge ist jeder Eigentümer oder Nutzungsberechtigte von Bodenflächen und Grundstücken dazu verpflichtet, geeignete Maßnahmen gegen die bodenabtragende Wirkung von wild abfließendem Wasser zu treffen.

Maßnahmen zum Schutz vor wild abfließendem Wasser bzw. zur Minderung dessen negativer Auswirkungen werden in *Abschnitt 8.2.2* behandelt.



## 7.2 Technischer Hochwasserschutz

### 7.2.1 Gewässer Ausbau und Renaturierung

Durch die **Offenlegung von Verrohrungen** und einer Wiederherstellung des ursprünglichen Gewässerlaufes kann dem Gewässer insgesamt wieder mehr Raum gegeben werden. Durch den **Ersatzneubau von Straßendurchlässen** mit vergrößertem Abflussquerschnitt kann die Abflusssituation an sogenannten „Brennpunkten“ oftmals schon entschärft werden. Die Gefahr von Verklausungen wird reduziert, unnötiger Aufstau nach Oberwasser vermieden und eine Überflutung unmittelbar angrenzender Straßen, Wege und Grundstücke ggf. unterbunden. Außerdem können in Ausnahmefällen auch die örtlich begrenzte **Erhöhung von Ufermauern** sowie **Sohlanpassungen** sinnvoll sein.

Einen nicht unerheblichen Beitrag zur Verbesserung des natürlichen Hochwasserschutzes, aber aufgrund der baulichen Maßnahmen dem Gewässerausbau zuzuordnen, stellt die **Gewässerrenaturierung** dar. Stark ausgebaute und begradigte Gewässerstrecken sind, soweit es die örtlichen Gegebenheiten zulassen und auch keine öffentlichen und privaten Belange dem entgegen stehen, aufzuweiten und naturnah umzugestalten. Eine geschwungene (mäandrierende) Linienführung mit ausgeprägten Prall- und Gleituferräumen ist erstrebenswert, da sich die Lauflänge des Gewässers vergrößert und somit das Sohlgefälle und die damit verbundenen Fließgeschwindigkeiten und Schleppkräfte reduzieren. Die funktionale Einheit aus Gewässer und Aue sollte dem Leitbild des Fließgewässertyps entsprechen. Die langfristige Entwicklung von Gewässerrandstreifen mit dem Vorkommen standorttypischer Gehölze (vorzugsweise Weiden, Erlen, Eschen) spielt dabei eine ebenso wichtige Rolle. Der Rückbau bzw. die Renaturierung stellt aus rechtlicher Sicht einen Gewässerausbau dar und ist somit genehmigungspflichtig.

*„Die Herstellung, Beseitigung oder wesentliche Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer stellt nach § 67 Abs. 2 Satz 1 WHG einen Gewässerausbau dar.“*

Die reine Unterhaltungsmaßnahme nach § 39 WHG ist hingegen nur anzeigepflichtig.

### 7.2.2 Neubau von Rückhalteräumen

Der Neubau von Rückhalteeinrichtungen in Form von Regen- oder Hochwasserrückhaltebecken sollte immer die letzte Option beim technischen Hochwasserschutz darstellen. Zwar kann durch die Schaffung von zusätzlichem Rückhalteraum die Situation im Hochwasserfall für den Unterlauf eines Einzugsgebietes oftmals deutlich entschärft werden, andererseits müssen bei der praktischen Umsetzung dieser Maßnahmen viele Faktoren Berücksichtigung finden. Nachfolgend sollen nur einige Beispiele genannt werden, wobei diese Aufzählung nicht abschließend ist.

- Flächenverfügbarkeit für anlage-, bau- und betriebsbedingte Inanspruchnahme,
- Topografie/Geländeverhältnisse zur Schaffung eines ausreichenden Speichervolumens,
- Wirksamkeit der Anlage (SOLL-/IST-Vergleich >> Schutzzieldiskussion),
- Wirtschaftlichkeit der Anlage (Nutzen/Kosten-Verhältnis),
- Berücksichtigung von Schutzgebieten mit nationalem und internationalem Rechtsstatus,
- Beeinflussungen auf die Schutzgüter Mensch, Wasser, Boden, Arten und Biotope,
- Entschädigungszahlungen für verloren gegangene Grundstücke und/oder Nutzungen,
- Unterhaltungs- Wartungs- und Pflegeaufwand für die Hochwasserschutzanlage.

### 7.2.3 Ausbau vorhandener Rückhalteräume

Die in Abschnitt 6.2.2 genannten Rückhalteräume eignen sich nur bedingt für einen Ausbau. Es ist zunächst eine Zustands- und Bedarfsanalyse durchzuführen. Die Zustandsanalyse muss auch erfassen wie groß der bauliche und damit finanzielle Aufwand ist, um die vorhandenen Speicherräume zu ertüchtigen, zu erweitern oder zu reaktivieren. Für den sicheren Betrieb nach dem heutigen Stand der Technik sind Ein- und Auslaufbauwerke erforderlich. Auch ist die Unterhaltung dieser wasserwirtschaftlichen Anlagen nicht zu unterschätzen. Sie besteht im Wesentlichen durch Beräumung der Sohle, Mahd der Böschungen, Freihaltung des Zu- und Ablaufsystems sowie der Wartung technischer Anlagen.

### 7.3 Hochwasservorsorge

Aufgrund der sehr differenzierten baulichen Situation an den Gewässern im Untersuchungsgebiet wird es vor allem aus Kostengründen nicht möglich sein, einen vollständigen HQ100-Schutz herzustellen. Daher ist es auch an jedem Bürger selbst, geeignete Objektschutzmaßnahmen zu treffen, um Schäden im Hochwasserfall zu verringern und das Hochwasserrisiko auf ein akzeptables Maß zu begrenzen. Diese Maßnahmen müssen so umgesetzt werden, dass keine Gefährdung anderer auftreten kann. Grundsätzliche Regelungen wurden hierzu im § 99 Abs. 3 SächsWG getroffen, wobei § 5 Abs.2 WHG hierfür die Grundlage bildet.

*„Jeder, der durch Hochwasser betroffen sein kann, [...] ist im Rahmen des ihm Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, im Rahmen der Gesetze geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor Hochwassergefahren und zur Schadensminimierung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen Gefährdungen von Mensch, Umwelt oder Sachwerten durch Hochwasser anzupassen. Rechte Dritter oder der Allgemeinheit dürfen dadurch nicht beeinträchtigt werden.“*

Zur Verbesserung der Gesamtsituation sollte im Sinne eines modernen Hochwasserrisikomanagements die Kombination aus natürlichen und technischen Hochwasserschutzmaßnahmen zusammen mit der Hochwasservorsorge gekoppelt werden. Unter Hochwasservorsorge sind die nachfolgenden Punkte zu verstehen, wobei für jeden Einzelnen insbesondere die Risiko- und die Bauvorsorge in Frage kommen.

- Verhaltensvorsorge durch Hochwasserschutzübungen,
- Informationsvorsorge durch Nutzung des Hochwassernachrichtendienstes,
- Risikovorsorge durch Abschluss von Versicherungspolicen,
- Bauvorsorge durch angepasste Bauweisen und Raumnutzungen,
- Flächenvorsorge durch Umsetzung raumplanerischer Maßnahmen (z.B. Bauverbot in ausgewiesenen Überschwemmungsflächen oder Überflutungsstrecken).

## 7.4 Einzelmaßnahmen

Die vorgeschlagenen Maßnahmen für die jeweiligen Fließgewässer II. Ordnung sind in den **Anlagen B-1 bis B-13** enthalten.

Für die Maßnahmen wurden vorläufige Kosten angenommen. Diese Kostenannahme basiert auf Grundlage bereits ausgeführter, vergleichbarer Baumaßnahmen. Die Projektkosten setzen sich dabei aus Herstellungskosten, Baustellenallgemeinkosten sowie Planungskosten zusammen.

Die Herstellungskosten wurden vereinfacht durch Multiplikation der jeweiligen Abschnittslänge mit spezifischen Werten in Euro je lfd. Meter bestimmt. Nur für punktuelle Maßnahmen wurden Pauschalbeträge angesetzt.

Die Baustellenallgemeinkosten wurden mit 20 % der Herstellungskosten berücksichtigt und beinhalten die Baustelleneinrichtung und -sicherung, die Wasserhaltung, die bauzeitliche Gewässerumleitung sowie Beweissicherungs- und Schutzmaßnahmen.

Die Planungskosten<sup>11</sup> wurden mit 15 % der Herstellungs- und Baustellenallgemeinkosten angesetzt. Kosten für eventuelle Baugrunduntersuchungen sowie Vermessungsleistungen wurden nicht extra in Ansatz gebracht.

Für die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen werden die Kosten auf rund

**950.000 Euro brutto.**

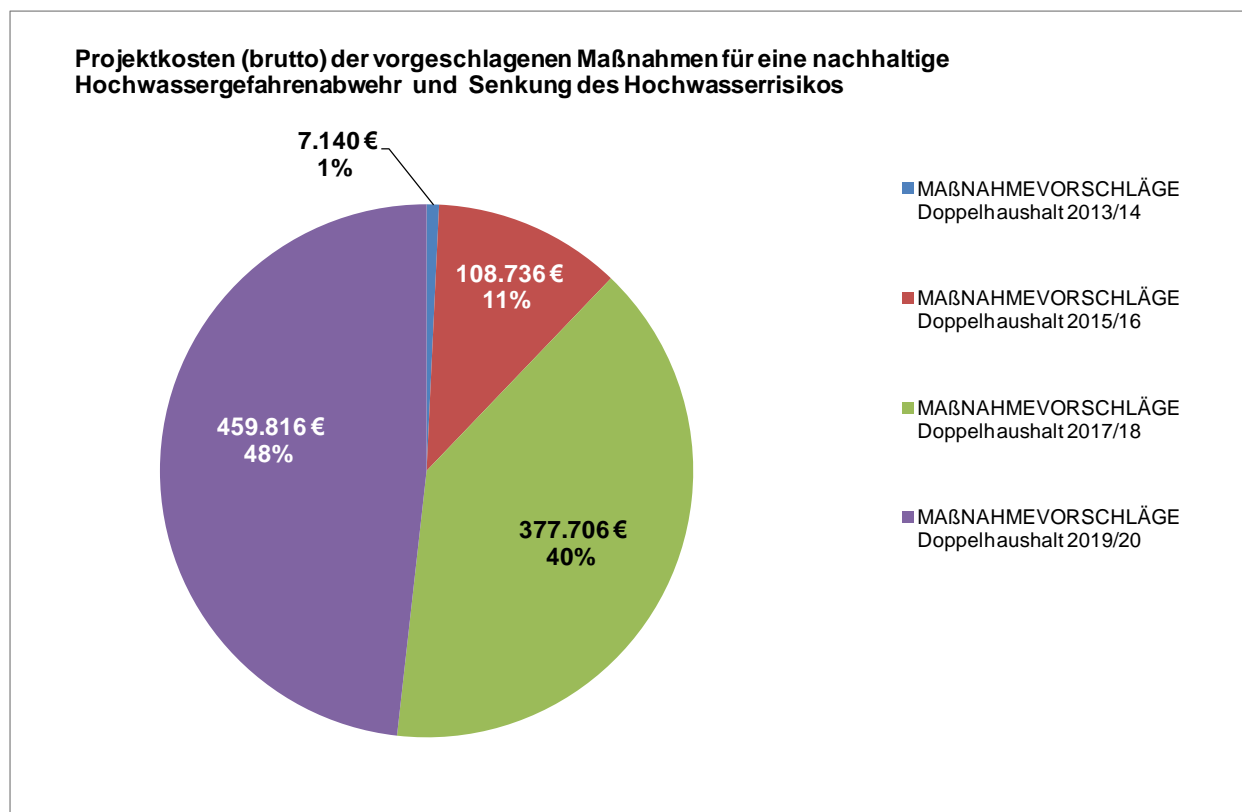
geschätzt. In Tabelle 5 ist die Aufteilung der oben beschriebenen Projektkostenermittlung zahlenmäßig dargelegt.

**Tabelle 5** Projektkosten

Herstellungskosten	Baunebenkosten	Planungskosten	Baukosten netto	Umsatzsteuer	Baukosten brutto
580.000 €	116.000 €	105.175 €	801.175 €	152.223 €	953.398 €

Um auch dem politischen Gremium der Stadt Pirna eine Entscheidungshilfe bereitzustellen, wurden die Maßnahmen tabellarisch zusammengefasst (vgl. **Anlage A-5**). Die Sortierung der Maßnahmen erfolgte dabei nach Prioritäten (hoch, mittel, gering) sowie dem zeitlichen Bezug (kurz-, mittel- und langfristig) auf Grundlage der geplanten Doppelhaushalte (2013/14 bis 2019/20). In Abbildung 14 ist der vorläufige Vorschlag zur Verteilung der Projektkosten (brutto) zur Umsetzung von Maßnahmen nach Doppelhaushalten grafisch dargestellt.

<sup>11</sup> Der Prozentsatz wurde in Anlehnung an die zur Meldung von Hochwasserschäden und Erstellung von Maßnahmeblättern geltende Richtlinie Hochwasser 2013 gewählt.



**Abb. 14:** Projektkosten der Maßnahmevorschläge

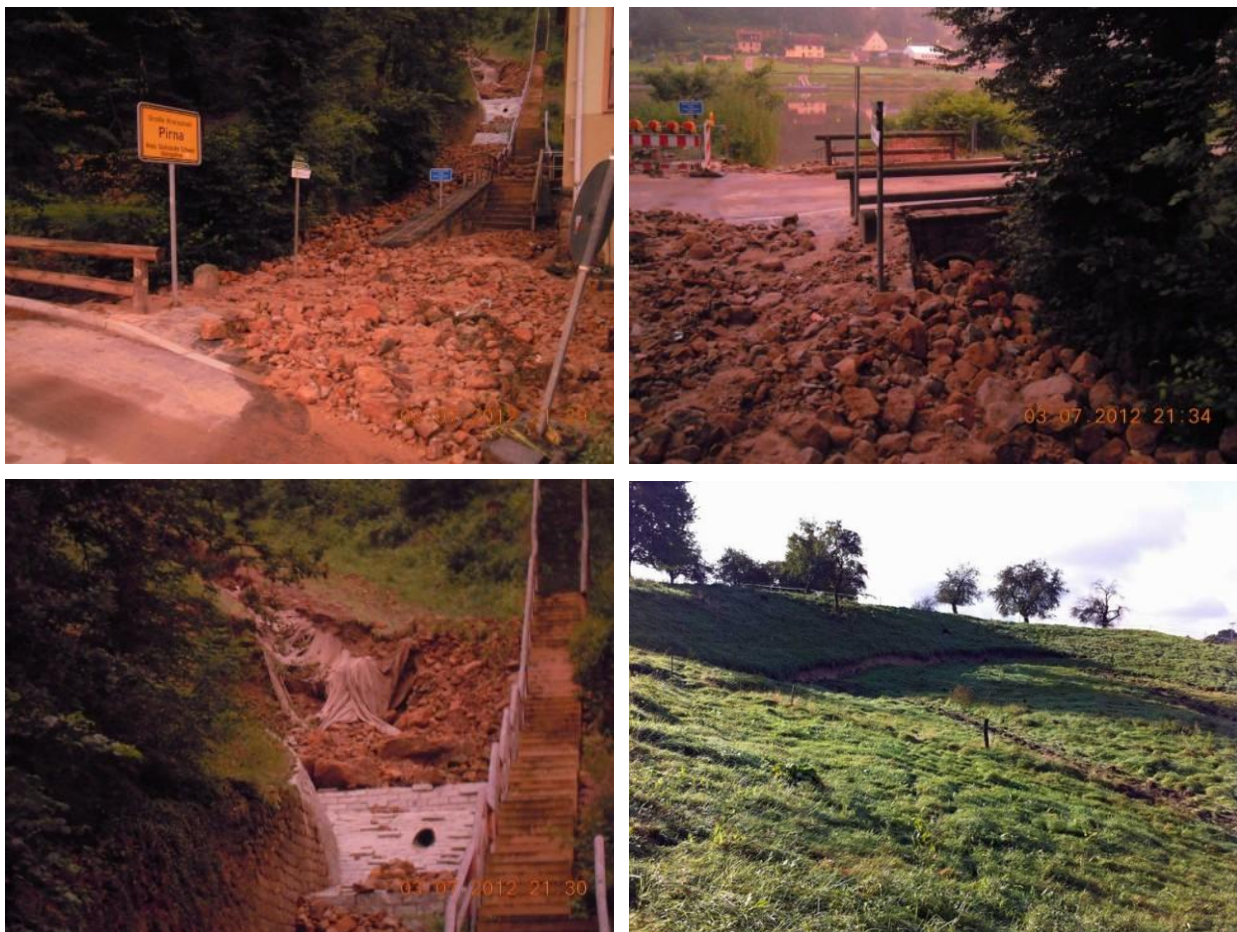
## 8 Exkurs zu ausgewählten Schwerpunkten

### 8.1 Murenabgang in den Kerbtälern und Halden der ehemaligen Sandsteinbrüche

Das Elbtal wird im Bereich der Sächsischen Schweiz auf weiten Strecken beidseitig von stillgelegten Sandsteinbrüchen flankiert. Das größte zusammenhängende Steinbruchgebiet von Posta und Zeichen erstreckt sich zwischen Pirna und Wehlen auf etwa 5,1 km Länge. Oberhalb der Steinbrüche befinden sich ausgedehnte, flach geneigte Ackerflächen, die in Richtung der Abbruchkanten der ehemaligen Steinbrüche entwässern. Der bei Starkregenereignissen typische oberirdische Abfluss sammelt sich in Geländevertiefungen zu temporären Bachläufen, die nach Ende der Niederschläge schnell wieder trocken fallen.

Die Haldenböschungen der ehemaligen Sandsteinbrüche sind im Mittel zwischen 30° und 40°, in den Kerbtälern auch bis zu 50° geneigt. Zwischen Haldenfuß und Elbtal erstreckt sich ein relativ flach geneigter Bereich. In diesem natürlichen Überschwemmungsbereich verläuft der Elberadweg. Der Bereich oberhalb des Elberadweges ist an vielen Stellen bis in den Haldenfuß bebaut. Gebäude welche genau in der Falllinie der oberhalb befindlichen Kerbtäler errichtet wurden sind besonders gefährdet.

Auch am 3. Juli 2012 kam es im Stadtgebiet Pirna nach Starkregenereignissen zu Hangrutschungen und anschließenden Murenabgängen wie die Bilder in Abbildung 15 exemplarisch verdeutlichen sollen.



**Abb. 15:** Mure und Hangrutsch am 3. Juli 2012 an der Stadtgrenze zu Pirna (Fährhaus Zeichen)



## **Beispiel aus Wehlen - Kerbtal in der Ortslage Zeichen**

### **Murenabgang 2010**

In der Nacht vom 15. zum 16. August 2010 kam es aufgrund heftiger Sommergewitter auch in der Gemeinde Wehlen zu Hochwasser und Böschungserosion des am Kerbtal grenzenden Haldenfußes [25]. Der maximale Abfluss wurde mit etwa 1.000 bis 2.000 l/s angegeben [25]. Durch den starken Wasserfluss bildete sich aus dem Material im Kerbtal und den wassergesättigten angrenzenden steilen Haldenbereichen eine fließfähige Masse, die als Mure bezeichnet werden kann [25]. Diese Massen rutschten ins Tal und erreichten den Uferbereich der Elbe [25].

Mit dem Bruch der Haldenböschungen wurde nicht, wie ansonsten üblich, durch Böschungsabflachung ein höherer Sicherheitsgrad erreicht. Nach dem Bruch und Abtransport der Haldenmassen durch das strömende Wasser in den Kerbtälern entstanden steilere Böschungen als zuvor. Die Stabilität nach dem Bruch befand sich lediglich durch die kapillare Kohäsion im Grenzgleichgewicht. Die kapillare Kohäsion gilt als extrem wasserempfindlich, so dass hier erneut starke Niederschläge genügt hätten, um neue Rutschungen auszulösen. Um die öffentliche Sicherheit der Straße (Elberadweg), der Gebäude und des Elbufers zu gewährleisten, waren also umfangreiche Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Ein Ausführungsbeispiel ist die Haldensicherung im Bereich der Pirnaer Straße 199 in Wehlen [25].

Eine vollständige Abflachung der Böschungen wurde aufgrund der damit verbundenen enormen Materialumlagerung als nicht wirtschaftlich eingeschätzt. Die Böschung wurde daher in mehrere durch Bermen unterbrochene Einzelböschungen gegliedert. Die Hangböschungen wurden mit Netzen gesichert.

Die Wasserfassung im oberen Bereich des Hanges erfolgt über ein Sammelprofil und mit einem in Steinschüttung ausgebildeten Schluckbrunnen, ein daran anschließendes Steilstück sowie einem weiteren Schluckbrunnen. Ein Teil des Oberflächenwassers soll dann über die Schluckbrunnen in einer durchlässigen Filterschicht schadlos in Richtung Elbe durchgeleitet werden. Die permanente Entleerung wird über ein Vollsickerrohr DN 350 in das Kaskadenförmige Abflussprofil gewährleistet. Bei Überschreiten einer bestimmten Wassermenge wird der Rest als Oberflächenwasser erosionssicher über das Kerbtal abgeführt.

Die Kaskade wurde als Raugerinne aus Wasserbausteinen LMB<sub>40/200</sub> in 40 cm Betonbettung mit einer geraden Ablaufstrecke zwischen Haldenfuß und Pirnaer Straße hergestellt. Vor der Straßenquerung wurde ein Auffangbecken errichtet, in dem Schlamm und Gerölle zurückgehalten werden können. Dieser Auffangraum wird über ein Ablaufrohr DN 200 zum Gerinne in Richtung Elbe entleert. Das Auffangbecken wurde analog der Kaskade mit Raubett aus Wasserbausteinen in Betonbettung ausgebaut.



**Abb. 16:** Fertiggestelltes Raugerinne in Wehlen nach 2010

### **Erneuter Murenabgang 2013**

Die Niederschläge vom 29.05.2013 verursachten erneute Erosionsschäden an der neuen Sohlsicherung zwischen dem mittleren und dem unteren Damm des Kerbtals. Durch weitere Niederschläge am 09.06.2013 wurden die bis dahin vorhandenen Erosionsschäden weiter ausgekollt, was in der Endkonsequenz zu einem Massenabgang von etwa 1.500 m<sup>3</sup> Erdmaterial führte. Dieser Abgang führte dann dazu, dass der bis dahin unbeschädigte und mit Netzen gesicherte Bereich oberhalb des mittleren Dammes nachrutschte und sich im unteren Teil der Netzsicherung festsetzte.

Die erodierten Massen setzen sich augenscheinlich aus etwa 2/3 vorhandenem Sandstein-Kippenmaterial sowie zu etwa 1/3 aus Oberbodenanteilen zusammen. Die Oberbodenanteile stammen vermutlich aus dem Feldbereich oberhalb der Kippe. Diese Feinanteile führten zu einer Kolmation der vorhandenen Schluckbrunnen, so dass die nachfolgenden Schlamm-Wasser-Massen oberirdisch abflossen und weitere Erosionsschäden verursachten.

Die Böschungsneigung der Kippe hatte bis zum Zeitpunkt der Starkniederschläge einen relativ stabilen Zustand mit nur minimalen Reserven in Bezug auf den inneren Reibungswinkel des geschütteten Materials eingenommen. Aufgrund des Massenaustrages überstieg die Böschungsneigung teilweise den inneren Reibungswinkel, was bereits an Böschungsabrissen auf der Nordseite zu beobachten ist. Weitere Massenabtragungen führen vermutlich unweigerlich zu weiteren Massenabgängen.



**Abb. 17:** Murenabgang 2013 und erneute Schäden am Raugerinne



## 8.2 Wild abfließendes Oberflächenwasser und Bodenerosion

Bodenerosion ist ein äußerst zerstörerischer Prozess, der Boden mehr oder weniger schnell aufzehrt und nicht reversibel ist. Unter Bodenerosion versteht man die Verlagerung von Bodenteilchen durch Wasser oder Wind. Den Ausgangspunkt findet die Bodenerosion meistens in Hangmulden oder konventionell bewirtschafteten Flächen ohne vollständige Bodenbedeckung. In Kombination mit großen Hangneigungen und Starkregen kann dies zu wild abfließendem Oberflächenwasser führen. Abbildung 18 und 19 zeigen die typischen Erscheinungen der Erosionsrinnen.



**Abb. 18:** Erosionsrinnen in Hangmulden und wild abfließendes Oberflächenwasser



**Abb. 19:** Erosionsrinnen bei konventioneller Bewirtschaftung und geringer Bodenbedeckung



## 8.2.1 Einflussgrößen

Bodenerosion beginnt mit dem Loslösen von Bodenteilchen aus dem Bodenkörper. Bei der Wassererosion geschieht dies über Regentropfen, die mit ihrer kinetischen Energie Bodenaggregate zerschlagen und Bodenteilchen abscheren oder durch Wasser, das an der Bodenoberfläche abfließt und Bodenpartikel mitreißt [21]. Das Auftreten von Bodenerosion wird von einer Vielzahl von Faktoren gesteuert. Entscheidend für den tatsächlichen Bodenabtrag an einem Standort ist letztendlich das Zusammenspiel der unterschiedlichen Einflussfaktoren.

- Niederschlag und Oberflächenabfluss

Oberflächenabfluss bildet sich immer dann, wenn die Niederschlagsintensität [mm/h] die Infiltrationsrate des Bodens übersteigt. Dies passiert wenn die Bodenoberfläche verschlämmt oder verkrustet ist. Oberflächenabfluss tritt aber auch dann auf, wenn der Oberboden wassergesättigt ist und keine weitere Infiltration zulässt. Beide Prozesse sind weitgehend unabhängig von der Hangneigung, das heißt, dass es in weitgehend ebenem Gelände genauso zu Abflussbildung kommt wie in Hanglagen. [21]

- Hangneigung

Die Transportkapazität des Oberflächenabflusses steigt mit wachsender Hangneigung und Hanglänge. Besonders ungünstig ist die Situation in Hangmulden, da sich in ihnen das von einer Fläche abfließende Wasser konzentriert sammelt und eine besonders hohe Transportkapazität entwickeln kann. [21]

- Landnutzung

Das Zeitfenster der Erosionsgefährdung ist stark abhängig von den jeweiligen Kulturen, die auf der bewirtschafteten Fläche angebaut werden. Als wichtigste Steuergröße fungiert dabei die Bodenbedeckung, insbesondere mit lebenden Pflanzen oder abgestorbenen Pflanzenteilen. Diese Mulchschicht schützt die Bodenaggregate vor der Zerstörung durch Regentropfen, gleichzeitig wird eine Verschlämmung vermieden. Aus diesem Grunde ist die Wassererosion in Deutschland überwiegend auf Ackerflächen von Bedeutung. Da Grünland- und Waldböden weitgehend durch Pflanzen bedeckt sind, treten dort nur in Einzelfällen signifikante Bodenabträge auf. Auf Ackerflächen ist eine Bodenbedeckung in den Monaten Juni bis August von Bedeutung, da hier die Wahrscheinlichkeit für Starkregenereignisse besonders hoch ist. Aber auch im Winter können bei einer ungünstigen Faktorenkonstellation (etwa Schneeschmelze auf wassergesättigtem bzw. oberflächlich aufgetautem Boden) Wasserabflüsse und Bodenabträge in erheblichem Umfang stattfinden. [21]

- Bodeneigenschaften

Besonders empfindlich sind Böden, auf denen der Niederschlag nicht infiltrieren kann oder die einen hohen Anteil an leicht verlagerbaren Partikeln (Feinsand oder Schluff) aufweisen. Ein gutes Beispiel hierfür sind Lössböden, da diese sehr leicht an der Oberfläche verschlämmen. Grobe Sande sind dagegen wesentlich schlechter zu transportieren, da hierfür eine hohe Schleppkraft des Abflusses erforderlich ist. Tonige Böden bilden meist große Aggregate (Krümel) aus, die dann ebenfalls schwer zu transportieren sind. Günstig auf die Bildung großer Bodenaggregate wirkt sich auch die organische Substanz (Humus) aus, so dass gut mit Humus versorgte Standorte weniger erosionsanfällig sind. [21]

## 8.2.2 Maßnahmen

In der 2012 erschienenen DWA-Publikation (DWA-M 910: *Berücksichtigung der Bodenerosion bei der Maßnahmenplanung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie*) werden Einzelmaßnahmen vorgestellt (vgl. Abbildung 20), welche an den wichtigsten beeinflussbaren Größen von Abschwemmung/Bodenerosion auf der Ebene des landwirtschaftlichen Einzugsgebiets ansetzen [22]. Die im Folgenden vorgestellten Maßnahmen für den Ackerbau sind auf die Verminderung von Bodenerosion und die Sedimentretention ausgerichtet. Darüber hinaus entfalten die Maßnahmen auch eine Wirksamkeit bezüglich des Rückhalts von wasserlöslichen Stoffen (Dünge- und Pflanzenschutzmittel).

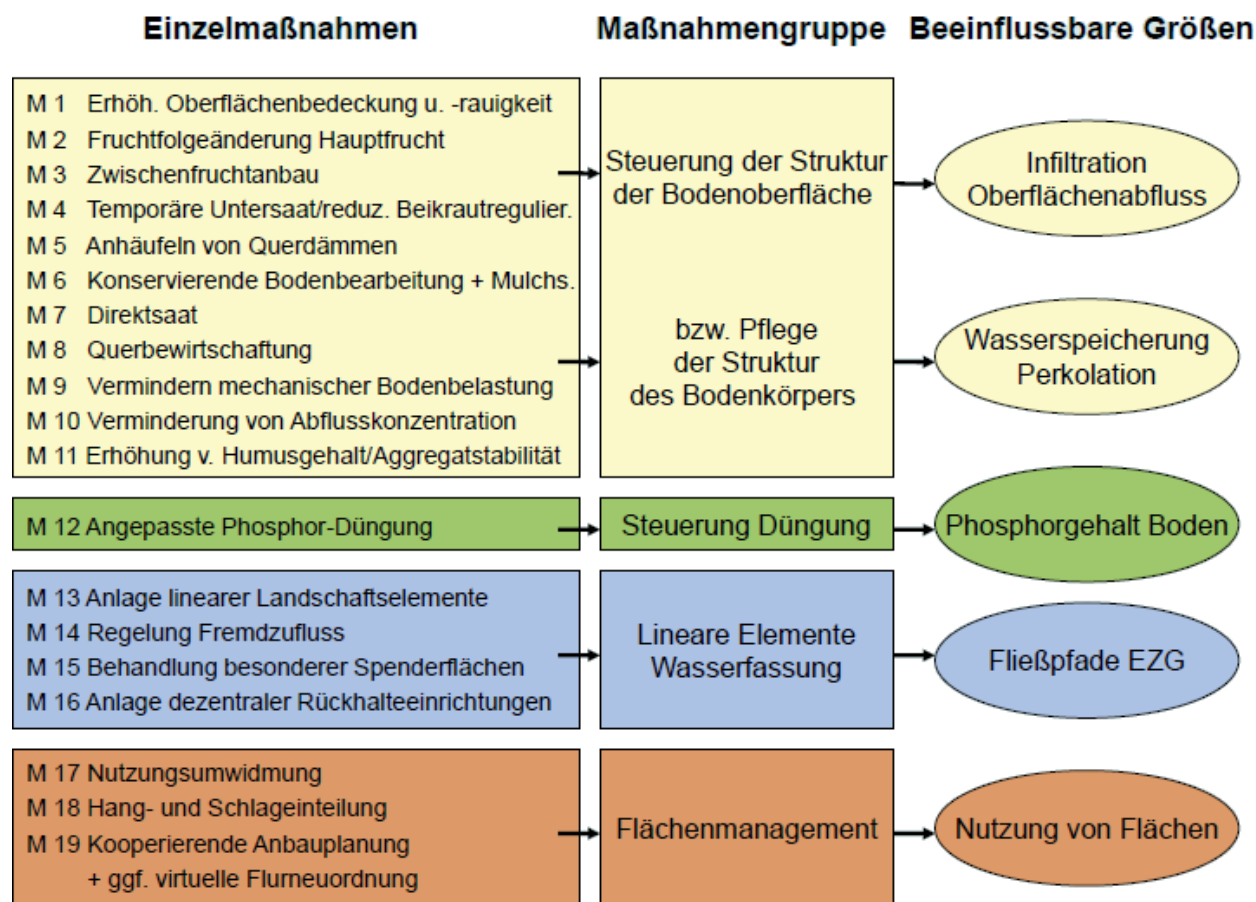


Abb. 20: Maßnahmen nach DWA-M 910 (2012)

### Maßnahmensteckbriefe

Die Einzelmaßnahmen werden in Form von Steckbriefen nach einem einheitlichen Grundschemata charakterisiert und klassifiziert [22]. Die Bewertung des Wirkungsgrades, der Herstellungs- und Betriebskosten, der Kontrollierbarkeit und der landwirtschaftlichen Akzeptanz basiert auf Literaturangaben, wissenschaftlichen Erkenntnissen und Erfahrungswerten aus der landwirtschaftlichen Praxis [22]. Detaillierte quantitative Aussagen insbesondere zu Kosten und Wirkungsgrad sind in einem Einzugsgebiet nur im Rahmen einer großmaßstäbigen Modellierung möglich, insbesondere wenn Synergieeffekte bei Maßnahmenkombinationen entstehen [22]. So können Effekte von Maßnahmen, die lediglich unterstützende Funktion bei der Erosionsbekämpfung entfalten, wie etwa die Verminderung der mechanischen Bodenbelastung (Absenkung des Reifeninnendruckes) oder die Erhöhung von Humusgehalt und Aggregatstabilität, nicht plausibel quantifiziert werden.




### a) Acker- und Pflanzenbauliche Maßnahmen

Für die mittel- bis langfristige Verbesserung des Erosionsschutzes auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und der gleichzeitigen Risikominimierung für wild abfließendes Oberflächenwasser kommen Maßnahmen zur Steuerung der Bodenoberfläche und Verbesserung der Bodenstruktur in Frage. Das sind im Einzelnen:

- Dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung (strip-till /Direktsaat),
- Zwischenfruchtanbau, Fruchtfolgeänderung und/oder Untersaaten,
- Bodenschonende Bestell-, Dünge-, und Erntetechniken,
- Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen quer zum Hang.

In Tabelle 6 sind noch einmal die verschiedenen Bewirtschaftungsmethoden zusammengefasst.

**Tabelle 6** Bewirtschaftungsmethoden von Ackerflächen im Vergleich

<b>konventionell = bodenwendend mit Pflug</b>	<b>konservierend = nichtwendend ohne Pflug</b>	<b>Dauerhaft konservierend = keine Bodenbearbeitung</b>
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bewirtschaftung mit Pflug führt zu Bodenverschlammung</li> <li>- Eingeschränkte Infiltration</li> <li>- Erhöhter Oberflächenabfluss- und Bodenerosion</li> <li>- Bodenverlust und diffuse Stoffeinträge in Gewässer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schutz der Bodenoberfläche durch verbleibende Pflanzenreste</li> <li>- Pflugverzicht sorgt für erhöhtes Vorkommen an Regenwürmern</li> <li>- stabile Bodenstruktur mit mehr Grobporen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wirksamste Bodenbewirtschaftung</li> <li>- auch als „Direktsaat“ bekannt</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infiltrationsrate: bis 55 %</li> <li>- Bodenabtrag: bis 400 g/m<sup>2</sup></li> <li>- Mulchbedeckung: 1 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infiltrationsrate: bis 93 %</li> <li>- Bodenabtrag: bis 36 g/m<sup>2</sup></li> <li>- Mulchbedeckung: 13 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infiltrationsrate: bis 95 %</li> <li>- Bodenabtrag: bis 4 g/m<sup>2</sup></li> <li>- Mulchbedeckung: 77 %</li> </ul>

Nach dem aktuellem Stand der Wissenschaft stellt die **konventionelle Bodenbearbeitung** die ungünstigste Bewirtschaftungsmethode dar, da hier durch regelmäßigen Pflug (Bodenwendung) Bodenaggregate zerstört werden, die einen wichtigen Lebensraum für Regenwürmer und andere Lebewesen darstellen. Die Regenwürmer lockern den Boden und sorgen für eine höhere Infiltrationsrate. Flächen die konventionell bearbeitet wurden neigen zur Verschlammung durch Feinsedimente. Anschließend anfallendes Regenwasser kann nur noch schwer versickern, es kommt zum Oberflächenabfluss, zum Transport von Bodenmaterial und den bereits beschriebenen negativen Effekten des wild abfließenden Wassers.

Durch den Austrag von Bodenmaterial verliert die betroffene Fläche nicht nur wichtige Nährstoffe, sondern belastet durch Stoffeinträge auch die im Einzugsgebiet liegenden Fließgewässer. Dies steht entgegen den Forderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL), die ein Verschlechterungsverbot für alle Oberflächenwasser- und Grundwasserkörper ausspricht und den guten ökologischen Zustand für natürliche Wasserkörper oder mindestens das gute ökologische Potential für veränderte Wasserkörper innerhalb der gesetzlich festgeschriebenen Bewirtschaftungszeiträume fordert.

Bei den Stoffeinträgen handelt es sich in der Regel um Phosphor aus der Düngung, im Boden natürlich vorkommende (geogen) bzw. durch den Menschen eingebrachte (anthropogen) angereicherte Schwermetalle (z. B. Kupfer und Zink aus Schweinegülle) sowie bestimmte prioritäre Stoffe die nicht oder nur schwer wasserlöslich sind wie beispielsweise die Schwermetalle Cadmium und Blei, das Pflanzenbehandlungsmittel Isoproturon sowie Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). All diese Stoffe wirken sich eben negativ auf die Zusammensetzung und Abundanz der Gewässerflora (Makrophyten, Phytoplankton) das Makrozoobenthos und die Fischfauna aus. Durch den hohen Nährstoffeintrag kommt es zu vermehrtem Pflanzenwachstum und damit zu einer Beeinträchtigung der Licht- und Sauerstoffkonzentration in den Gewässern. Durch Kolmation der Gewässersohle durch Feinstsedimente werden die Lebensgemeinschaften des Makrozoobenthos und mögliche Laichhabitate in Salmonidengewässern stark beeinflusst. Im schlimmsten Fall kommt es zum Verschwinden ganzer Arten.

Günstiger stellt sich dagegen die **konservierende Bodenbewirtschaftung** dar. Hierbei werden saisonal lebende Pflanzen bzw. tote Pflanzenreste zwischen den Anbaureihen belassen. Noch besser ist dagegen die **dauerhaft konservierende Bewirtschaftung** bei der ganzjährig eine Bodenbedeckung durch Pflanzen und Pflanzenreste besteht und die Anbaumethoden mittels Direktsaat aufgebracht werden. Diese Anbaumethoden verhindern weitestgehend eine Wasser- und Winderosion sowie die Gefahr der Bodenverschlammung. Im Freistaat Sachsen werden ca. 65 % der Ackerflächen<sup>12</sup> konservierend und 35 % der Ackerflächen dauerhaft konservierend bearbeitet.



**Abb. 21:** Maisanbau konventionell (links) und konservierend (rechts)

Eine Alternative zur Direktsaat stellt das **Strip-till-Verfahren** dar. Die sogenannte Streifenbodenbearbeitung beruht auf einer streifenweisen Bodenlockerung mit der Option auch gleichzeitig mineralische oder organische Dünger einzubringen. Die Aussaat erfolgt dann exakt mittig in die bearbeiteten Streifen. So bietet dieses Verfahren die positiven Eigenschaften einer Direktsaat mit einem minimalen Eingriff in die Bodenstruktur. Der Zwischenreihenbereich (ca. 2/3 der Fläche) bleibt mit Mulchmaterial bedeckt, da dort keine Bearbeitung stattfindet. Das schützt vor Erosion, fördert das Bodenleben und reduziert die Verdunstung bzw. schont den Wasservorrat des Bodens für die Sommermonate.

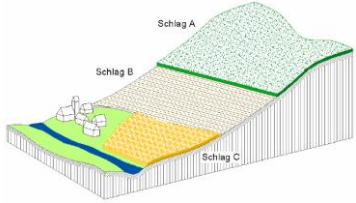




<sup>12</sup> Einschätzung des LfULG (2012)



## b) Ergänzende Erosionsschutzmaßnahmen

Neben den Acker- und Pflanzenbaulichen Maßnahmen kommen auch ergänzende Erosionsschutzmaßnahmen in Frage, die in Tabelle 7 zusammengestellt sind. Dabei sind Einzelmaßnahmen, die in der praktischen Umsetzung oft eine große Herausforderung darstellen, grau und kursiv hinterlegt.

**Tabelle 7** Maßnahmen zur Optimierung des Erosionsschutzes

	<p><b>Strukturelle Untergliederung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlagunterteilung und Streifenanbau</li> <li>• Anlage von Strukturelementen / Terrassierung</li> <li>• Anpassung der Bearbeitungsrichtung</li> <li>• <i>Umwandlung von Ackerland in Grünland</i></li> </ul>
	<p><b>Erhalt/ Entwicklung von Gewässerrandstreifen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrünung von Gewässerrandstreifen</li> <li>• <i>Anlage von Biotopen und Gewässerrenaturierung</i></li> </ul>
	<p><b>Begrünung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrünung von Hangrinnen in Muldenlagen</li> <li>• <i>Aufforstung und Anpflanzungen zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeit und zum Rückhalt.</i></li> </ul>
	<p><b>Abfluss der Vorflut</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abfanggräben, Rückhaltemulden und sonstige Rückhaltemaßnahmen für Bodensedimente und Wasser</li> <li>• regelmäßige Unterhaltung von Straßengräben</li> </ul>
	<p><b>Begleitende Maßnahmen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• objektbezogene Schutzanlagen für Einfahrten, Eingänge und Schächte</li> <li>• Reparatur defekter Drainagen</li> <li>• Betriebsübergreifende Anbauplanung (virtuelle Flurbereinigung)</li> </ul>

### 8.2.3 Herausforderungen bei der Umsetzung von Maßnahmen

Die Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion und Risikominimierung des wild abfließenden Oberflächenwassers steht in Konflikt mit den in der Praxis oft anzutreffenden Herausforderungen.

- Ressourcen der Boden- und Gewässerschutzbehörden

Häufig sind Behördenvertreter des Boden- und Gewässerschutzes unsicher bei der Erfassung und Bewertung der Bodenerosion. Es fehlt an rechtlich und fachlich vertieften Kenntnissen. Weiterhin sind die Behördenvertreter häufig mit anderen Vollzugsaufgaben so ausgelastet, dass „neue“ Aufgaben wie die Bodenerosion allein aus Zeitgründen nicht angemessen behandelt werden können. Aus diesen Mängeln resultiert nicht selten ein nachrangiger Vollzug. [23]

- Handlungsschwerpunkte in Wasserwirtschaft und Politik

In Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen aus Wasserwirtschaft und Politik lag der Schwerpunkt bisher beim Gewässer- und Hochwasserschutz. Bodenerosion wird zwar als eine Ursache diffuser Gewässerbelastungen erkannt und Minderungsmaßnahmen werden allgemein beschrieben. Jedoch fehlt es noch verbreitet an einer räumlich konkreten Zuordnung von geeigneten Maßnahmen. [23]

- Finanzielle Ausgleichsansprüche

Finanzielle Ausgleichsansprüche der Landwirtschaft bei Maßnahmengestaltungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen können die Maßnahmenrealisierung hemmen. Aus diesem Grund sind bei der Planung besonders kostenwirksame Effekte wie An- oder Durchschneidungsverluste von Bewirtschaftungseinheiten nach Möglichkeit zu vermeiden. Unter Berücksichtigung der ackerbaulich üblichen Bewirtschaftungsbreiten lassen sich Maßnahmenflächen so gestalten, dass keine unproduktiven Restflächen verbleiben oder aufwendige Anschlussfahrten nötig sind. Die Kombination der Maßnahmen sollte im Idealfall so gewählt werden, dass zunächst Synergien zwischen Bewirtschaftungsinteressen und Interessen des Gewässer-/Hochwasserschutzes im Vordergrund stehen. [23]

- Abwehrverhalten der betroffenen Landwirte

Einzelne Schutzgüter wie Arten und Biotope, Böden, Gewässer oder Luft sind in Deutschland noch immer weitgehend fachlich getrennt. Dadurch mangelt es im Vollzugsalltag an schutzgutübergreifenden Planungen. Ergebnis des zumeist schutzgutbezogenen Planungsalltags sind nicht abgestimmte Fachplanungen, die zu Umsetzungsproblemen beitragen können. Aber auch die Adressaten der Fachplanungen – wie die Landwirte als eine der größten Landnutzungsgruppen – werden durch die Vielstimmigkeit der Planungsanforderungen an die landwirtschaftliche Nutzfläche verunsichert. Auf diese Weise wird Abwehrverhalten provoziert, wenn nacheinander die Wasser-, Boden- und Naturschützer ihre fachspezifischen Anforderungen an die Landwirte richten. Hier spricht viel für eine räumlich integrierte Gesamtplanung, die die fachlichen Anforderungen der einzelnen Rechtsbereiche koordiniert. Dazu sind Vorbehalte zwischen unterschiedlichen Fachdisziplinen und Kompetenzprobleme zu überwinden. In den Abstimmungsprozess sollten auch die landwirtschaftlichen Fachbehörden eingebunden werden, die spezifisches Wissen zu umweltschonenden Bewirtschaftungsverfahren und betriebliche Kenntnisse einbringen können. [23]

- Landnutzungswandel

Neben der Flurgestaltung und dem dadurch ausgelösten Verlust an Retentionsräumen für Wasser und Sediment in der Landschaft haben sich auch die Anbauverhältnisse deutlich verändert. Enge Fruchtfolgen oder gar fehlende Fruchtwechsel sowie der verstärkte Anbau erosionsgefährdeter Kulturen, wie z. B. Mais, haben zu einer Zunahme des Erosionsrisikos beigetragen. [23]

- Öffentlichkeitswahrnehmung

In der Öffentlichkeit werden oft die Begriffe „Schlammlawinen“ oder „Jahrhundertregen“ wahrgenommen. Bereits die Wortwahl der Berichterstattung zu großen Erosionsereignissen macht deutlich, dass die Vorstellung vorherrscht, dass die Erosionsschäden unvermeidbar sind. Vielfach wird dann von „höherer Gewalt“ gesprochen. Tatsächlich wird Bodenerosion sehr stark durch die Witterung, insbesondere die Niederschlagshöhe und -intensität beeinflusst. Jedoch wird die Wirkung der häufigeren, „kleinen“ Erosionsereignisse unterschätzt, die einen „schleichenden“ und nur von Fachleuten wahrgenommenen Bodenabtrag und erhebliche Erosionsfrachten verursachen. Insofern stellt sich die Frage nach der „höheren Gewalt“ aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht vordergründig. Der Verweis auf „höhere Gewalt“ darf nicht als Argument dienen, um Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen abzulehnen. [23]

- Maßnahmenplanung

Im Rahmen der Maßnahmenplanung wird nicht selten das Argument vorgetragen, dass ein bestimmtes Verfahren auf den betreffenden Standorten nicht funktioniere. Als Beispiel seien hier konservierende, nicht-wendende Bodenbearbeitungsverfahren (d. h. kein Pflugeinsatz) und Mulchsaatechniken genannt. Als Gegenargumente werden genannt: Der Boden ist zu „kalt“, er neigt zur Dichtlagerung, er bedarf der Frostgare, der Unkrautdruck wird zu groß, die Schnecken nehmen überhand oder die Pilzkrankheiten bekommt man nicht mehr in den Griff. Jedes Argument hat grundsätzlich seine Berechtigung, gleichwohl gibt es ackerbauliche Möglichkeiten, diesen tatsächlichen oder vermeintlichen Hemmnissen erfolgreich zu begegnen. Mittlerweile liegen in Deutschland rund 20 Jahre Praxiserfahrungen zu konservierenden Bodenbearbeitungs- und Mulchsaatverfahren vor. Als wesentliches Ergebnis dieser Praxiserfahrungen lässt sich festhalten, dass boden- und gewässerschonende Verfahren auf den meisten Standorten funktionieren, gleichwohl die gesamte Bewirtschaftung auf diese Anbauverfahren abgestimmt werden muss. Es ist also nicht mit einem bloßen Pflugverzicht getan, sondern die gesamte Palette ackerbaulicher Maßnahmen muss angepasst werden. Jeder Bewirtschafter muss seine eigenen Erfahrungen machen. Die Anforderungen an die ackerbaulichen Fähigkeiten des Bewirtschafters sind höher als bei konventionellen Bewirtschaftungsverfahren. In der Umstellungsphase können durchaus geringere Erträge auftreten. [23]

- Flächenverfügbarkeit

Maßnahmen zur Vermeidung oder Reduzierung der Bodenerosion können sowohl produktionsintegriert als auch produktionsextern erfolgen. Produktionsintegrierte Maßnahmen wie konservierende Bodenbearbeitung ermöglichen weiterhin eine ackerbauliche Nutzung, entziehen der Landwirtschaft also keine Flächen. Im Gegensatz dazu bewirken produktionsexterne Maßnahmen wie Randstreifen, Gehölzpflanzungen oder begrünte Tiefenlinien eine Umwidmung von landwirtschaftlicher zu nicht-landwirtschaftlicher Nutzung. Dort, wo produktionsexterne Maßnahmen aus Sicht des Boden- und Gewässerschutzes notwendig sind, stellt sich die Frage nach der Flächenverfügbarkeit. [23]

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Die Studie hatte die Hochwasserrisikobewertung für Gewässer II. Ordnung sowie für Bereiche mit wild abfließendem Oberflächenwasser im Stadtgebiet Pirna zur Zielstellung.

Dafür wurden relevante Fließgewässerabschnitte begangen und ausgewählte Flächen begutachtet, die für Bodenerosion und wild abfließendes Wasser verantwortlich gemacht werden. Die Begehung hatte zum Ziel, die bauliche Infrastruktur mit einfachen Hilfsmitteln aufzumessen und sich einen Eindruck über diverse Einflussfaktoren (Geländeverhältnisse, Hangneigungen, Verbauungsgrad, Landnutzung etc.) zu verschaffen.

Die Analyse historischer Hochwasserereignisse am Beispiel der Jahre 2010 und 2013 erfolgte im Zusammenhang mit den dokumentierten Schäden. Es wurde versucht einfach abzuleitende Informationen zur Schadenshöhe sowie dem Schadensumfang sowohl im allgemeinen Kontext bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland bzw. den Freistaat Sachsen, als auch im speziellen Kontext zur Stadt Pirna bereit zu stellen. Hierfür wurden auch umfangreiche Bild- und Fotonachweise durch die Stadt Pirna zur Verfügung gestellt.

Im Anschluss erfolgte eine Untersuchung der Einzugsgebiete, die Abgrenzung verschiedener Landnutzungen sowie die Recherche von belastbaren Regendaten. Es wurden Gewässereinzugsgebietsbezogene Berechnungen durchgeführt, um den Bemessungsabfluss für verschiedene Regendauern und Regenhäufigkeiten zu bestimmen.

Die vorläufige Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit für die dokumentierte bauliche Infrastruktur in und an den Gewässern stellte den nächsten Arbeitsschritt dar. Es wurden sowohl Durchlässe, Verrohrungen und Brücken als auch Teiche, Rückhalteeinrichtungen, Kaskaden und andere wasserwirtschaftliche Einrichtungen berücksichtigt. Bei den Berechnungen wurde dennoch immer von Vereinfachungen ausgegangen, da keine exakten Bestandsvermessungen vorliegen.

Im Ergebnis dieser Studie stand die Ableitung von konkreten Einzelmaßnahmen sowie die Ausweisung von allgemeinen Handlungsempfehlungen zur Entschärfung sogenannter „Brennpunkte“. Die Maßnahmen wurden zudem mit Kosten hinterlegt, die aber lediglich den Anspruch auf eine vorläufige Kostenannahme haben! Um auch Entscheidungsträgern der Stadt Pirna ein nützliches Werkzeug mit auf den Weg zu geben, wurden die Maßnahmen in einen dringlichen und zeitlichen Kontext gesetzt. So lassen sich die Schwerpunkte künftig besser abgrenzen, für die eine nähere Untersuchung oder separate Planung erforderlich wird.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass mit dieser Studie keine Niederschlags-Abfluss-Modelle (N-A-Modelle) erstellt wurden, deren Aussagekraft wesentlich genauer sind, als für eine vorläufige grobe Abschätzung. Mit einem N-A-Modell lassen sich detaillierte Angaben zu Niederschlags-, Versickerungs- und Abflussbedingungen machen sowie im Ergebnis exakte Zu- und Abflussganglinien ausgeben. Ebenso wenig wurden im Rahmen dieser Studie Gewässermodellierungen vorgenommen. Eine Erstellung solcher ein- bzw. zweidimensionalen hydronumerischen Modelle ist sehr zeitaufwendig, bedarf einer Menge Erfahrungen und ist nicht Leistungsgegenstand dieser Bearbeitung gewesen.

Die Studie soll als vorläufige Bewertung eine Arbeitsgrundlage für die noch ausstehende Erarbeitung von Hochwassergefahren- und -risikokarten nach § 74 WHG und der Erstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen nach § 75 WHG im Sinne der EG-HWRMRL darstellen.